



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Π.Μ.Σ. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΓΗΣ & REAL ESTATE

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Η συμβολή της τρισδιάστατης σάρωσης και του BIM στο real estate

Ηλίας Κάκος

ΑΜ: 21106

Επιβλέπων:

Βασίλειος Παγούνης

Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.

Αθήνα, Οκτώβριος 2024



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
DEPARTMENT OF SURVEYING AND GEOINFORMATICS
ENGINEERING
M.Sc. LAND MANAGEMENT & REAL ESTATE

Diploma Thesis

The contribution of 3D scanning and BIM to real estate

Ilias Kakos

Registration Number: 21106

Supervisor:

Vasileios Pagounis

Professor UNI.W.A.

Athens, October 2024



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Π.Μ.Σ. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΓΗΣ & REAL ESTATE

Τίτλος εργασίας

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

Α/α	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΠΑΓΟΥΝΗΣ	ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΠΑ.Δ.Α.	
2	Δρ. ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΗΛΙΟΔΡΟΜΙΤΗΣ	ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΣ ΥΠΟΤΡΟΦΟΣ ΠΑ.Δ.Α.	
3	Δρ. ΕΛΙΣΑΒΕΤ ΤΣΙΛΙΜΑΝΤΟΥ	ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΣ ΥΠΟΤΡΟΦΟΣ ΠΑ.Δ.Α.	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Ηλίας Κάκος του Μαρίνου, με αριθμό μητρώου 21106 φοιτητής του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΓΗΣ & REAL ESTATE» του Τμήματος Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών



Στους γονείς μου, τους αδερφούς μου και στη σύζυγό μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέπων καθηγητή μου κ. Βασίλειο Παγούνη για την υποστήριξή και την επιστημονική καθοδήγησή του, στην εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη παρούσα διπλωματική εργασία αναδεικνύεται ο τρόπος με τον οποίο η τρισδιάστατη σάρωση και η μοντελοποίηση κτιριακών πληροφοριών (BIM) μπορούν να ενισχύσουν τον τομέα των ακινήτων. Δίνεται έμφαση στον εξελισσόμενο ρόλο της τεχνολογίας στην ακίνητη περιουσία, υποστηρίζοντας καινοτόμες προσεγγίσεις που μπορούν να οδηγήσουν στην επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος. Υπάρχουν αναφορές σε τρέχουσες ακαδημαϊκές και πρακτικές εφαρμογές στο πλαίσιο της διαχείρισης ακινήτων, τονίζοντας τη διασταύρωση των τεχνολογικών εξελίξεων και των παραδοσιακών πρακτικών. Συνολικά, παρουσιάζεται μια λεπτομερή διερεύνηση του αντίκτυπου των πρακτικών εφαρμογών της τρισδιάστατης σάρωσης και του BIM στον κλάδο των ακινήτων, προτείνοντας μεθοδολογίες και καινοτομίες στον τομέα. Για την επίτευξη των παραπάνω εξετάζεται με τη μέθοδο της μελέτης περίπτωσης μια μονοκατοικία στη Λυκόβρυση.

Λέξεις Κλειδιά: πληροφοριακό μοντέλο κτιρίου, Επίπεδο ανάπτυξης, 3D σάρωση, νέφος σημείων, scan-to-BIM, περιήγηση VR, real estate

ABSTRACT

This thesis seeks to explore how 3D scanning and building information modelling (BIM) can enhance the real estate sector. The evolving role of technology in real estate is emphasized, supporting innovative approaches that can lead to achieving the desired outcome. There are references to current academic and practical applications within property management, highlighting the intersection of technological developments and traditional practices. Overall, it aims to present a detailed exploration of the impact of practical applications of 3D scanning and BIM in the property industry, suggesting methodologies and innovations. To achieve the above, a house in Lykovrisi is examined using the case study method.

Keywords: Building Information Modeling (BIM), LOD, 3D laser scanning, point cloud, scan-to-BIM, VR tour, real estate

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
ABSTRACT	8
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	10
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	10
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: 3D Μοντελοποίηση πληροφοριών κατασκευής.....	12
1.1 Ιστορική αναδρομή του BIM.....	13
1.2 Σύγκριση και μετάβαση από το 2D CAD στο BIM	14
1.3 Λογισμικά BIM	15
1.4 Διαστάσεις του BIM.....	18
1.4.1 BIM 3D: Γεