



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

---

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ, ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ  
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ**

**Επιτροπή:** ΣΟΦΙΑΝΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ, Καθηγητής  
ΚΑΤΣΑΡΔΗ ΒΑΣΙΛΙΚΗ, Επίκουρος Καθηγητής  
ΚΟΠΕΛΙΑΣ ΠΑΝΤΕΛΕΗΜΩΝ, Επίκουρος Καθηγητής

**του Φοιτητή:** ΓΡΗΓΟΡΙΟΥ ΝΑΣΙΚΑ

**ΒΟΛΟΣ  
ΙΟΥΝΙΟΣ 2019**

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ / ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

---

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ, ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ  
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

**Επιτροπή:** ΣΟΦΙΑΝΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ, Καθηγητής  
ΚΑΤΣΑΡΔΗ ΒΑΣΙΛΙΚΗ, Επίκουρος Καθηγητής  
ΚΟΠΕΛΙΑΣ ΠΑΝΤΕΛΕΗΜΩΝ, Επίκουρος Καθηγητή

**του Φοιτητή:** ΓΡΗΓΟΡΙΟΥ ΝΑΣΙΚΑ

ΒΟΛΟΣ  
ΙΟΥΝΙΟΣ 2019

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

---

Η παρούσα πτυχιακή διατριβή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Ευχαριστώ τον επιβλέποντα καθηγητή μου Σοφιανόπουλο Δημήτριος για την υπομονή και τη καθοδήγηση, όπως και τα μέλη της επιτροπής Κατσαρδή Βασιλική, Επίκουρη Καθηγήτρια και Κοπελιά Παντελεήμωνα, Επίκουρο Καθηγητή, για τον χρόνο και την στήριξή τους κατά την εκπόνηση της εργασίας. Ευχαριστώ επίσης το σύνολο του ανθρώπινου δυναμικού του Τμήματος και όλους όσους βοήθησαν στην συνολική πορεία των σπουδών μου.

Θέλω επίσης να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους οικείους μου για την υποστήριξη που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης αυτής τη διπλωματικής, αλλά και όλων των χρόνων σπουδών μου.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

---

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	1
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	9
ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ .....	11
1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	12
2. ABSTRACT .....	13
3. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	14
2.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	15
2.2 ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	15
2.3 ΕΝΝΟΙΕΣ - ΟΡΙΣΜΟΙ.....	16
4. CAD BIM ΚΑΙ BEM ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ .....	18
4.1 ΑΠΟ ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ CAD ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ BIM .....	18
4.2 ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ BIM ΚΑΙ BEM .....	23
4.3 ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ BIM.....	25
4.4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ BIM.....	29
5. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΕΛΕΤΩΝ.....	32
5.1 ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ.....	32
5.2 ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ .....	32
5.3 ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ.....	34
5.4 ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ .....	37
6. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ.....	39
6.1 ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ UAV .....	39
6.1.1 Γενικά για την τεχνολογία.....	39
6.1.2 Το παράδειγμα το UAV eBee .....	40
6.2 LASER SCANNERS ΚΑΙ 3D ΑΠΟΤΥΠΩΣΕΙΣ.....	41

7.	ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ.....	45
7.1	ΓΕΝΙΚΑ.....	45
7.2	ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....	46
7.2.1	Απαντήσεις σε ότι αφορά τη χρήση BIM/BEM.....	46
7.2.2	Απαντήσεις σε ότι αφορά τη χρήση λογισμικών προσομοίωσης κτιρίων	47
7.2.3	Απαντήσεις σε ότι αφορά τη χρήση τεχνολογιών αποτύπωσης.	48
8.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	50
9.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	52
A.	ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	52
B.	ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	52
Γ.	ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ .....	54

## ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

---

Εικόνα 1. Σχηματική παράσταση των κύκλων λειτουργιών και χρήσεων του BIM .....	20
Εικόνα 2. Τύποι δεδομένων για είσοδο και έξοδο από το λογισμικό Revit. ....	29
Εικόνα 3. Σχέσεις μεταξύ σταδίων του κύκλου ζωής ενός έργου, και τον BIM διαδικασιών.....	30
Εικόνα 4. Συνδυασμός προγραμμάτων για τη δημιουργία της προσομοίωσης.	33

## 1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

---

Οι κτιριακές κατασκευές θεωρούνται από τα χαρακτηριστικότερα τεχνολογικά επιτεύγματα του ανθρώπινου πολιτισμού. Η μελέτη της κατασκευής των κτιριακών υποδομών είναι προϊόν συμβολής δεκάδων συγγενικών και μη τεχνολογικών κλάδων που συνεισφέρουν τεχνογνωσία συνδυαστικά. Οι νέες τάσεις στον σχεδιασμό των έργων αξιοποιούν και καθοδηγούνται κατά το δυνατό από Διαδικασίες Ολοκληρωμένου Σχεδιασμού (Integrated Design Process, IDP), που είναι έχουν σαν ζητούμενο τη σύνδεση με την αιεφόρο δόμηση και την βιώσιμη ανάπτυξη.

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η αποτύπωση των νεότερων τάσεων σε ότι αφορά τις ψηφιακές τεχνολογίες αποτύπωσης, μοντελοποίησης, και προσομοίωσης κτιρίων. Τέτοια μεθοδολογία είναι αυτή του Πληροφοριακού Ομοιώματος Κτιρίου (ΠΟΚ, Building Information Modeling, BIM) και η πρόσφατη μετεξέλιξή της, η Ενεργειακού Ομοιώματος Κτιρίου (ΕΟΚ, Building Energy Modeling - BEM). Οι εφαρμογές τους στη διαχείριση τεχνικών έργων και η συμβολή τους αφορούν στην προμέτρηση/επιμέτρηση υλικών ενός έργου με τη χρήση εξειδικευμένων λογισμικών που εξελίσσονται διαρκώς και ξεπερνούν τον οριοθετημένο ρόλο των σχεδιαστικών προγραμμάτων. Η μεθοδολογία BIM εμπλέκεται σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός έργου, αναπτύσσεται ταχύτατα και συνδέεται με τις τεχνολογικές εξελίξεις της πληροφορικής, της διαχείρισης έργων και όλων των τομέων που συνδέονται κατά οιοδήποτε τρόπο με την κατασκευή.

Κατά την σύνταξη της παρούσας εργασίας, φιλοδοξία ήταν, να αποτυπωθούν οι τρέχουσες τάσεις ανάλογων μεθοδολογιών υποστηριζόμενων από λογισμικά, η οριοθέτηση των δυνατοτήτων και των αδυναμιών ανάλογων τεχνολογιών αλλά και παράλληλα των βαθμό διείσδυσης της χρήσης τους στην Ελληνική πραγματικότητα με όλα τα χαρακτηριστικά που η σημαίνει η κάμψη στον κατασκευαστικό κλάδο την τελευταία δεκαετία.

Λέξεις Κλειδιά: BIM, BEM, Τεχνολογίες αποτύπωσης, τεχνολογίες μοντελοποίησης, προσομοίωση κτιρίων.

## 2. ABSTRACT

---

Building construction is considered to be one of the most characteristic aspects of human civilization. The study and construction of the buildings is the product of the development of dozens of related and non-branch, contributing know-how combined. New trends in project design seek to make the most of the Integrated Design Process (IDP), which is inextricably linked to sustainable building and sustainable development.

The purpose of this paper is to capture the latest trends in digital imaging, modeling and building simulation technologies. Such a methodology is that of the Building Information Modeling (BIM) and its recent transformation, Building Energy Modeling (BEM). Their applications in the management of technical projects and their contribution are related to the measurement of a project's material using specialized software that is constantly evolving and exceeds the defined role of the design programs. BIM methodology is involved in all stages of the life cycle of a project, it is rapidly developing and is linked to the technological developments of IT, project management and all development sectors that are connected in any way to the construction.

The current work was meant to present the novel trends of similar Computer aided methodologies supported by software, the delimitation of the possibilities and the weaknesses of such technologies but also the penetration of their use in the Greek reality under the decline of the construction industry during the last decade.

Keywords: Integrated Design Process (I.D.P.), Building Information Modeling (B.I.M.), Project Management, material quantification, construction industry, Building Energy Modeling (BEM)



---

### 3. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

Η τεχνολογία μελέτης και κατασκευή κτιρίων είναι αποτέλεσμα εξελικτικής πορείας που χρονικά ταυτίζεται με τα πρώτα βήματα του πολιτισμού. Το μέγεθος, ο ρυθμός και η πολυπλοκότητα των κατασκευών υπήρξε χαρακτηριστικό ολόκληρων πολιτισμών και μάρτυρας του βαθμού τεχνογνωσίας και ευμάρειας των δημιουργών τους. Είναι επίσης γεγονός πως η λειτουργικότητα, η οικονομία και η χωροθετική αρμονία των κατασκευών παλιότερα εξαρτώνταν από τη εμπειρία και τη δημιουργικότητα των σχεδιαστών τους. Από τότε που η πρόσβαση σε υπολογιστικά συστήματα χαμηλού κόστους άρχισε να γίνεται δυνατή, εξειδικευμένα λογισμικά άρχισαν να αναλαμβάνουν εργασίες, όπως η σχεδίαση και αποτύπωση κτιριακών δομών, μεταφέροντας το βάρος των πολύπλοκων υπολογιστικών διαδικασιών βελτιστοποίησης από την ευθύνη των σχεδιαστών.

Πιο συγκεκριμένα, η εργασία οργανώνεται ως εξής:

Στην πρώτη ενότητα της εργασίας, γίνεται η τοποθέτηση του θέματος, ο σκοπός και οι στόχοι της εργασίας και του θέματος που εξετάζεται. Παραθέτονται οι βασικές έννοιες, ορισμοί και πληροφορίες, οι οποίες στην συνέχεια χρησιμοποιούνται σε όλη την έκταση της εργασίας.

Στη δεύτερη ενότητα, παρουσιάζεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση και η αρθρογραφία που αφορούν την εξέλιξη των τεχνολογιών το στο οποίο αναλύονται λεπτομερώς σε θεωρητικό επίπεδο τα μέσα και οι διαδικασίες που χρησιμοποιήθηκαν για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Η παράθεση των δυνατοτήτων της τεχνολογίας BIM και BEM είναι απαραίτητη προκειμένου ο αναγνώστης να κατανοήσει τις ενότητες της ‘μεθοδολογικής προσέγγισης’ και της ‘ανάλυσης’ που ακολουθούν.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η σύντομη έρευνα στην ελληνική πραγματικότητα. Η χρήση τεχνολογιών BIM στην ελληνική αγορά είναι ανύπαρκτη. Αυτό γίνεται κυρίως από έλλειψη οικονομικών κινήτρων και παρουσιάζονται κάποια από τα συμπεράσματα της εμπειρικής έρευνας. Ακολουθούν κάποια συμπεράσματα που αφορούν την χρήση τεχνολογιών BIM. Ακόμα και αν τα ευρήματα είναι ιδιαίτερα φτωχά, θεωρούμε πως η θεωρητική και βιβλιογραφική αναζήτηση έχει την δική της σημασία. Η των

βιβλιογραφικών αναφορών και οπουδήποτε άλλων πηγών χρησιμοποιήθηκαν καθ' όλη την έκταση της εργασίας.

## 2.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

---

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η εκτίμηση του βαθμού χρήσης νέων τεχνολογιών στις εφαρμογές μελετών που εκπονούνται από επιχειρήσεις του κατασκευαστικού κλάδου και παρουσίαση των τεχνολογιών αυτών σαν εργαλείο τεχνικών δυνατοτήτων. Οι εκμιάζουσες τεχνολογίες αυτού του τύπου που στηρίζονται ιδιαίτερα στη χρήση εξειδικευμένου λογισμικού μπορούν παράγουν υπεραξία στις επιχειρήσεις που τις χρησιμοποιούν στα ζητήματα που αφορούν τη διαχείριση της μελέτης και κατασκευής τεχνικών έργων (Project & Construction Management). Στα πλαίσια αυτής της ανάλυσης περιγράφεται ο τρόπος διαχείρισης των εμπλεκόμενων σε ένα έργο μέσω του των εφαρμογών που είναι προσανατολισμένες σε BIM και γίνεται αναφορά στη σύνδεση του με τον ενεργειακό και βιώσιμο σχεδιασμό κτηρίων. Η ενεργειακή συμπεριφορά των κατασκευών είναι μια νέα οικονομική διάσταση του κατασκευαστικού κλάδου και ανοίγει νέους ορίζοντες στη χρήση και τις προοπτικές των κτιριακών υποδομών αλλά και των νέων κατασκευών. Δίνεται περιγραφή στα αρχεία προμετρήσεων/επιμετρήσεων των λογισμικών τα οποία αποτελούν τη ραχοκοκαλιά τόσο του χρονικού προγραμματισμού (-4D- τέταρτη διάσταση) όσο και του προϋπολογισμού (-5D- πέμπτη διάσταση) ενός έργου. Τέλος μετά από ευρεία μελέτη και έρευνα στο διαδίκτυο εντοπίζονται λάθη και παραλείψεις.

## 2.2 ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

---

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η συγκέντρωση στοιχείων που αφορούν τη διείσδυση των νέων τεχνολογιών. Οι τεχνολογίες αυτές έφτασαν τα τελευταία χρόνια το οικονομικό όριο στο οποίο να είναι δυνατόν να χρησιμοποιούνται από μικρομεσαίας δυναμικής επιχειρήσεις δίνοντας νέες δυνατότητες με τη χρήσης τους και νέες ωφέλειες στην καθημερινή εργασία ενός σύγχρονου διαχειριστή ή κατασκευαστή έργου. Στόχος επίσης ήταν κατά το δυνατό ποσοτικοποίηση του βαθμού εισχώρησης των τεχνολογιών

αυτών στις εφαρμογές. Οι αντιλήψεις, αναγκαιότητες, οικονομικοί περιορισμοί, μακροπρόθεσμοι σχεδιασμοί και προσδοκίες από μια συρρικνούμενη αγορά κατασκευών υποδηλώνονται από προσωπικές συνεντεύξεις. Ερωτήματα αφορούν τον βαθμό που οι δυνατότητες του σύγχρονου τρισδιάστατου (3D) σχεδιασμού και πώς αυτός μπορεί να συνδυαστεί με μια βάση δεδομένων που αφορά τόσο τον προγραμματισμό (4D) όσο και τον προϋπολογισμό (5D) ενός έργου. Επιμέρους στόχοι είναι η προσπάθεια εξοικείωσης με τις τεχνολογίες οι οποίες αρχίζουν να εφαρμόζονται στις Ελλαδικές επιχειρήσεις, παίρνοντας δημιουργικό ρόλο σε μεγάλης κλίμακας τεχνικά έργα.

### 2.3 ΕΝΝΟΙΕΣ - ΟΡΙΣΜΟΙ

Αντικείμενο της εργασίας είναι οι τεχνολογίες λογισμικού που υποβοηθούν τον σχεδιασμό και την αναπαράσταση των κατασκευών. Η γενικότερη παράθεση των λογισμικών αυτών όπως και η ομαδοποίηση τους σε αναλογία με την φιλοσοφία των λειτουργιών τους, μπορούν καλύτερα να παρουσιαστούν στα πλαίσια της αλλαγής της αντίληψης του σχεδιασμού και της αποτύπωσης. Τις τελευταίες δεκαετίες οι μεταβάσεις που αφορούσαν τον σχεδιασμό των κτηρίων ήταν η μετάβαση από τα συστήματα CAD στα συστήματα BIN και τελευταία από τα BIM στα BEM. Παράλληλα προσαρμογές σε απαιτήσεις που αφορούν υψηλά στάνταρ σε ενεργειακές και θερμικές συμπεριφορές των κατασκευών, δημιούργησαν τις αναγκαιότητες για την χρήση νέας γενιάς λογισμικών που αφορούν την προσομοίωση των κτιρίων σε ενεργειακή απόκριση, θερμικές απαιτήσεις, ηχητική συμπεριφορά, φωτισμό, χωρικό προσανατολισμό.

Αναφερόμενοι στη φάση αυτή αποκλειστικά στην εννοιολογικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των όρων, μια γρήγορη ερμηνεία του BIM φέρεται σαν μια εξελισσόμενη στο χρόνο μέθοδος απόκτησης γνώσης και συγκέντρωσης πληροφοριών για ένα κτηριακό έργο, προορισμένη να διευκολύνει την ανταλλαγή των πληροφοριών αυτών μεταξύ των μετεχόντων στο έργο καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του Αναγνωστόπουλος 2012). Η χρήση του όρου “Building Information Modeling” (BIM) έγινε από τον

Αμερικανό αρχιτέκτονα Phil Bernstein ο οποίος εκτός των άλλων υπήρξε και αντιπρόεδρος της εταιρείας λογισμικού Autodesk. Η κοινοποίηση του όρου έγινε αργότερα από τον Jerry Laiserin, παρουσιάζοντας το BIM τόσο ως μέσο αναπαράστασης της κατασκευαστικής διαδικασίας όσο και διευκόλυνσης της ανταλλαγής και της διαλειτουργικότητας των πληροφοριών ενός έργου σε ψηφιακή μορφή. Η πρώτη εφαρμογή της νέας αυτής τεχνολογίας έγινε μόλις το 1987, από την εταιρεία Graphisoft και πλέον αποτελεί προπομπό των επικείμενων αλλαγών στον τομέα του σχεδιασμού, της κατασκευής και της διαχείρισης των τεχνικών έργων παγκοσμίως.

Στην ελληνική ορολογία εισήχθη με τον όρο «Μοντελοποίηση Κτιριακών Πληροφοριών» ή ως «Πληροφοριακό Ομοίωμα Κτιρίου (ΠΟΚ) (Βενιέρη 2012). Με μια πιο μεθοδολογική ερμηνεία το BIM είναι η ψηφιακή αναπαράσταση των φυσικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών ενός κτηριακού συγκροτήματος, ώστε να συγκροτείται κοινό γνωστικό πλαίσιο για τις πληροφορίες που το αφορούν και να διευκολύνονται οι αποφάσεις που αναφέρονται σε αυτό, από τη σύλληψή του και μετά (Διεθνής Επιτροπή Προτύπων BIN). Ουσιαστικά είναι μια διαδικασία παραγωγής και διαχείρισης δεδομένων ενός κτιρίου κατά την κατασκευή του και περιλαμβάνει τη γεωμετρία του κτιρίου, χωρικές σχέσεις, γεωγραφικές πληροφορίες καθώς και ποσότητες και ποιότητες των οικοδομικών υλικών. Τα συστήματα BIM αναλύουν τα δεδομένα ενός κτιριακού προγράμματος χρησιμοποιώντας τρισδιάστατα δυναμικά μοντέλα του κτιρίου με στόχο την αύξηση της παραγωγικότητας στο σχεδιασμό και την κατασκευή του. Ένα σύστημα λογισμικού BIM επεξεργάζεται θέματα όπως η Διαχείριση Κόστους, η Διαχείριση Έργου και παρέχει ένα τρόπο παράλληλης επεξεργασίας διαφόρων πτυχών της διαδικασίας παραγωγής.

## 4. CAD BIM ΚΑΙ BEM ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

---

### 4.1 ΑΠΟ ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ CAD ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ BIM

---

Παλαιότερα, ο σχεδιαστής έφτιαχνε κάποια σχέδια και έπειτα έφτιαχνε τις τομές, τις όψεις και τις λεπτομέρειες με το χέρι. Κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης ενός έργου, εφόσον υπήρχε πρόβλημα σε κάποιο σημείο και έπρεπε να γίνουν αλλαγές στο σχέδιο, ο σχεδιαστής έπρεπε να τροποποιήσει όλα τα σχέδια με το χέρι. Για μεγάλο χρονικό διάστημα, αυτό σήμαινε ότι έπρεπε να γίνει χρήση της γόμας για τη διόρθωση των σχεδίων, διαδικασία ιδιαίτερα επίπονη και χρονοβόρα. Στη συνέχεια με τη χρήση των Η/Υ μπήκε στη ζωή μας η πλατφόρμα CAD όπου με τη χρήση απλών λειτουργιών γίνεται κάθε είδους διόρθωση.

Με τον όρο CAD αναφερόμαστε στη χρήση ψηφιακών υπολογιστικών συστημάτων με τη βοήθεια των οποίων μπορούμε να δημιουργήσουμε, να τροποποιήσουμε, να αναλύσουμε ή να βελτιστοποιήσουμε τον σχεδιασμό αντικειμένων. Τα λογισμικά CAD χρησιμοποιούνται για την αύξηση της παραγωγικότητας του σχεδιαστή, τη βελτίωση της ποιότητας του σχεδιασμού, τη βελτίωση της επικοινωνίας του σχεδίου μέσω της τεκμηρίωσης και τη δημιουργία βάσεων δεδομένων για τη διαδικασία της κατασκευής. Συνοπτικά «Το σύστημα CAD χρησιμοποιείται για το σχεδιασμό καμπύλων και μορφών στις δύο διαστάσεις ή καμπύλων επιφανειών και στερεών σε τρισδιάστατα αντικείμενα»( Farin 2002).

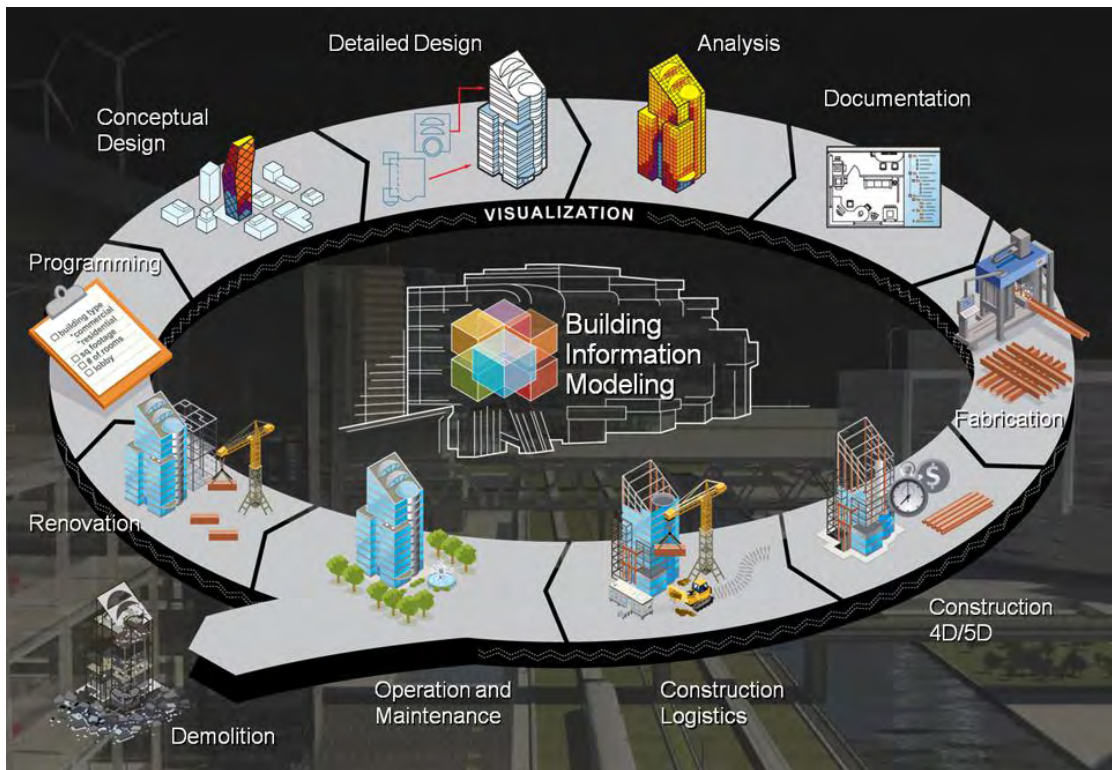
Παρόλο που τα συστήματα CAD επίλυσαν αρκετές σχεδιαστικές αδυναμίες, οι νέες δυνατότητες που προσέφεραν, καθώς και οι νέες μορφές που προέκυψαν προέβαλαν την ανάγκη ανάλυσης και κατασκευής των έργων (που σχεδιάζονταν μέσω του CAD) με την ίδια ακρίβεια και οικονομία χρόνου που σχεδιάστηκαν. Δημιουργήθηκε λοιπόν η ανάγκη εμφάνισης ενός προγράμματος που να ενσωματώνει τα παραπάνω και πολλά περισσότερα. όπως είναι το BIM.

Η βασική διαφορά της μεθοδολογίας BIM με αυτή του CAD είναι ότι ένα σύστημα σαν το τελευταίο χρησιμοποιεί πολλά ξεχωριστά σχέδια (2D ή σπανίως 3D) για να περιγράψει ένα έργο. Από τη στιγμή που τα σχέδια αυτά δημιουργούνται ξεχωριστά, δεν υπάρχει κάποιου είδους συσχέτιση μεταξύ τους. Όταν γίνεται μια αλλαγή σε ένα σχέδιο η οποία επηρεάζει κάποια άλλα σχέδια ή προγράμματα οι περαιτέρω αλλαγές

πρέπει να γίνουν χειροκίνητα χωρίς να υπάρχει δυνατότητα αυτόματης διαδικασίας. Η μεγάλη ευκολία της τεχνολογίας BIM είναι ότι υλοποιεί αυτόματα όλες τις αλλαγές για εμάς. Έγκειται στον υπολογιστή η διενέργεια των κατάλληλων αλληλεπιδράσεων και υπολογισμών, ώστε οι χρήστες να έχουν περισσότερο διαθέσιμο χρόνο για τη σύλληψη, το σχεδιασμό και την αξιολόγηση των αποφάσεων τους.

Με την τεχνολογία BIM οι μελετητές μπορούν να δημιουργήσουν και να τροποποιήσουν τα πάντα σε ένα σχεδιαστικό περιβάλλον. Με την πραγματοποίηση μιας αλλαγής σε ένα στοιχείο του έργου, το σύστημα διαδίδει την αλλαγή σε όλα τα επηρεαζόμενα τμήματα και στοιχεία του έργου. Εάν τροποποιηθεί για παράδειγμα το μέγεθος ενός σωλήνα δικτύου αποχέτευσης ενός οικισμού, η αλλαγή αυτή πραγματοποιείται σε όλο το μοντέλο: διατομές, πίνακες χρονοδιαγραμμάτων, πίνακες προμέτρησης και προϋπολογισμού του έργου.

Το BIM λοιπόν βασίζεται στη χρήση «έξυπνων» ψηφιακών μοντέλων τα οποία προσφέρουν τις απαραίτητες πληροφορίες για να γίνεται ο σχεδιασμός και η μελέτη των κτιρίων και υποδομών γρηγορότερα, φθηνότερα, ποιοτικότερα και με όσο γίνεται μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Το πεδίο εφαρμογής του BIM δεν περιορίζεται στο σχεδιασμό ή τη μελέτη μόνο. Η χρήση του (όπως και τα πλεονεκτήματά του) επεκτείνονται σε όλες τις φάσεις του κύκλου ζωής ενός έργου, υποστηρίζοντας υπηρεσίες όπως διαχείριση έργου (project management) και κόστους (cost management), θέματα κατασκευασιμότητας (constructability) και διαχείριση λειτουργιών και εγκαταστάσεων (operations and facility management). Το εξαγόμενο προϊόν μιας τέτοιας ολιστικής διαδικασίας δεν είναι απλά ένα καλύτερο κτίριο ούτε ένα απλό 3D μοντέλο στον υπολογιστή. Είναι ένα πλήθος πληροφοριών αρμονικά συνυφασμένες με το - εικονικό και πραγματικό - δομημένο αποτέλεσμα οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μελλοντική χρήση (π.χ. maintenance).



Εικόνα 1. Σχηματική παράσταση των κύκλων λειτουργιών και χρήσεων του BIM  
(Πηγή: <http://buildipedia.com/aec-pros/design-news/the-daily-life-of-building-information-modeling-bim>)

Η διαφοροποίηση της διάθεσης πληροφορίας είναι που κάνει την εφαρμογή του BIM να διαφέρει από ένα απλό 3D CAD πρόγραμμα. Με άλλα λόγια, το Building Information Modeling είναι μια πρακτική, μια μεθοδολογία λειτουργιών (operations methodology) με σκοπό την λήψη καλά πληροφορημένων αποφάσεων, παρά ένα λογισμικό CAD όπως λανθασμένα το αντιλαμβάνονται πολλοί. Η ολοκληρωμένη εφαρμογή του BIM εμπεριέχει πληροφορίες και στοιχεία για ολόκληρο το κτίριο, από τοιχοποιίες και δομικά στοιχεία μέχρι μηχανολογικά συστήματα και μετρήσεις υλικών και στοιχεία προμηθευτών, για κάθε συγκεκριμένο έργο.

Το Building Information Modeling βασίζεται στη χρήση προσαρμοσμένων ψηφιακών μοντέλων τα οποία προσφέρουν τις απαραίτητες πληροφορίες για να γίνεται ο σχεδιασμός και η μελέτη κτιρίων και υποδομών γρηγορότερα, φθηνότερα, με μεγαλύτερη ποιότητα και με λιγότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον

Το πεδίο εφαρμογής της μεθοδολογίας δε περιορίζεται στο σχεδιασμό ή/και τη μελέτη όμως. Η χρήση του και τα πλεονεκτήματα επεκτείνονται σε όλες τις φάσεις του

κύκλου ζωής του έργου, υποστηρίζοντας υπηρεσίες όπως διαχείριση κόστους (cost management) και έργου (project management), θέματα κατασκευασιμότητας (constructability) και διαχείριση λειτουργιών (operations management). Το τελικό προϊόν μιας τέτοιας ολιστικής διαδικασίας δεν είναι απλά ένα καλύτερο κτίριο ούτε ένα απλό 3D μοντέλο στον υπολογιστή. Είναι ένα πλήθος πληροφοριών αρμονικά συνυφασμένες με το – εικονικό και πραγματικό – δομημένο αποτέλεσμα οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για όποια μελλοντική χρήση (π.χ. συντήρηση).

Η βασική ιδέα θα λέγαμε της όλης μεθοδολογίας είναι ο ακριβής, ολοκληρωμένος σχεδιασμός, μελέτη και εικονική κατασκευή του κτιρίου όπως θα κτιστεί πριν την κατασκευή, με σκοπό να επιλυθούν προβλήματα που μπορεί να προκύψουν στην πορεία. Γι' αυτό το λόγο σε κάποιες χώρες η ίδια ολιστική μεθοδολογία μελέτης και κατασκευής ονομάζεται Virtual Design & Construction (VDC) (Kunz and Fischer 2009).

Συνοψίζοντας τα κυριότερα πλεονεκτήματα του BIM σε σχέση με το παραδοσιακό CAD είναι τα ακόλουθα (Krygiel, Nies, 2008):

- Τρισδιάστατη προσομοίωση έναντι Δισδιάστατης αναπαράστασης: Ένα 2D σχέδιο είναι απλώς μια αναπαράσταση του τελικού κτιρίου. Η βασική καινοτομία του BIM είναι ότι επιτρέπει την τρισδιάστατη προσομοίωση του κτηρίου και των επιμέρους τμημάτων του. Αυτή υπερβαίνει την απλή παρουσίαση του τρόπου σύνδεσης των διαφόρων μερών του κτηρίου, καθώς ο μηχανικός έχει πλέον τη δυνατότητα να προβλέψει πιθανά λάθη, να εξετάσει τις περιβαλλοντικές μεταβλητές, να υπολογίσει σωστά τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν, καθώς και να καθορίσει τα αντίστοιχα χρονοδιαγράμματα.

- Ακρίβεια έναντι Εκτίμησης: Το BIM προσδίδει σχεδιαστική ακρίβεια των ποσοτήτων υλικών και της ποιότητας μιας κατασκευής μέσω της οπτικοποίησης ενός κτιρίου (με τη βοήθεια του τρισδιάστατου μοντέλου) πριν από τη φυσική του κατασκευή. Τα οικοδομικά υλικά και οι περιβαλλοντικές μεταβλητές μπορούν να προγραμματιστούν σε πραγματικό χρόνο και όχι να εκτιμηθούν προσεγγιστικά.

- Αποτελεσματικότητα έναντι Πλεονασμού: Όλες οι πληροφορίες που περιέχει ένα μοντέλο BIM είναι συντονισμένες. Μια αλλαγή σε ένα σχέδιο οδηγεί σε αλλαγή όλων των σχεδίων που επηρεάζονται. Σχεδιάζοντας λοιπόν τα δομικά στοιχεία μόνο



μια φορά, μπορούμε να εξοικονομήσουμε χρόνο και να επενδύσουμε σε πιο σημαντικά σχεδιαστικά ζητήματα (Εικόνα 1).

Το Πανεπιστημιακό Κέντρο Ολοκληρωμένων Μηχανικών Εγκαταστάσεων του Στάνφορντ μετά τη συγκέντρωση στοιχείων για 32 μεγάλα έργα, ανέφερε τα ακόλουθα οφέλη του BIM (Azhar κ.α. 2011):

- Μείωση έως και 40% των αλλαγών που προέκυψαν εκτός προϋπολογισμού.
- Ακρίβεια εκτίμησης κόστους 3% σε σύγκριση με παραδοσιακές εκτιμήσεις.
- Μείωση του χρόνου που απαιτείται για την εκτίμηση κόστους έως 80%.
- Εξοικονόμηση μέχρι 10% της αξίας της σύμβασης μέσω ανίχνευσης αστοχιών.
- Μείωση έως και 7% στο χρόνο του έργου.

Παρά τα γενικότερα πλεονεκτήματα και τα οφέλη που περιγράφηκαν, το μοντέλο BIM εμφανίζει αδυναμίες και μειονεκτήματα, τα οποία αφορούν σε συμβατικά και τεχνικά ζητήματα. Τα κυριότερα είναι τα παρακάτω. (Πολύζος, 2016).

- • Λόγω του μεγάλου όγκου των αρχείων και της πολυεπίπεδης πληροφορίας συχνά παρουσιάζεται δυσκολία στη διαχείριση των αρχείων. Επιπρόσθετα, από την εμπλοκή πολλών χρηστών στη διαχείρισή εμφανίζονται ζητήματα, όπως ο καθορισμός των πνευματικών δικαιωμάτων.

- • Η προσθήκη μεγάλου όγκου πληροφοριών στο μοντέλο BIM δημιουργεί ορισμένα πρόσθετα προβλήματα συνεργασίας. Η αδυναμία μιας ομάδας που εργάζεται στο έργο να προχωρήσει την εργασία της εξ αιτίας μη ολοκληρωμένων καταχωρήσεων από προηγούμενες ομάδες, δημιουργεί καθυστερήσεις. Για παράδειγμα, στη φάση του αρχικού σχεδιασμού ενός κτιρίου ο αρχιτέκτονας μπορεί να προσθέσει τις πόρτες στο μοντέλο σχεδιασμού, πριν γίνει ο σχεδιασμός για τη πυρασφάλεια. Η μη προσθήκη των πληροφοριών που αφορούν στην πυρασφάλεια στο στοιχείο «πόρτα» εμποδίζει την προκοστολόγηση του και συνεπώς, μπορεί να προκληθεί καθυστέρηση στον υπολογισμό του κόστους κάποιων στοιχείων.

- Άλλο πρόβλημα μπορεί να δημιουργηθεί από τη χρήση λογισμικών διαφορετικών από αυτά που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία του μοντέλου και

κατά συνέπεια μη συμβατά ή μη συνεργάσιμα με αυτό. Έτσι, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν λογισμικά που αφορούν στο χρονικό προγραμματισμό, με τους κανονισμούς που ισχύουν και επιβάλλονται από τον ΓΟΚ, τη νομοθεσία για το περιβάλλον, κ.λ.π. των οποίων η μορφή δεν είναι αναγνώσιμη από το ειδικό λογισμικό ανάλυσης.

#### 4.2 ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ BIM ΚΑΙ BEM

---

Η αύξηση της ευαισθητοποίησης σχετικά με τον κρίσιμο ρόλο των κτιρίων στη συνολική κατανάλωση ενέργειας σε όλε τις βιομηχανοποιημένες οικονομίες έχουν ως αποτέλεσμα την αυξημένη χρήση της προσομοίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων (BEM) και δικαιολογούν την ανάγκη για ποσοτικό σχεδιασμό που να αφορά την κατανάλωση των κτιρίων και τις αποφάσεις λειτουργίας. Ωστόσο, γίνεται όλο και πιο κοινό ότι τα αποτελέσματα μιας τέτοιας προσομοίωσης είναι συχνά αμφισβητήσιμα και μπορεί να οδηγήσουν σε λανθασμένες αποφάσεις. Η χρήση κακών μοντέλων ενεργειακής προσομοίωσης και η ακατάλληλη χρήση μετασχηματισμένων δεδομένων είναι δύο τις πιο κοινές αιτίες όπως διερευνήθηκαν από τους Bazjanac et al. (2011). Οι ερευνητές αυτοί εκτίμησαν εξοικονόμηση σχεδιαστικού χρόνου κατά 75% για τη δημιουργία γεωμετρίας κτιρίων σε μικρά έως μεσαία κτίρια μέσω της κατάλληλης εφαρμογής αυτοματοποιημένων διαδικασιών από ειδικευμένο λογισμικό BEM. Δημοσιεύσεις εξέτασαν τον τρόπο με τον οποίο η μοντελοποίηση πληροφοριών κτιρίων (BIM) μπορεί να ενσωματωθεί με την ενεργειακή μοντελοποίηση των κτιρίων (BEM) στο σημερινό αρχιτεκτονικό σχεδιασμό (Hamedani & Smith 2015). Οι πρόσφατες καινοτομίες έχουν δώσει την ευκαιρία στις αρχιτεκτονικές επιχειρήσεις να επενδύσουν σε τεχνολογίες αιχμής και να υιοθετήσουν νέες διαδικασίες.

Εκτιμάται πως η είναι η Building Information Modeling (BIM) μεθοδολογία, η οποία έχει αναπτυχθεί για τον αρχιτεκτονικό τομέα τις τελευταίες δύο δεκαετίες έχει την πλέον εξέχουσα θέση. Ενσωματώνοντας γραφικές και μη γραφικές πληροφορίες, επιτρέπει στους αρχιτέκτονες του αρχιτεκτονικού έργου να συνεργάζονται για την

αποτελεσματική υλοποίηση έργων καθ'όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής των αρχιτεκτονικών έργων. Οι περισσότερες από τις κορυφαίες αρχιτεκτονικές εταιρείες στον κόσμο έχουν συνειδητοποιήσει τα οφέλη από τη χρήση του BIM σε έργα. Από την πλευρά των αρχιτεκτόνων το κύριο όφελος της χρήσης του BIM είναι ότι επιτρέπει την αποτελεσματική πρόοδο σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός αρχιτεκτονικού έργου, από το σχεδιασμό έως την κατασκευή έως το κλείσιμο και πέρα, τη διαφύλαξη των πληροφοριών και την ενσωμάτωση των διαφόρων απαιτήσεων των ενδιαφερομένων σε ένα κοινό περιβάλλον δεδομένων.

Η χρήση της Μοντελοποίησης Κτιριακής Ενέργειας (BEM) στην αρχιτεκτονική έχει έρθει να ανταποκριθεί στην παγκόσμια έκκληση για εξοικονόμηση ενέργειας και βιωσιμότητα. Τα εργαλεία και οι διαδικασίες της BEM μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προσομοίωση της ενεργειακής απόδοσης, την αξιολόγηση των ενεργειακών αναγκών και τη βελτιστοποίηση του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού. Πολλά αρχιτεκτονικά έργα επιδιώκουν πλέον περιβαλλοντική πιστοποίηση (LEED, BREEAM ή άλλα) για να εξασφαλίσουν την αποτελεσματική χρήση του νερού, των υλικών, των πόρων και της ενέργειας, να βελτιώσουν την περιφερειακή περιβαλλοντική ποιότητα, να αντιμετωπίσουν τις περιφερειακές προτεραιότητες και να διατηρήσουν βιώσιμες τοποθεσίες. Διαφορετικές εφαρμογές BEM χρησιμοποιούνται από ομάδες έργου για την εκτίμηση αρχιτεκτονικού σχεδιασμού και κατασκευής από περιβαλλοντική άποψη. Αυτές οι εφαρμογές αναλυτικού λογισμικού προορίζονται για ενσωμάτωση με το BIM αλλά μέχρι πρόσφατα έχουν χρησιμοποιηθεί ξεχωριστά.

Η ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ της αρχιτεκτονικής σχεδίασης και των παραστάσεων προσομοίωσης ενέργειας υπήρξε προηγουμένως πρόκληση και η προσομοίωση ενεργειακής απόδοσης της κατασκευής έχει ακόμη και παραλειφθεί από τη διαδικασία σχεδιασμού. Τα προηγούμενα εργαλεία εξομοίωσης ενέργειας των κτιρίων απέτυχαν να εκμεταλλευτούν τον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό και δεν επιτρέπουν εύκολα τη χαρτογράφηση από ένα μοντέλο σχεδιασμού αντικειμένων. Για να βελτιωθεί και να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητα της μετάφρασης, είναι τώρα διαθέσιμη μια προσέγγιση που μεταφράζει BIM και BEM χρησιμοποιώντας ένα περιβάλλον προσομοίωσης αντικειμενοστραφές.

Το πλεονέκτημα της ενσωμάτωσης του BEM και BIM στην αρχιτεκτονική σήμερα αφορούν:

- Η ενσωμάτωση των BEM και BIM και οδηγεί στο σχεδιασμό και την κατασκευή κτιρίων που ενσωματώνουν κριτήρια ενεργειακής απόδοσης κτιρίων με αρχιτεκτονικούς στόχους.
- Η μεθοδολογία υποδεικνύει το επίπεδο ανάπτυξης που απαιτείται σε κάθε στάδιο της διαδικασίας αρχιτεκτονικού σχεδιασμού και επιτρέπει στο BIM να ενσωματωθεί μέσα σε ένα βιώσιμο αρχιτεκτονικό σχεδιασμό.
- Μέσω της ενσωματωμένης BIM2BEM, η ανάλυση απόδοσης BEM κτιρίου μπορεί να συνδεθεί με ένα ψηφιακό μοντέλο BIM (Υπηρεσίες BIM) μέσω κοινών αρχείων επεκτάσεων αρχείων, επιτρέποντας την ολοκληρωμένη διαλειτουργικότητα μεταξύ BEM και BIM περιβάλλοντα. Αποτελεί ένα θετικό βήμα προς την αυτοματοποιημένη σχεδίαση με βάση τις επιδόσεις, συμπεριλαμβανομένου του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού και περιλαμβάνει δύο βασικά στοιχεία:
- Αλγόριθμοι για μετασχηματισμό δεδομένων, χαρτογράφηση και ενσωμάτωση με μια βάση δεδομένων BIM και κινητήρα προσομοίωσης BEM
- Οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων προσομοίωσης μέσα στο περιβάλλον BIM
- Το BIM διευκολύνει την αποθήκευση των παραμετρικών πληροφοριών και το χρησιμοποιεί κατά τη διάρκεια μιας διαδικασίας ανάπτυξης αρχιτεκτονικού σχεδιασμού.

Η κατανόηση της φύσης και της έκτασης των πληροφοριών που απαιτούνται για την ακριβή BEM σε κάθε στάδιο της αρχιτεκτονικής διαδικασίας σχεδιασμού είναι ένα κλειδί για την κατανόηση του καλύτερου τρόπου καταγραφής των επιδόσεων σε ένα περιβάλλον BIM.

### 4.3 ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ BIM

---

Η έλλειψη πόρων, οι προκλήσεις στον τομέα της βιωσιμότητας και το αυστηρότερο νομοθετικό πλαίσιο για την αποδοτική χρήση των πόρων στα κτίρια παρακινούν τους τομείς της Αρχιτεκτονικής, των Κατασκευών και της Διαχείρισης των Εγκαταστάσεων (AEC Industry), να αξιοποιήσουν τους υπάρχοντες πόρους αποτελεσματικά. Βασικός παράγοντας για την αποδοτικότητα των πόρων, λόγω του

μεγάλου κύκλου ζωής ενός έργου, αποτελεί η διαχείριση της συντήρησης και της ανακατασκευής. Ειδικά σε βιομηχανοποιημένες χώρες με χαμηλά ποσοστά κατασκευής, οι δραστηριότητες στον κατασκευαστικό τομέα αφορούν όλο και περισσότερο αποκλειστικά σε ανακατασκευές και εκσυγχρονισμό των υφιστάμενων κτιρίων.

Τις τελευταίες δεκαετίες, το ενδιαφέρον για τη χρήση κτιριακών μοντέλων πληροφοριών (BIM) διαρκώς αυξάνεται λόγω των πολλών ωφελειών και της εξοικονόμησης πόρων κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού, και της κατασκευής των νέων κτιρίων. Η ανάπτυξη της τρισδιάστατης μοντελοποίησης ξεκίνησε τη δεκαετία του 1970, με βάση τις πρώιμες υπολογιστικές σχεδιαστικές προσπάθειες (CAD) σε διάφορες βιομηχανίες. Και ενώ πολλές βιομηχανίες ανέπτυξαν ολοκληρωμένα εργαλεία ανάλυσης και παραμετρικής μοντελοποίησης (που είναι η βασική έννοια του BIM), ο κατασκευαστικός τομέας περιορίστηκε για αρκετό καιρό στο παραδοσιακό σχέδιο 2D. Το μοντέλο BIM εισήχθη στα πρότυπα έργα στις αρχές της δεκαετίας του 2000 για την υποστήριξη του κατασκευαστικού σχεδιασμού. Κατά συνέπεια, οι κυριότερες ερευνητικές τάσεις επικεντρώθηκαν στη βελτίωση του προσχεδιασμού και του κυρίως σχεδιασμού, στην οπτική αναπαράσταση, την ποσοτικοποίηση, την κοστολόγηση και τη διαχείριση δεδομένων. Στα πρόσφατα εξειδικευμένα εργαλεία σχεδιασμού, αρχιτεκτονικής και μηχανικής εντάσσονται βασικές λειτουργίες, όπως η ενεργειακή και δομική ανάλυση, η παρακολούθηση της προόδου του έργου ή η εργοστασιακή ασφάλεια.

Η χρήση του BIM συγκεντρώνεται στον προσχεδιασμό, τον κυρίως σχεδιασμό, την κατασκευή και την ολοκληρωμένη παράδοση έργων κτιρίων και υποδομών. Πρόσφατα ωστόσο η εστίαση της έρευνας μετατοπίζεται από τον αρχικό κύκλο ζωής στη συντήρηση, ανακαίνιση, ανακατασκευή και στις εκτιμήσεις του τελικού σταδίου ζωής ιδιαίτερα σύνθετων κατασκευών.

Τα κτίρια και οι κατασκευές διαφέρουν ως προς τους τύπους χρήσης (π.χ. κατοικίες, καταστήματα, υποδομές), στην ηλικία (π.χ. νέα, υφιστάμενα) και στην ιδιοκτησία (π.χ. ιδιωτικά, συνιδιοκτησίες, δημόσια, πανεπιστήμια). Αυτές οι διαφοροποιημένες μεταξύ τους συνθήκες επηρεάζουν την εφαρμογή του BIM, το επίπεδο λεπτομέρειας και την υποστηρικτική λειτουργία σχετικά με τις διαδικασίες

σχεδιασμού, κατασκευής και συντήρησης λόγω των απαιτήσεων των εμπλεκόμενων μερών του έργου.

Η εφαρμογή του BIM στα υφιστάμενα κτίρια αντιμετωπίζει πολλαπλές προκλήσεις και δυνατότητες. Τα δυνητικά οφέλη από τη χρήση του φαίνονται να είναι σημαντικά. Κάποια από αυτά αφορούν:

- Τη συγκέντρωση όλων των πολύτιμων στοιχείων του έργου και τη διατήρηση των πληροφοριών του.
- Τον έλεγχο ποιότητας, την αξιολόγηση και την παρακολούθηση του έργου.
- Τη διαχείριση της ενέργειας και του χώρου.
- Τη διαχείριση έκτακτης ανάγκης.
- Τον σχεδιασμό εκσυγχρονισμού και αναβάθμισης.

Για τη διαχείριση μιας εγκατάστασης ή για την εφαρμογή μέτρων εκσυγχρονισμού και αναβάθμισης είναι απαραίτητοι αρκετοί τύποι πληροφοριών. Εκτός από τις γενικές κτιριακές πληροφορίες, απαιτούνται λεπτομερή στοιχεία σχετικά με τον εγκατεστημένο εξοπλισμό, όπως η ημερομηνία εγκατάστασης, ο τύπος εγκατάστασης, ο προμηθευτής /κατασκευαστής, οι γεωμετρίες και η ακριβής τοποθεσία, τα υλικά, οι φυσικές ιδιότητες, οι εγγυήσεις, καθώς και το ιστορικό συντήρησης από την περάτωση του έργου. Όταν ο κύκλος ζωής της κατασκευής πλησιάζει στο τέλος του, οι επιπλέον πληροφορίες σχετικά με το ιστορικό της κατασκευής, τα υλικά, τα κατασκευαστικά στοιχεία και τις συνδέσεις, τις πιθανές ιδιότητες ανακύκλωσης των υλικών, τις φέρουσες κατασκευές και τις τεχνικές αποσυναρμολόγησης με το σχετικό χρόνο και κόστος ανά κατασκευαστικό στοιχείο, είναι ιδιαίτερα κρίσιμες για το σχεδιασμό. Επίσης, κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός κτιρίου συμμετέχουν πολλοί υπεύθυνοι από τα εμπλεκόμενα μέρη και υπεργολάβοι που συχνά αποσύρουν εξειδικευμένες πληροφορίες όπως π.χ. πληροφορίες σχετικά με την εγκατάσταση των εξαρτημάτων.

Δεδομένου ότι το μοντέλο πληροφοριών κτιρίων (BIM) είναι ένα εργαλείο διαχείρισης ακριβών πληροφοριών σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής του έργου, ενδείκνυται να υποστηρίζονται και τα δεδομένα διαδικασιών συντήρησης. Το BIM αρχικά είχε ως στόχο να υποστηρίξει τις διαδικασίες σχεδιασμού και κατασκευής. Σε

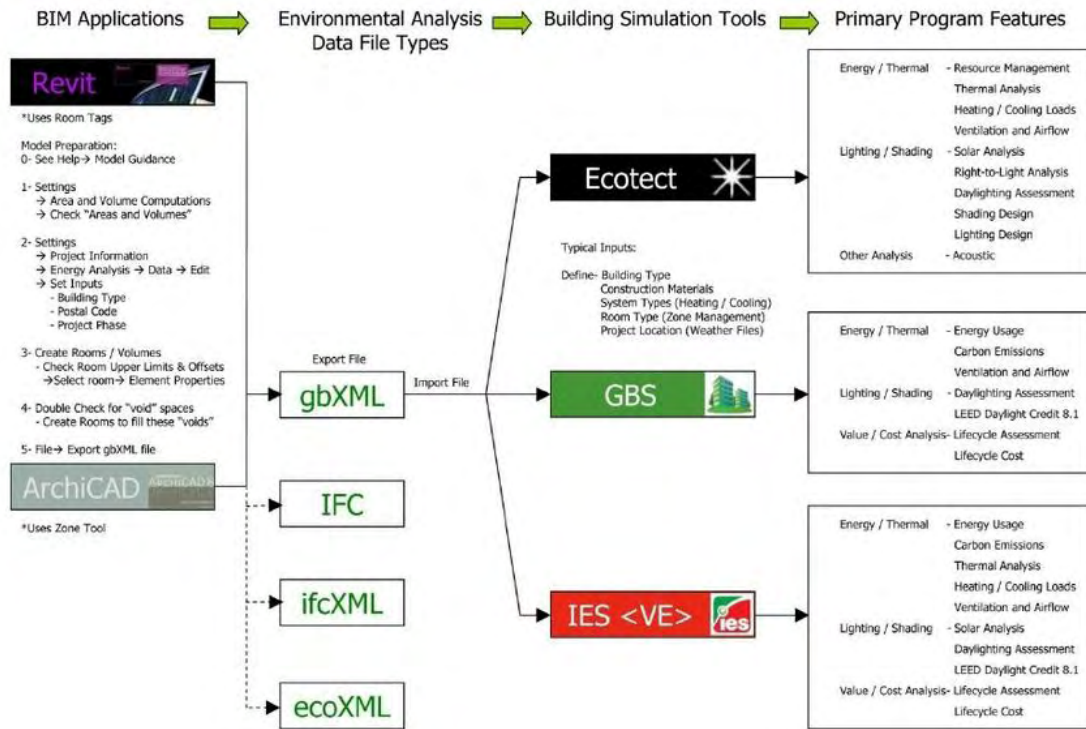
πολλά υπάρχοντα κτίρια κυριαρχούν οι ελλείψεις και παρωχημένες κτιριακές πληροφορίες, οι οποίες ενδέχεται να οδηγήσουν σε αναποτελεσματική διαχείριση του έργου, αβέβαια αποτελέσματα και απώλεια χρόνου ή αύξηση του κόστους στη συντήρηση ή στις διαδικασίες αποκατάστασης. Δεδομένου λοιπόν, ότι τα υπάρχοντα κτίρια συχνά στερούνται τεκμηρίωσης λόγω παράλειψης ενημέρωσης, αναμένεται περιορισμένη χρήση του BIM στα υφιστάμενα κτίρια.

Θα ακολουθήσει περιγραφή της εφαρμογής του BIM στα υφιστάμενα κτίρια για σκοπούς συντήρησης και ανακατασκευής. Επίσης, θα παρατεθούν ερευνητικές προσεγγίσεις σχετικά με τη λειτουργικότητα, το επίπεδο λεπτομέρειας, τις πληροφοριακές, τεχνικές και οργανωτικές δομές. (Volk κ.α., 2014).

Η δημιουργία μοντέλων BIM πραγματοποιείται με τη χρήση αντικειμενοστρεφών λογισμικών. Σύμφωνα με τον Watson (2011), οι ηγέτες της αγοράς BIM είναι οι δύο κυρίαρχοι προμηθευτές των παραδοσιακών προϊόντων CAD:

(α) η Autodesk με το Revit Architecture (αρχιτεκτονικά), Revit Structure (δομοστατικά) και Revit MEP (μηχανολογικά, ηλεκτρολογικά και υδραυλικά)

και (β) η Bentley Systems με την Bentley Architecture (αρχιτεκτονικά), Bentley Structural (δομοστατικά) και Bentley Mechanical Building Systems (κτιριακά μηχανολογικά συστήματα). Και οι δύο εταιρείες προσφέρουν μια σειρά από εξελιγμένα-ειδικά ανά τομέα και εξουσιοδοτημένα λογισμικά προγράμματα BIM συγγραφής που είναι δομημένα σε μια κοινή πλατφόρμα BIM και ως εκ τούτου είναι εσωτερικώς δια-λειτουργικά (Μανωλούδης, 2014).



Εικόνα 2. Τύποι δεδομένων για είσοδο και έξοδο από το λογισμικό Revit.  
(Πηγή: <https://www.autodesk.com/products/revit/overview>)

Το ArchiCAD κυκλοφόρησε για πρώτη φορά το 1984 και ακολούθως αναγνωρίστηκε ως το πρώτο αυθεντικό, εξουσιοδοτημένο λογισμικό BIM. Η Tekla Structural (δομοστατικά), η οποία αναπτύχθηκε από μια ηγέτιδα στην τρισδιάστατη (3D) κατασκευή μεταλλικών έργων λεπτομερούς εφαρμογής, περιορίζεται στο δομοστατικό τομέα. Διεθνώς τα λογισμικά Revit, Bentley, ArchiCAD και Tekla θεωρούνται οι καλύτερες στις πωλήσεις εξουσιοδοτημένες ψηφιακές πλατφόρμες BIM. Οι πιο ευρέως γνωστές εναλλακτικές λύσεις είναι πιθανόν η Vectorworks (από τη Nemetschek η οποία τώρα κατέχει την ArchiCAD) και η Digital Project (από την Gehry Technologies). (Μανωλούδης, 2014).

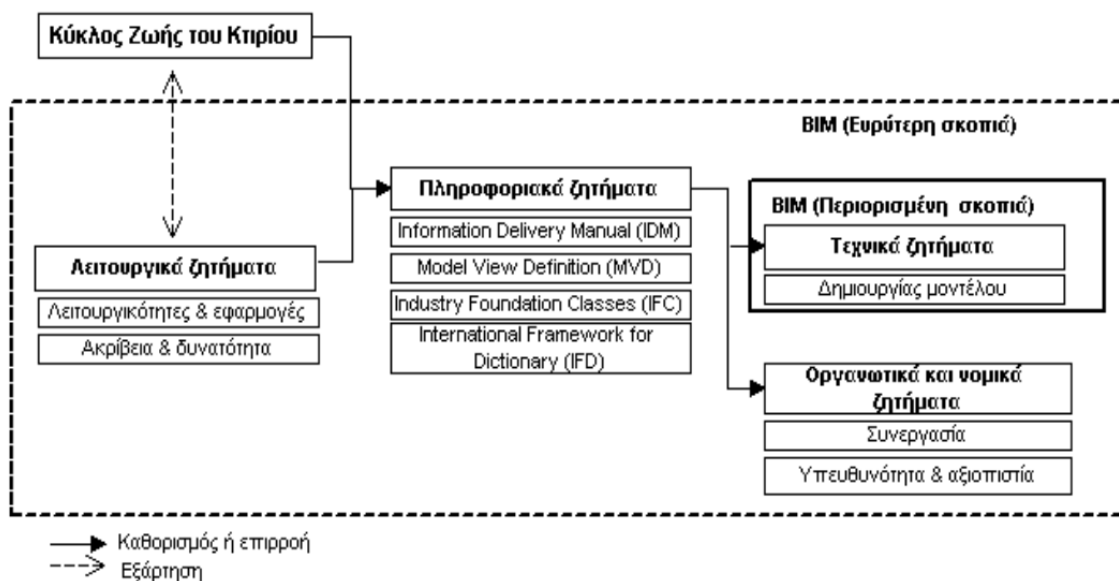
#### 4.4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ BIM

Οι διαδικασίες δημιουργίας BIM για νέα και υφιστάμενα κτίρια διαφοροποιούνται. Οι διαφορετικές διαδικασίες απεικονίζονται στην Εικόνα 3. Για τα νέα κτίρια, το BIM



δημιουργείται τμηματικά για όλα τα στάδια του κύκλου ζωής του κτιρίου ξεκινώντας από τη σύστασή του και συνεχίζοντας με τη διαρκή ενημέρωση, το σχεδιασμό και τη δημιουργία μέρους του παραδοτέου του έργου (Περίπτωση 1). Στα υφιστάμενα κτίρια η διαδικασία που θα ακολουθηθεί εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα ή μη προϋπάρχοντος BIM. Ανάλογα λοιπόν την περίπτωση μπορεί είτε να επικαιροποιηθεί είτε να δημιουργηθεί από την αρχή.

Το BIM, υπό μία ευρύτερη σκοπιά, μπορεί να διαιρεθεί σε αλληλοσυσχετισμένα λειτουργικά, πληροφοριακά, τεχνικά και οργανωτικά/νομικά ζητήματα. Ανάλογα με τις ανάγκες των εμπλεκόμενων μερών και τις απαιτήσεις του έργου, το BIM χρησιμοποιείται για να υποστηρίξει και να προσφέρει συγκεκριμένες υπηρεσίες στα κτίρια, όπως ενεργειακή και περιβαλλοντική ανάλυση. Έτσι λοιπόν, μπορούμε να πούμε ότι δύο ειδών εξειδικευμένων εφαρμογών μπορούν να αλληλεπιδράσουν με έναν μοντέλο BIM: 1) εφαρμογές εισαγωγής δεδομένων, και 2) εφαρμογές εξαγωγής δεδομένων, που παρέχουν αναφορές οι τεχνικές αναλύσεις, όπως η ενεργειακή ανάλυση.



Εικόνα 3. Σχέσεις μεταξύ σταδίων του κύκλου ζωής ενός έργου, και τον BIM διαδικασιών. (Πηγή: Volk et al, 2014, με αλλαγές)

Τα εξαγόμενα δεδομένα ή η λειτουργικότητα του BIM, εξαρτώνται από τα εμπλεκόμενα μέρη και τις απαιτήσεις του έργου, ανάλογα και με το στάδιο του κύκλου ζωής που βρίσκεται. Από την άλλη μεριά, οι λειτουργικότητες καθορίζουν τα πληροφοριακά και οργανωτικά ζητήματα, όπως για παράδειγμα, την ανταλλαγή

δεδομένων ή τις διαδικασίες επικοινωνίας. Αυτή η σχέση μπορεί να γίνει κατανοητή με το εξής παράδειγμα: εάν για ένα κτίριο απαιτείται ενεργειακή ανάλυση, τότε απαιτούνται και συγκεκριμένες πληροφορίες, όπως ο συντελεστής θερμοπερατότητας των στοιχείων, το επίπεδο ακτινοβολίας, ή ο προσανατολισμός του κτιρίου. Εάν αυτές οι πληροφορίες δεν είναι εγγενής με το μοντέλο BIM, τότε θα πρέπει να πραγματοποιηθεί μία διαρθρωμένη ανταλλαγή μεταξύ του BIM και μιας εξειδικευμένης λειτουργικότητας.

Συμπερασματικά, ανάλογα με την απαιτούμενη λειτουργικότητα, απαιτούνται και εξειδικευμένες δομικές πληροφορίες και δεδομένα ανταλλαγής. Οι λειτουργικές και πληροφοριακές απαιτήσεις καθορίζουν τα χαρακτηριστικά του μοντέλου μέσω της λεπτομέρειας των πληροφοριών και ακολούθως μέσω των διαδικασιών του δημιουργούμενου μοντέλου. Τα οργανωτικά και τα νομικά ζητήματα καθορίζουν τους ρόλους των εμπλεκόμενων στο έργο μερών, τα δικαιώματα όσον αφορά τις πληροφορίες του έργου και τις υποχρεώσεις.

## 5. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΕΛΕΤΩΝ

---

### 5.1 ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

---

Η μελέτη ενεργειακής απόδοσης και η μελέτη ενεργειακής αναβάθμισης κτιρίων, στην Ελλάδα γίνονται με εγκεκριμένα από την ειδική υπηρεσία επιθεωρητών ενέργειας του ΥΠΕΚΑ ενεργειακά λογισμικά, σε συμφωνία με την απόφαση 1935-6/12/10. Κριτήριο έγκρισης των υπολογιστικών εργαλείων, είναι να καλύπτουν το σύνολο των αναγκών της Ενεργειακής Επιθεώρησης & Πιστοποίησης Κτιρίων καθώς επίσης και την εκπόνηση ολοκληρωμένων Μελετών Ενεργειακής Απόδοσης ακολουθώντας κατά γράμμα τις Τεχνικές Οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου της Ελλάδος (ΤΟΤΕΕ), στο πλαίσιο του ΦΕΚ 407Β 9/4/2010 και του Νόμου 3661/2008. Κάποια από τα λογισμικά τα οποία αναπτύχθηκαν και εφαρμόζονται στην Ελλάδα, είναι τα εξής:

1. Το πρόγραμμα Energy Building της εταιρείας Civiltech
2. Το πρόγραμμα AutoKENAK της εταιρείας ART
3. Το πρόγραμμα Ecoline της εταιρείας ACE-HELLAS
4. Το πρόγραμμα 4M-KENAK της εταιρείας 4M

Τα συγκεκριμένα λογισμικά λειτουργούν όλα σύμφωνα με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (KENAK) και τις προδιαγραφές και πρότυπα της ελληνικής νομοθεσίας σχετικά με την ενεργειακή μελέτη.

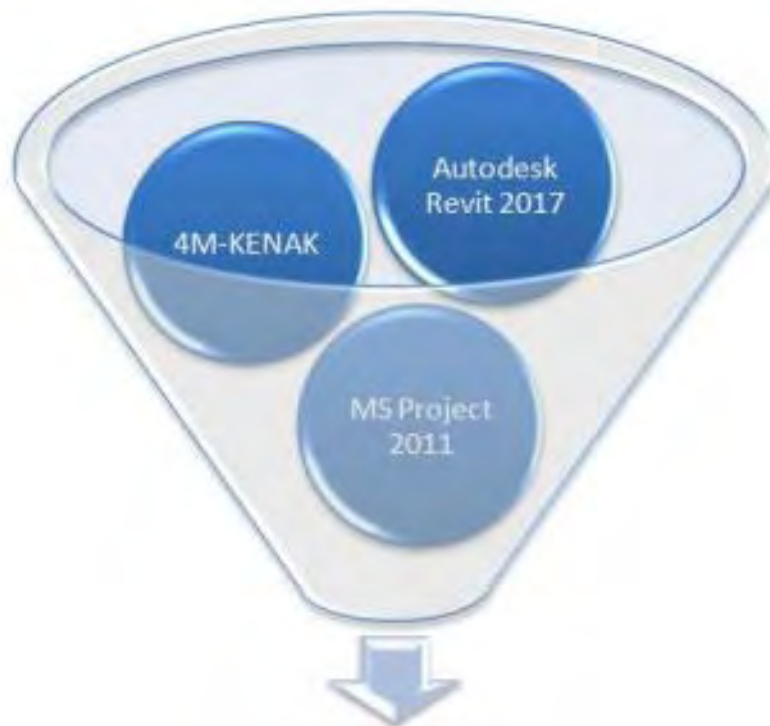
### 5.2 ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ

---

Τα λογισμικά που προαναφέρθηκαν έχουν σαν κύριο χαρακτηριστικό τους την δυνατότητα να συνεργάζονται στην συμβατότητα των δεδομένων που παράγουν. Έτσι για τον τρισδιάστατο σχεδιασμό του κτιρίου, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί το λογισμικό Autodesk Revit 2017 το οποίο αποτελεί μια πολύ καλή πλατφόρμα

μοντελοποίησης η οποία αξιοποιεί την καινούρια τεχνολογία BIM και στο εξωτερικό χρησιμοποιείται ευρέως. Η ενεργειακή ανάλυση της κατασκευής θα μπορούσε να γίνει το πρόγραμμα 4M-KENAK της εταιρείας 4M. Πρόκειται για ένα ελληνικό λογισμικό ενεργειακής μελέτης, το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως στη χώρα μας αρχής γενομένης από την εφαρμογή του Κ.Εν.Α.Κ. Για τον προγραμματισμό της κατασκευής όσον αφορά το χρόνο και το κόστος, καλή προσέγγιση σε ότι αφορά το κόστος χρήσης μπορεί να είναι το λογισμικό Microsoft Project 2011, πρόγραμμα που εφαρμόζεται ευρέως στο εξωτερικό αλλά και στη χώρα μας από επαγγελματίες του κλάδου για τη διοίκηση και διαχείριση τεχνικών έργων.

Τέλος ο συνδυασμός των προγραμμάτων για την τελική παραγωγή του ψηφιακού μοντέλου το οποίο αποτελεί το προσομοίωμα του κτιρίου, έγινε με το πρόγραμμα Autodesk Navisworks 2017. Πρόκειται για ένα εξαιρετικό εργαλείο BIM, το οποίο συνεργάζεται με το πρόγραμμα Autodesk Revit 2017 και με το MS Project 2011 και είναι αρκετά εύχρηστο αν κυρίως αναλογιστεί κανείς τη λειτουργία την οποία εκτελεί, δηλαδή την παραγωγή ψηφιακού βίντεο το οποίο προσομοιώνει την τελική υλοποίηση του κτιρίου σε όλες τις φάσεις.



Εικόνα 4. Συνδυασμός προγραμμάτων για τη δημιουργία της προσομοίωσης  
Πηγή: <https://www.autodesk.com/products/navisworks/overview>

Τα προγράμματα Autodesk Revit 2017, Autodesk Navisworks 2017 και Microsoft Project 2011, αποκτήθηκαν κατεβάζοντας το ελεύθερο λογισμικό που παρέχει η εταιρεία Autodesk και Microsoft σε φοιτητές και εκπαιδευτικό προσωπικό, μέσω των ιστοσελίδων τους. Το πρόγραμμα ενεργειακής ανάλυσης 4M-KENAK, είναι ένα ελληνικό πρόγραμμα το οποίο δεν παρέχεται δωρεάν, ούτε σε δοκιμαστική έκδοση για περιορισμένο χρονικό διάστημα.

### 5.3 ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ

---

Για τις ενεργειακές μελέτες των κτηρίων έπρεπε να δημιουργηθούν λογισμικά τα οποία να κάνουν ευκολότερους και ταχύτερους τους ενεργειακούς υπολογισμούς. Στα πλαίσια αυτά έγιναν διάφορες προσπάθειες για την ανάπτυξη τέτοιων λογισμικών τα οποία θα λάμβαναν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για το κτήριο και για τις συνθήκες του περιβάλλοντός τους και θα προσομοίωναν την ενεργειακή συμπεριφορά του.

Ένα από δημοφιλέστερα στις μέρες μας λογισμικό είναι το EnergyPlus το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως στην Αμερική αλλά και σε όλο τον κόσμο. Το EnergyPlus είναι μία μηχανή προσομοίωσης που δημιουργήθηκε από το Υπουργείο Ενέργειας των Ηνωμένων Πολιτειών, προέρχεται από την ένωση δύο ισχυρών προγραμμάτων ενεργειακής προσομοίωσης κτηρίων. Τα δύο αυτά προγράμματα είναι το BLAST (Building Loads Analysis and System Thermodynamics) και το DOE-2 τα οποία αναπτύχθηκαν στα τέλη του 1970 και αρχές του 1980 όταν το Υπουργείο Άμυνας της Αμερικής ξεκίνησε να χρηματοδοτεί το πρόγραμμα που στην συνέχεια έγινε το BLAST και το Υπουργείο Ενέργειας άρχισε να χρηματοδοτεί την ανάπτυξη του προγράμματος DOE-2. Ευαισθητοποιημένοι από την ενεργειακή κρίση στις αρχές του 1970 και αντιλαμβάνοντας ότι η ενεργειακή απαίτηση των κτηρίων είναι από τους μεγαλύτερους παράγοντες στην ενεργειακή κατανάλωση της Αμερικής, δημιούργησαν αυτά τα προγράμματα με σκοπό να βοηθήσουν μηχανικούς και αρχιτέκτονες να διαστασιολογήσουν το κατάλληλο σύστημα Θέρμανσης-Ψύξης-Κλιματισμού (HVAC), να διεξάγουν μελέτες για την ενεργειακή συμπεριφορά των κτηρίων κ.α. Πάνω σε αυτήν την προσπάθεια γεννήθηκε το Energy-plus. Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιείτε η 7<sup>η</sup> έκδοση του EnergyPlus η οποία έχει ελεγχθεί από την συγκριτική

μέθοδο Building Energy Simulation Test (BESTEST) της ANSI/ASHRAE Standard 140-2007. (Ashrae 2017).

Στην Ελλάδα κατόπιν της συμμόρφωσης με την Ευρωπαϊκή οδηγία του 2002 αναπτύχθηκε το λογισμικό ΤΕΕ ΚΕνΑΚ. Το ειδικό αυτό πρόγραμμα αναπτύχθηκε από την Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας, του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΙΕΠΒΑ) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) στο πλαίσιο του προγράμματος συνεργασίας με το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ). Το λογισμικό αυτό αποτελεί πλέον το κοινό σημείο αναφοράς για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων στην Ελλάδα και χρησιμοποιείται για την διαδικασία ενεργειακής επιθεώρησης με σκοπό την έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) (ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ, ΤΕΕ, 2017) . Το πρόγραμμα αυτό έχει αξιολογηθεί σύμφωνα με τις διαδικασίες του προγράμματος BESTEST του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (ΔΟΕ)

Το πρόγραμμα EnergyPlus αποτελείται από πολλές υπολογιστικές ενότητες που συνδυάζονται για τον υπολογισμό της απαιτούμενης ενέργειας για ψύξη και θέρμανση ενός κτηρίου, χρησιμοποιώντας διάφορα συστήματα και πηγές ενέργειας. Οι υπολογισμοί βασίζονται στις βασικές αρχές μετάδοσης θερμότητας. Το κτήριο σχεδιάζεται τρισδιάστατο στο προσαρμοσμένο σε αυτό πρόγραμμα γραφικής απεικόνισης Graphical User Interface ή GUI. Το πρόγραμμα αυτό είναι το Design Builder το οποίο διαθέτει αυτήν και πολλές άλλες δυνατότητες για την λεπτομερή περιγραφή του κτηρίου. Η έκδοση που χρησιμοποιήθηκε για την παρούσα έρευνα είναι η 2.5. Επίσης στο περιβάλλον του GUI προγράμματος διαχωρίζεται το κτήριο σε θερμικές ζώνες ανάλογα με την χρήση του κάθε χώρου και γίνεται η περιγραφή των επιμέρους στοιχείων του. Αυτά είναι η δομή των εξωτερικών/εσωτερικών τοίχων, της στέγης, των πυλωτών, των δαπέδων και οροφών καθώς και των ανοιγμάτων (κουφωμάτων). Επιλέγονται επίσης τα συστήματα που διαθέτει το κτήριο καθώς και τις ώρες και το ποσοστό λειτουργίας του κτηρίου την ημέρα αλλά και τον αριθμό των κατοίκων.

Το πρόγραμμα αυτό υπολογίζει την αλληλεπίδραση μεταξύ του κτιριακού κελύφους, του περιβάλλοντος και των συστημάτων με βηματικό υπολογισμό που ορίζει ο χρήστης. Μπορεί να εκτελέσει βηματικούς υπολογισμούς ανά 15 λεπτά, ανά ώρα ή ανά μήνα για μία δεδομένη χρονική περίοδο που επιλέγει ο χρήστης, όπως για χρόνια,

χρόνο ή μήνες. Για παράδειγμα, δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να κάνει υπολογισμούς ανά ώρα για 1 χρόνο σε ένα κτήριο ή ακόμα να κάνει υπολογισμούς ανά 15 λεπτά για 7 μήνες του έτους.

Επίσης ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την περίοδο εμφάνισης των αποτελεσμάτων είτε αυτή είναι ωριαία είτε μηνιαία ή ενός έτους (9). Τα αποτελέσματα επίσης μπορούν να εμφανιστούν σε kWh ή Mbtu καταναλισκόμενης ή πρωτογενούς ενέργειας. Για τη διεκπεραίωση των προσομοιώσεων από το πρόγραμμα, πέρα από τον λεπτομερή σχεδιασμό των κτηρίων γίνεται η χρήση κάποιων ειδικά διαμορφωμένων αρχείων τα οποία περιέχουν τις πληροφορίες των τοπικών κλιματολογικών συνθηκών για τα διαφορετικά μέρη στον κόσμο. Οι πληροφορίες που εμπεριέχουν είναι για παράδειγμα η θερμοκρασία ξηρού και υγρού βολβού, η σχετική υγρασία, η ατμοσφαιρική πίεση, η άμεση, διάχυτη και ολική ακτινοβολία κ.α. Τα αρχεία αυτά είναι Τυπικά Μετεωρολογικά Έτη (TME) και χρησιμοποιούνται συχνά από αυτού του είδους τα προγράμματα ενεργειακών προσομοιώσεων.

Τα αρχεία αυτά απλής μορφής, εμπεριέχουν ωριαίες τιμές θερμοκρασίας, υγρασίας, ταχύτητας αέρα, ατμοσφαιρικής πίεσης και ηλιακής ακτινοβολίας ή κάλυψης του ουρανού από σύννεφα. Αυτά τα δεδομένα είναι συνήθως τυπικές τιμές από ωριαίες μετρήσεις σε ένα συγκεκριμένο τόπο.

Οι πηγές των κλιματολογικών δεδομένων για τα προγράμματα ενεργειακών προσομοιώσεων χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες : τα “ιστορικά δεδομένα” και τα “τυπικά μετεωρολογικά έτη” (TME). Τα ιστορικά είναι απλά ρεαλιστικά δεδομένα που συνήθως μετριοούνται (μερικές φορές υπολογίζονται), σε μία συγκεκριμένη τοποθεσία για μία χρονική περίοδο. Τα τυπικά έτη διαμορφώνονται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να αντιπροσωπεύουν τις κλιματικές συνθήκες που θεωρούνται χαρακτηριστικές κατά τη διάρκεια μιας μακρόχρονης περιόδου. Ως εκ τούτου, τα δεδομένα που συνιστούν το TME δεν αποτελούν δείκτη των καιρικών συνθηκών, που θα επικρατήσουν κατά την διάρκεια του επόμενου έτους ή των επόμενων 5 ετών, αλλά αντιπροσωπεύουν συνθήκες που εκτιμώνται να είναι ρεαλιστικές κατά τη διάρκεια μιας μακράς χρονικής περιόδου 15, 20 ή 30 ετών. Το γεγονός ότι το TME αφορά τυπικές και όχι ακραίες συνθήκες, το καθιστά ακατάλληλο για τη μελέτη συστημάτων τα οποία σχεδιάζονται για να αντέχουν σε ακραίες συνθήκες στην περιοχή ενδιαφέροντος. Στη βιβλιογραφία, η αντιπροσωπευτική ωριαία χρονοσειρά είναι γνωστή και ως

Δοκιμαστικό Έτος Αναφοράς (Test Reference Year, TRY), Τυπικό Μετεωρολογικό Έτος (Typical Meteorological Year, TMY), Πρότυπο Έτος Αναφοράς (Design Reference Year, DRY), ή Έτος Καιρού για Ενεργειακούς Υπολογισμούς (Weather Year for Energy Calculations, WEYC). Οι παραπάνω διαφορετικοί όροι δεν συνιστούν μόνο διαφορετικό τρόπο απόδοσης της ονομασίας του τυπικού έτους, αλλά και διαφορετική μεθοδολογία, σύμφωνα με την οποία προκύπτει.

#### 5.4 ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΤΕΕ-KENAK

---

Το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ) ανέπτυξε ένα ειδικό λογισμικό για την καταχώρηση των απαραίτητων στοιχείων για τις ενεργειακές επιθεωρήσεις και τον αντίστοιχο υπολογισμό για την ενεργειακή κατάταξη των κτιρίων, το οποίο βρίσκεται σε λειτουργία από τον Οκτώβριο του 2010. Το λογισμικό ΤΕΕ-KENAK αναπτύχθηκε από την Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας, του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΙΕΠΒΑ) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) στο πλαίσιο του προγράμματος συνεργασίας με το ΤΕΕ. Το λογισμικό αυτό εφαρμόζει τους απαραίτητους αλγόριθμους για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων στην Ελλάδα, βασιζόμενο στην μεθοδολογία Ευρωπαϊκών προτύπων (ΕΛΟΤ EN ISO 13790, κ.α.) καθώς και στα σχετικά εθνικά πρότυπα και στις αντίστοιχες Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.

Στο λογισμικό εισάγονται δεδομένα σχετικά με τα γεωμετρικά και τεχνικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτηριακού κελύφους (θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών στοιχείων, σκιάσεις κ.α.), καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των απαραίτητων Η/Μ εγκαταστάσεων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης / ενεργειακής κατάταξης του κτηρίου. Τα δεδομένα και τα αποτελέσματα των υπολογισμών, εκτυπώνονται σε αντίστοιχες αναφορές του λογισμικού.

Συγκεκριμένα το ειδικό λογισμικό ΤΕΕ χρησιμοποιείται:

- Στην εκπόνηση Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατάταξης του κτιρίου.



- Στην Ενεργειακή Επιθεώρηση για την καταχώρηση των απαραίτητων στοιχείων και τον αντίστοιχο υπολογισμό για την ενεργειακή κατάταξη.

Το συγκεκριμένο λογισμικό αναπτύχθηκε με σκοπό να διαμορφωθεί μία κοινή μεθοδολογία και η μέγιστη αντικειμενικότητα, σε ότι αφορά στον υπολογισμό για την ενεργειακή κατάταξη των κτιρίων στις επιθεωρήσεις και στην έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης κτηρίου (ΠΕΑ). Το λογισμικό δεν υποστηρίζει τις μελέτες σχεδιασμού του κτηρίου (π.χ. αρχιτεκτονική μελέτη, μελέτη θέρμανσης, κλιματισμού και λοιπών Η/Μ εγκαταστάσεων), που υποβάλλονται για τα νέα κτήρια και οι οποίες πρέπει να προηγηθούν και είναι απαραίτητες για τους υπολογισμούς της Ενεργειακής Απόδοσης. Το λογισμικό ΤΕΕ-KENAK χρησιμοποιείται για την διαδικασία ενεργειακής επιθεώρησης, προκειμένου για τον υπολογισμό ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακής κατάταξη των κτηρίων, με σκοπό την έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης ΠΕΑ.

Για κάθε θερμική ζώνη, ή συνολικά για το κτίριο αν πρόκειται για μονοζωνικό κτίριο, καθορίζονται αρχικά οι γενικές πληροφορίες χρήσης και λειτουργίας. Η επιλογή χρήσης για την θερμική ζώνη συνδέεται με συγκεκριμένες εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας (επιθυμητή θερμοκρασία, υγρασία, απαιτούμενο αερισμό, επίπεδα φωτισμού και εσωτερικά κέρδη, ωράριο λειτουργίας, κ.α.).

Το λογισμικό με την επιλογή χρήσης, εισάγει αυτόματα για κάθε θερμική ζώνη συγκεκριμένες εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας, τόσο για το υπό επιθεώρηση κτίριο όσο και για το κτίριο αναφοράς.

Επιπλέον στο ΤΕΕ-KENAK υπάρχει η παράμετρος για την έκθεση του κτηρίου, όπου λαμβάνεται υπόψη η πυκνότητα δόμησης της περιοχής του κτηρίου. Κάποιες από τις παραμέτρους που εισάγονται στο λογισμικό κατά την ενεργειακή επιθεώρηση είναι καθαρά για στατιστικούς λόγους όπως τα τεχνικά χαρακτηριστικά για τους ανελκυστήρες, την ύδρευση, την άρδευση, την αποχέτευση του κτηρίου, κ.ά.

Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακής κατάταξης των κτηρίων που είναι τμήμα της Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης, χρησιμοποιούνται εξειδικευμένα εμπορικά λογισμικά τα οποία θα πρέπει να αξιολογούνται από την Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Ενέργειας (ΕΥΕΠΕΝ), του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ).

## 6. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ

---

### 6.1 ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ UAV

---

#### 6.1.1 Γενικά για την τεχνολογία

Τα μη επανδρωμένα συστήματα λήψης εικόνων συνιστούν ένα πολύτιμο εργαλείο για την απόκτηση δεδομένων. Η ευελιξία τους τα καθιστά κατάλληλα για τη συλλογή απομακρυσμένων δεδομένων σε επικίνδυνα ή και απρόσιτα από τον άνθρωπο περιβάλλοντα αλλά και σε περιοχές που απαιτούν άμεση παρακολούθηση καθώς συνδέονται με ιδιαίτερα κρίσιμα φαινόμενα (π.χ. πυρκαγιές, ηφαίστεια, διαρροές τοξικών ουσιών). Επίσης, εξασφαλίζουν την απόκτηση δεδομένων από απόσταση, με ταχύτητα και χαμηλό κόστος σε σχέση με τα επανδρωμένα αεροσκάφη.

Την διαρκή εξέλιξη της τεχνολογίας ακολουθούν και τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη. Έτσι, τα σύγχρονα UAVs μπορούν να πραγματοποιήσουν σημαντικής διάρκειας πτήσεις, οι οποίες κυμαίνονται από 30 λεπτά έως 30 ώρες. Επίσης, έχουν την δυνατότητα να φτάσουν σε μεγάλα ύψη πτήσης (έως και 3000m), εκτελώντας ακριβείς και επαναλαμβανόμενες σαρώσεις μιας περιοχής παρέχοντας έτσι το πλεονέκτημα της παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο ενώ τα τελευταία χρόνια κάνουν την εμφάνισή τους συστήματα στα οποία είναι δυνατός ο εκ των προτέρων προγραμματισμός της πτήσης με ιδιαίτερα μεγάλη ακρίβεια, μετατρέποντας κάθε επιχείρηση πλήρως αυτοματοποιημένη.

Σημαντικό πλεονέκτημα των UAVs είναι και το ιδιαίτερα χαμηλό κόστος λειτουργίας και επεξεργασίας των συλλεγμένων δεδομένων έναντι των συμβατικών εικονοληπτικών, επανδρωμένων αεροσκαφών. Τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη θεωρούνται ιδιαίτερα φιλικά προς το περιβάλλον καθώς η κίνηση τους γίνεται κατά την συντριπτική πλειοψηφία από ηλεκτροκινητήρες οι οποίοι έχουν μηδενικές εκπομπές ρύπων προς το περιβάλλον αλλά και τα επίπεδα θορύβου είναι πολύ χαμηλά έως και μηδενικά.

Ραγδαία είναι επίσης η εξέλιξη των εικονοληπτικών αισθητήρων που χρησιμοποιούνται στα UAVs. Σε αυτό έχει συντελέσει η συνεχόμενη διεύρυνση του

πεδίου εφαρμογής των μη επανδρωμένων αεροσκαφών που κάνουν επιτακτική την ανάγκη για ιδιαίτερα υψηλή χωρική ανάλυση. Αυτά τα δεδομένα, σε συνδυασμό και με την διαρκή εμφάνιση τεχνολογικών καινοτομιών στον τομέα των εικονοληπτικών αισθητήρων προσφέρουν ενδιαφέρουσες λύσεις που συνδυάζουν χαμηλό φορτίο και καλά ποσοστά χωρικής ανάλυσης των δεδομένων.

Όλα τα παραπάνω πλεονεκτήματα καθιστούν τα μη επανδρωμένα συστήματα ιδιαίτερα χρήσιμα εργαλεία σε εφαρμογές φωτογραμμετρίας και τηλεπισκόπησης. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ο βασικός λόγος που επιλέγονται είναι το σημαντικά χαμηλό κόστος της επιχείρησης, η ανάγκη για άμεση ανταπόκριση σε φυσικά φαινόμενα και το γεγονός ότι πρόκειται για συστήματα που μπορούν να πλοηγηθούν σε περιβάλλοντα στα οποία η πρόσβαση από τον άνθρωπο είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη ή και αδύνατη.

### **6.1.2 Το παράδειγμα το UAV eBee**

Ένα παράδειγμα UAV για την λήψη των πρωτογενών δεδομένων είναι το μη επανδρωμένο αεροσκάφος Ebee της εταιρείας senseFly. Πρόκειται για ένα UAV το οποίο ενσωματώνει καινοτόμες τεχνολογίες καθώς παρέχει στον χρήστη τη δυνατότητα πλήρως αυτοματοποιημένης πτήσης κατά την διάρκεια της οποίας ο χρήστης έχει καθαρά εποπτικό ρόλο.

Το βάρος του Ebee, συμπεριλαμβανομένου του αισθητήρα λήψης εικόνων, ανέρχεται σε 0,73 kg, γεγονός που προσδίδει ιδιαίτερη σημασία καθώς απαλλάσσεται από οποιονδήποτε κανονισμό αεροπλοΐας (βάρος <1kg). Το άνοιγμα των πτερυγίων του ανέρχεται σε 96εκ., ενώ είναι φτιαγμένο από εκτεταμένο προπυλένιο, το οποίο είναι ελαφρύς πλαστικός αφρός, ιδιαίτερα φιλικός προς το περιβάλλον, και από ανθρακόνημα με τα αμέτρητα πλεονεκτήματα που προσφέρει σαν υλικό, όπως το εξαιρετικά χαμηλό βάρος αλλά και η ιδιαίτερη αντοχή του.

Η κίνηση του αεροπλάνου εξασφαλίζεται μέσω μιας προπέλας η οποία τροφοδοτείται από έναν ηλεκτροκινητήρα συνεχούς ρεύματος ισχύος 160W. Ως πηγή ισχύος του Ebee χρησιμοποιείται μια επαναφορτιζόμενη μπαταρία τάσης 11,1V και

χωρητικότητας 2150mAh. Τέλος, ο εικονοληπτικός αισθητήρας που χρησιμοποιήθηκε στο Ebee είναι το μοντέλο IXUS 127HS RGB της εταιρείας CANON, με αισθητήρα CMOS μεγέθους 16,1MP, δυνατότητα οπτικού ζουμ 5x και με ενσωματωμένο οπτικό σταθεροποιητή εικόνας (OIS), τα οποία δίνουν τη δυνατότητα στην κάμερα να παίρνει υψηλής ποιότητας εικόνες σε συνθήκες γρήγορης μετακίνησης αλλά και αρκετά χαμηλού φωτισμού. (Πηγή: εγχειρίδιο κατασκευαστή, βλ. λίστα URL)

Το Ebee έχει την ικανότητα να πετάει αδιάκοπα για 40 λεπτά με ταχύτητες που κυμαίνονται από 40 έως 90 χλμ/ώρα ανάλογα με τις ρυθμίσεις του χρήστη. Επίσης, η ραδιοκεραία του μπορεί να εκπέμπει και να δέχεται σήματα από τον επίγειο σταθμό σε ακτίνα 3 χιλιομέτρων. Η μέγιστη επιφάνεια που μπορεί να καλύψει το συγκεκριμένο UAV είναι 8km<sup>2</sup> (σε ύψος πτήσης 974μ.) ενώ είναι ικανό να πετάει ακόμα και όταν επικρατούν άνεμοι ταχύτητας έως και 45χλμ/ώρα. Ως προς τις ακρίβειες που προσφέρει, η απόσταση μεταξύ των κέντρων των pixels μετρημένη στο έδαφος (GSD) μπορεί να φτάσει μέχρι το 1,5cm ανά pixel, ενώ η σχετική ακρίβεια του ορθομωσαϊκού ή του 3D μοντέλου κυμαίνεται από 1 έως 3 φορές το GSD. Η απόλυτη οριζόντια ακρίβεια φτάνει μέχρι και τα 3cm ενώ η κατακόρυφη μέχρι τα 5cm.

Για την επεξεργασία των εικόνων που λήφθηκαν μέσω του Ebee χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Post flight Terra 3D 3 της εταιρείας Pix4d, το οποίο συνοδεύει και τα UAVs της εταιρείας senseFly. Πρόκειται για ένα λογισμικό ιδιαίτερα φιλικό στο χρήστη, το οποίο προσφέρει αμέτρητες δυνατότητες παραμετροποίησης. Με αυτόν τον τρόπο ο χρήστης έχει την δυνατότητα να προσαρμόζει τον τρόπο επεξεργασίας των εικόνων ανάλογα με το είδος των συμπερασμάτων που θέλει να εξάγει από τα τελικά προϊόντα της επεξεργασίας των δεδομένων.

## 6.2 LASER SCANNERS ΚΑΙ 3D ΑΠΟΤΥΠΩΣΕΙΣ

---

Η αποτύπωση αντικειμένων και σχημάτων με οπτικά μέσα χρονολογείται στις αρχές του 19ου αιώνα, την ίδια χρονική περίοδο που έχει τις ρίζες της και η φωτογραφική τέχνη. Από τότε μέχρι σήμερα η τεχνολογία αποτύπωσης με οπτικά μέσα έχει προχωρήσει με ραγδαίους ρυθμούς. Αυτή η τεχνολογική εξέλιξη είναι πια μέρος της καθημερινής μας ζωής, π.χ. ένας τυπικός σαρωτής εγγραφών αποτελεί πλέον

αναπόσπαστο κομμάτι κάθε σύγχρονου γραφείου, καθώς επιτρέπει τη γρήγορη και αποτελεσματική ψηφιοποίηση οποιουδήποτε εγγράφου. Εξετάζοντας την ιδέα της ψηφιοποίησης για αντικείμενα τριών διαστάσεων, η διαδικασία απόκτησης τρισδιάστατων δεδομένων από πραγματικά αντικείμενα αποτελεί μείζον πρόβλημα ιδιαίτερα όταν η γεωμετρική τους πολυπλοκότητα ξεπερνά τα βασικά γεωμετρικά στερεά (σφαίρες, πυραμίδες, κύβους κ.α.). Παλαιότερα, η επίλυση του προβλήματος αυτού ήταν δύσκολη και οι τρόποι προσέγγισης χρονοβόροι. Η ανάπτυξη ισχυρών υπολογιστικών συστημάτων και ψηφιακών μετρικών διατάξεων κατάφεραν να καθιερώσουν μια συνεχώς εξελίξιμη αγορά τρισδιάστατων σαρωτών.

Η τοπογραφία αποτελούσε πάντα αναπόσπαστο κομμάτι του μηχανικού καθώς η χαρτογράφηση και η αποτύπωση του χώρου ήταν και συνεχίζει να είναι καθοριστική για κάθε είδους κατασκευαστικό έργο. Συνεπώς η εξέλιξή της και ο προσδιορισμός της ως επιστήμη κρίθηκε αναγκαία.

Στην κλασική τοπογραφία, όπως αποκαλούμε σήμερα, η χρήση των οργάνων όπως θεοδόλιχος και χωροβάτης αποτελούν τα κύρια όργανα αποτύπωσης και απεικόνισης κάθε επιφάνειας. Ο μηχανικός με μεθοδικότητα και ακρίβεια πρέπει να καταγράψει είτε ψηφιακά είτε σε συγκεκριμένα έντυπα, τις μετρήσεις κάθε σημείου στο χώρο για να μπορέσει στη συνέχεια να τα αναπαραστήσει στο χαρτί. Όλη αυτή η διαδικασία απαιτεί χρόνο, υπομονή και πολλές φορές αντοχή, λόγω της εργασίας του σε εξωτερικούς χώρους κάτω από διάφορες καιρικές συνθήκες. Αρκετά συχνά, εξαιτίας του ανάγλυφου του εδάφους και της περιοχής, πολλά απροσπέλαστα σημεία δυσκολεύουν την δουλειά του, με αποτέλεσμα ή να αφιερώσει πολύ περισσότερο χρόνο με διάφορες άλλες μεθόδους, ή να τις παραβλέψει, οπότε τα αποτελέσματα θα έχουν λιγότερη ακρίβεια.

Όπως κάθε επιστήμη έτσι και η τοπογραφία με το πέρασμα του χρόνου, παρουσιάζει εξέλιξη και πρόοδο. Στόχος αυτής της εξέλιξης ήταν και είναι η διευκόλυνση του μηχανικού στην πραγματοποίηση των μετρήσεων με λιγότερο χρόνο, άρα και κόστους, με την μέγιστη δυνατή ακρίβεια. Τα τελευταία χρόνια παρουσιάστηκε ένα νέο είδος οργάνου με την ονομασία Laser Scanner ή καλύτερα «ψηφιακός

σαρωτής». Αποτελεί μια νέα μέθοδο αποτύπωσης και γεωμετρικής τεκμηρίωσης κτιρίων, αρχιτεκτονικών και αρχαιολογικών μνημείων, μεγάλων τεχνικών έργων όπως οδικοί άξονες, γέφυρες, σήραγγες, φράγματα και γενικότερα ειδικών κατασκευών. Η τεχνολογία του βασίζεται στην πυκνή καταγραφή εκατομμυρίων σημείων (1.000.000 σημεία/sec) όπου με την κλασική τοπογραφία όπως την ξέραμε, θα ήταν αδύνατον να καταγραφούν τόσα πολλά σημεία για την αποτύπωση μιας επιφάνειας. Το εντυπωσιακό σε αυτά τα δεδομένα σάρωσης είναι ότι τα σημεία είναι υπολογισμένα σε xyz συντεταγμένες στο χώρο. Το Laser Scanner δημιουργεί ένα «νέφος σημείων» (pointcloud) αποτυπώνοντας πολύ πυκνά διακριτά σημεία της επιφάνειας του αντικειμένου.

Ο τρισδιάστατος σαρωτής στο πεδίο για μήκη που φτάνουν μέχρι και τα 2 χιλιόμετρα, σαρώνει το ανάγλυφο και η ψηφιακή πληροφορία μεταφέρεται στον ηλεκτρονικό υπολογιστή ως νέφος σημείων. Ως νέφος σημείων ορίζεται ένα σύνολο σημείων που μοιράζονται το ίδιο τρισδιάστατο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων. Κάθε σημείο φέρει πληροφορία που το τοποθετεί σε μία συγκεκριμένη θέση μέσα στον τρισδιάστατο χώρο και αντιστοιχεί σε μια θέση πάνω στην επιφάνεια του αντικειμένου που ψηφιοποιήθηκε. Η πληροφορία αυτή είναι τρεις διαφορετικές τιμές, μία για κάθε άξονα (x,y,z)

Η μεγάλη πυκνότητα των σημείων σε συνδυασμό με τη δυνατότητα της πληροφορίας του χρώματος σε κάθε σημείο, προσεγγίζει τον όρο «εικονική πραγματικότητα». Η λογική των σαρωτών laser μοιάζει αρκετά με αυτή των φωτογραφικών μηχανών. Και στις δύο περιπτώσεις αποτυπώνεται ένα κωνοειδές πεδίο με κορυφή το κέντρο του φακού. Φυσικά, επειδή οι σαρωτές λειτουργούν με ακτινοβολία laser που κατά βάση είναι οπτική ακτινοβολία, τα αντικείμενα που μπορούν να αποτυπώσουν (όπως οι φωτογραφικές μηχανές) θα πρέπει να είναι ορατά από το σημείο αποτύπωσης. Η εικόνα λοιπόν που καταγράφεται αποτελείται από στοιχεία της απόστασης των σημείων από τον σαρωτή και δεδομένα σχετικά με την θέση τους στον χώρο. Παρόλα αυτά, μία σάρωση δεν θα μπορούσε να δημιουργήσει σωστή και ολοκληρωμένη απεικόνιση του αντικειμένου. Συνήθως απαιτούνται αρκετές επαναλήψεις από διαφορετικές γωνίες και όψεις ώστε στο τέλος να δημιουργηθεί μια σωστή εικόνα. Αυτό πολλές φορές έχει να κάνει με την πολυπλοκότητα και το μέγεθος του αντικειμένου.

Συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεθόδους απεικόνισης θεωρείται κάπως ακριβή αλλά η χρησιμοποίηση της σε πολλές περιπτώσεις είναι μονόδρομος. Φυσικά σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να υποβαθμίζουμε την αξία και τις δυνατότητες των κλασικών γεωδαιτικών σταθμών. Ούτε φυσικά να υιοθετούμε ακραίες τάσεις όπως: «Οι σαρωτές Laser έφεραν τον θάνατο της κλασικής Τοπογραφίας». Όπως η Φωτογραμμετρία και το GPS, έτσι και το Laser Scanner ήρθε, για να πάρει την σωστή του θέση στην επιστημονική κοινότητα.

---

## 7. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ

---

### 7.1 ΓΕΝΙΚΑ

---

Ο αρχικός σχεδιασμός της εργασίας αυτής αφορούσε την ποσοτικοποίηση του βαθμού διείσδυσης των τεχνολογιών BIM και BEM στις ελληνικές επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στον κατασκευαστικό κλάδο. Οι κινήσεις που σχεδιάστηκαν ήταν προσέγγιση όσο γινόταν περισσότερο μελετητικών γραφείων για την συγκέντρωση όσο γινόταν περισσότερο πληροφοριών σχετικά με τα συστήματα που χρησιμοποιούν και τον βαθμό ενσωμάτωσης νέων τεχνολογιών. Δυστυχώς, παρότι δεν αντιμετωπίστηκε κάποια άρνηση από την μεριά των μηχανικών και των εργαζομένων στη μελέτη και σχεδιασμό κτιρίων, η συγκομιδή στατιστικής ήταν τόσο φτωχή που ακόμα και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων ήταν προβληματική. Η πολύ χαμηλή διείσδυση στην Ελληνική αγορά του BIM οφείλεται κυρίως λόγω της οικονομικής κρίσης που έχει πλήξει τον κλάδο των κατασκευών. Οι επιμέρους αιτιάσεις όπως αυτές αναδείχτηκαν από προσωπικές συνεντεύξεις είναι:

- Το αυξημένο κόστος χρήσης των λογισμικών BIM και BEM. Οι κοινότεροι τίτλοι λογισμικού παρέχονται νόμιμα με ετήσια συνδρομή χρήσης αυτό σημαίνει πως η χρήση τους αποτελεί πλέον πάγιο κόστος για την επιχείρηση. Αν δεν υπάρχει επαρκής απόσβεση το κόστος αυτό είναι παθητικό.
- Οι εργαζόμενοι δεν έχουν την απαιτούμενη εκπαίδευση για την χρήση τέτοιων συστημάτων και η επιμόρφωσή τους είναι αμφίβολης οικονομικής αποτελεσματικότητας και χρονοβόρα.
- Η αρχειοθήκη που παράγεται από την αποθήκευση επιμέρους έργων για μελλοντική χρήση δεν αποτελεί υπεραξία για την επιχείρηση αφού η ζήτηση από την αγορά είναι μικρή και η επαναχρησιμοποίηση της αμφίβολη
- Το υπερβάλλον κόστος για τη χρήση τέτοιων τεχνολογιών δεν καλύπτεται από τους πελάτες που το θεωρούν υπερβάλλον.

Ωστόσο ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα όπου BIM εφαρμόστηκε επιτυχώς είναι το κέντρο πολιτισμού του ιδρύματος Σταύρος Νιάρχος. Πέρα όμως από αυτό το παράδειγμα η διείσδυση παραμένει χαμηλή



## 7.2 ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Η έρευνα ξεκίνησε με την πρόθεση να καταγραφούν οι ειδικές απαιτήσεις και οικονομικοί περιορισμοί των επιχειρήσεων που εμπλέκονται στην αγορά εκπόνησης μελετών για ανέγερση νέων ή επεμβάσεις σε υφιστάμενα κτίρια. Η προσπάθεια έγινε με τη χρήση ερωτηματολογίου που σχεδιάζόταν να περιέχει τις απαντήσεις σε κλειστού τύπου ερωτήσεις. Γρήγορα όμως έγινε αντιληπτό πως μια τέτοια προσέγγιση δεν θα ήταν καρποφόρα κυρίως από την πολύ μικρή προσέλευση, την άρνηση των ερωτώμενων να μετάσχουν σε μια ανάλογη έρευνα και τον περιοριστικό χαρακτήρα που οι κλειστού τύπου ερωτήσεις ενείχαν. Η τελική προσέγγιση που με την αρχική πρόθεση της έρευνας που πραγματοποιήθηκε .

Σύμφωνα με την έρευνα που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της εργασίας σε ένα σύνολο 25 επιχειρήσεων στον κατασκευαστικό τομέα της Ελλάδας (το δείγμα αφορά τις πόλεις της Κεντρικής Ελλάδας και της Δυτικής Μακεδονίας) τα ποσοστά των ατόμων που γνωρίζουν περιεκτικά τι είναι το BIM είναι 3 ενώ κανένας από αυτούς δεν έχει χρησιμοποιήσει ούτε γνωρίζουν κάποιον που να έχει χρησιμοποιήσει BIM. Παρ' όλα αυτά οι ερωτώμενοι δείχνουν πρόθεση να εκπαιδευτούν στις δυνατότητες του και να μάθουν τα προτερήματα του, δυσκολεύονται όμως να επενδύσουν χρήματα, καθώς έχουν πληγεί από τη οικονομική κρίση. Παρουσιάζονται δε αρκετά απαισιόδοξοι ως προς τις δυνατότητες του κλάδου στο μέλλον. Αν συγκριθούν τα αποτελέσματα της έρευνας με αντίστοιχες του εξωτερικού διακρίνει κανείς, πολύ μεγάλες διαφορές στο βαθμό υιοθέτησης του BIM. Σε ανάλογα και μικρότερα ποσοστά βρίσκεται η γνώση σχετικά με το BEM ενώ η ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων αποκτά οικονομικό ενδιαφέρον κυρίως λόγω του σχετικού νομοθετικού πλαισίου που αφορά την έκδοση πιστοποιητικών ενεργειακής συμπεριφοράς και των ανάλογων κοινοτικών προγραμμάτων για την ενίσχυση των υπαρχόντων κατοικιών.

### 7.2.1 Απαντήσεις σε ότι αφορά τη χρήση BIM/BEM

Ο βαθμός εισχώρησης της παραπάνω μεθοδολογίας είναι ο πλέον απογοητευτικός. Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει τις απαντήσεις που δώσαν σε σχέση με την ανάλογη

τεχνολογία τα μέλη των μελετητικών γραφείων με τα οποία υπήρξε σχετική συνέντευξη.

Πίνακας 1. Απαντήσεις που αφορούν τη χρήση BEM

α/α	Θεματικός άξονας/απαντήσεις
1	7/25 ΜΟΝΟ ΔΗΛΩΣΑΝ ΠΩΣ ΓΝΩΡΙΖΟΥΝ ΤΙΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ BIM
2	ΚΑΝΕΝΑΣ ΔΕΝ ΕΙΧΕ ΕΜΠΕΙΡΙΑ ΧΡΗΣΗΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ BIM
3	ΣΧΕΔΟΝ ΟΛΟΙ ΘΕΩΡΟΥΣΑΝ ΤΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ BEM ΣΑΝ ΑΠΛΗ ΠΡΟΕΚΤΑΣΗ ΤΩΝ CAD
4	12/25 ΘΕΩΡΟΥΝ ΔΥΣΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕΓΑΛΟ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΧΡΗΣΗΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΑ ΟΦΕΛΗ
5	20/25 ΔΕΝ ΠΙΣΤΕΥΟΥΝ ΠΩΣ ΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΙ ΥΠΕΡΑΞΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ

### 7.2.2 Απαντήσεις σε ότι αφορά τη χρήση λογισμικών προσομοίωσης κτιρίων

Σε ότι αφορά τα λογισμικά και τις τεχνολογίες που αφορούν την προσομοίωση λειτουργιών κτιρίων, η διείσδυση της τεχνολογίας είναι μεγαλύτερη. Σαντό μεγάλο ρόλο έχουν και οι περιορισμοί στις μελέτες που προέρχονται από την νομοθεσία και είναι ενσωματωμένες στις λειτουργίες του λογισμικού.

Πίνακας 2. Απαντήσεις που αφορούν τη χρήση λογισμικών προσομοίωσης κτιρίων

α/α	Θεματικός άξονας/απαντήσεις
1	20/25 ΘΕΩΡΟΥΝ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΑΥΤΟΥ ΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΗ
2	22/25 ΘΕΩΡΟΥΝ ΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΗ ΓΙΑ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.

3	24/25 ΘΕΩΡΟΥΝ ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΗ ΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ.
4	19/25 ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ ΕΤΕΡΟΧΡΟΝΙΣΜΕΝΑ ΑΚΟΜΑ ΚΑΙ ΑΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΕΣ ΠΟΥ ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΠΙΑ

### 7.2.3 Απαντήσεις σε ότι αφορά τη χρήση τεχνολογιών αποτύπωσης

Οι τεχνολογίες της κατηγορίας συγκεντρώνουν την μεγαλύτερη αποδοχή. Ο λόγος που δίνεται από τους ερωτηθέντες σε αυτό είναι πως το οικονομικό αποτέλεσμα της χρήση τους είναι άμεσο και η εξοικονόμηση κόστους και πόρων άμεσα υπολογίσιμη.

Πίνακας 3. Απαντήσεις που αφορούν τη χρήση τεχνολογιών καταγραφής

α/α	Θεματικός άξονας/απαντήσεις
1	24/25 ΔΗΛΩΣΑΝ ΠΕΠΕΙΣΜΕΝΟΙ ΠΩΣ Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥΣ, ΑΠΟΦΕΡΕΙ ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΕΜΦΑΝΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ
2	21/25 ΔΗΛΩΣΑΝ ΠΩΣ ΘΑ ΜΕΤΕΒΑΙΝΑΝ ΣΤΙΣ ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ 3D
3	ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΟΙ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΜΙΣΟΥΣ ΗΔΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ DRONE ΓΙΑ ΕΠΙΔΑΦΕΙΑ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ

Οι ανεπτυγμένες ευρωπαϊκές χώρες στον τομέα των κατασκευών έχουν υιοθετήσει την τεχνολογία του BIM, τόσο στο στάδιο της μελέτης όσο και της κατασκευής των μεγαλύτερων project παγκοσμίως. Στην Ελλάδα το Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος ήταν το πρώτο έργο σε τέτοια κλίμακα το οποίο σχεδιάστηκε σε περιβάλλον BIM. Επίσης, οι ελληνικές εταιρείες άρχισαν να δείχνουν ενδιαφέρον για την νέα τεχνολογία και να προσφέρουν τα προϊόντα τους, ψηφιακά παραμετροποιημένα στον αρχιτέκτονα. Η σύμπραξη κατασκευαστών υλικών με μελετητές είναι ένα κίνητρο για την δημιουργία βάσεων και καταλόγων BIM αρχείων που μπορούν να χρησιμοποιούνται ελεύθερα στις

φάσεις μελέτης κατασκευών. Από παράδειγμα μιας τέτοιας συνεργασίας μεταξύ μηχανικού και κατασκευαστή-προμηθευτή είναι η συνεργασία της Alumil S.A με το αρχιτεκτονικό γραφείο TParchitects. Στόχος ήταν η δημιουργία ενός καταλόγου BIM αρχείων για τα προϊόντα της εταιρείας, τα οποία και είναι διαθέσιμα στους αρχιτέκτονες, το οποίο αποτελεί την μεγαλύτερη ελεύθερα προσβάσιμη βιβλιοθήκη BIM αρχείων. ([www.bimobject.com](http://www.bimobject.com))

---

## 8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

---

Παρόλο που το BIM είναι σχετικά καινούργια σαν τεχνολογία, ο ρυθμός υιοθέτησης από τη βιομηχανία είναι αργός. Λόγω όμως των εξαιρετικών οφελών που έχουν αποκομιστεί από τις πρώτες εφαρμογές του, κυριαρχεί η σιγουριά ότι η χρήση του θα επεκταθεί και θα καταλήξει να είναι αναπόσπαστο μέρος της μελετητικής και κατασκευαστικής διαδικασίας.

Πολύ συνοπτικά, τα οφέλη του BIM αναφέρονται κυρίως σε:

- Βελτιωμένη αποδοτικότητα στη μελέτη και τη κατασκευή εξαιτίας της εύκολης διάθεσης πληροφοριών.
- Άμεση ανανέωση και μεγαλύτερη ακρίβεια σχεδίων.
- Μεγαλύτερη ακρίβεια μετρήσεων, κόστους και καλύτερης ποιότητας μελέτη.
- Μελέτη ενεργειακής απόδοσης πολύ γρήγορα και πολύ νωρίς στη μελετητική διαδικασία.
- Γρηγορότερη παράδοση έργου.
- Έλεγχος κατασκευασιμότητας που οδηγούν σε μείωση του ρίσκου και του κόστους.

Παρ' όλα τα διαδικαστικά πλεονεκτήματα που βγαίνουν μέσα από την προηγμένη τεχνολογία και τις αποδοτικότερες λειτουργίες, η πραγματική αξία του BIM βρίσκεται στην «υπεραξία» θα λέγαμε που προδίδει. Η υπεραξία αυτή αναφέρεται σε όλες εκείνες τις δυνατότητες συνέργειας και σχέσης τόσο μεταξύ των εμπλεκόμενων επαγγελματιών, όσο και μεταξύ επαγγελματία – πελάτη. Η υπεραξία αυτή φαίνεται σε κάθε στάδιο. Το BIM αποτελεί ουσιαστικά μια πλατφόρμα διεπιστημονικής συνεργασίας και επικοινωνίας που επιτρέπει στον χρήστη – πελάτη και στους εμπλεκόμενους επαγγελματίες να συμμετέχουν ενεργά στη μελέτη και το σχεδιασμό

του έργου από πολύ νωρίς. Οι ενδιαφερόμενοι μπορούν να παρακολουθούν την πορεία του κόστους, να εξετάσουν σχεδιαστικές στρατηγικές – επιλογές και να εκτιμήσουν την ενεργειακή απόδοση, πολύ γρήγορα και από τα πρώτα στάδια της μελέτης. Με την εφαρμογή της πρακτικής BIM διευκολύνονται γενικά διαδικασίες και αναλύσεις που έως τώρα ήταν πολύ περίπλοκες, χρονοβόρες και ακριβές κατά την πραγματοποίησή τους.

Για κάποιους το Building Information Modeling αποτελεί απλά μια προσθήκη της μόδας στο επίπεδο της βιομηχανίας. Για αρκετούς το Building Information Modeling είναι το μέλλον. Τα πραγματικά οφέλη και οι αποδοτικοί τρόποι χρήσης του ακόμα ερευνούνται και εμπλουτίζονται. Παρ' όλα αυτά το BIM, τόσο σαν τεχνολογία όσο και σαν λειτουργική διαδικασία, είναι εδώ. Ήδη πολλές εταιρίες και επαγγελματίες, παραβλέποντας το κόστος και την καμπύλη μάθησης, πιστοποιούν τα πολλαπλά οφέλη και το γεγονός ότι είναι εδώ για να μείνει.

## 9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

### A. ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

Αναγνωστόπουλος Γεώργιος (2012), «Χώρος χρόνος χρήμα: Building Information Management @ Revit», Διάλεξη 2012/7, Ε.Μ.Π., Αθήνα, Μάρτιος 2012/σελ6

Βενέρης Ιωάννης(2012), «ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ: Έννοιες και Τεχνολογίες», Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ

Διεθνής Επιτροπή Προτύπων BIM - National BIM Standards Committee - NBIMS.

Μανωλιούδης , Α. (2014). Μοντελοποίηση κτιριακών πληροφοριών (BIM - Building Information Modeling) για κατασκευαστικές επιχειρήσεις. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο .

Πολύζος Α. (2016). Μια γενική ανάλυση του Building Information Modeling, BIM. Ανάκτηση από Μια γενική ανάλυση του Building Information Modeling, BIM: <https://www.scribd.com/document/346628517/Building-Information-Modeling-BIM-ΠΟΛΥΖΟΣ>

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ. ΤΕΕ . Το λογισμικό ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ. [Ηλεκτρονικό] [Παραπομπή: 25 4 2017.]

[http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC\\_WORK/GR\\_ENERGEIAS/](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/)

### B. ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

ASHRAE Standard 140. Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs. s.l. : American Society of Heating, Refrigerating and AirConditioning Engineers, Inc., 2004.

Bazjanac, V., (2001). Acquisition of Building Geometry in the Simulation of Energy Performance, in: Building Simulation 2001, 7th International IBPSA

Conference, Rio De Janeiro. International Building Performance Simulation Association, Rio de Janeiro

Bazjanac, V., Maile, T., Rose, C., O'Donnell, J., Mrazović, N., Morrissey, E., Welle, B., (2011). An Assessment of the use of Building Energy Performance Simulation in Early Design, in: IBPSA Building Simulation 2011. Sydney, Australia. IBPSA, Sydney, Australia.

Farin, Gerald, Hoschek, Josef, Kim, Myung Soo, (2002) «Handbook of Computer Aided Geometric Design», Εκδόσεις North Holland, Amsterdam, (2002).

Hamedani Massih Nilfroushan & Smith Ryan E (2015), Evaluation of performance modelling: optimizing simulation tools to stages of architectural design *Procedia Engineering* 118 ( 2015 ) 774 – 780

International Conference on Sustainable Design, Engineering and Construction

Kunz John & Fischer Martin (2009), *Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions*, Stanford University CIFE Working Paper #97, 10/2009

Krygiel Eddy, Nies Brad (2008) *Green BIM-Successful Sustainable Design with Building Information Modeling*, Wiley Publishing, Inc,(2008).

Reeves Thomas, Olbina Svetlana and Issa Raja R. A., (2005), Guidelines for Using Building Information Modeling for Energy Analysis of Buildings, *Buildings* 2015, 5, 1361-1388; doi:10.3390/buildings5041361

Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings – Literature review and future needs. *Automation in Construction*, 38, 109–127. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023>

Watson, Alastair. (2011). Digital Buildings – Challenges and Opportunities. *Advanced Engineering Informatics*. 2011, 25, (σελ. 573-581).



## Γ. ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

---

[1] [https://thebimhub.com/2017/06/30/bim2bem-integration-bim-bem-in-architecture-today/#.XRMKSq\\_VKM](https://thebimhub.com/2017/06/30/bim2bem-integration-bim-bem-in-architecture-today/#.XRMKSq_VKM)

Ιστότοπος με αρθρογραφία που αφορά τις εφαρμογές BIM (Πρόσβαση Μαιος 2019)

[2] [https://www.sensefly.com/fileadmin/user\\_upload/sensefly/documents/](https://www.sensefly.com/fileadmin/user_upload/sensefly/documents/)

Ιστότοπος του κατασκευαστή του eBee (Πρόσβαση Μαιος 2019)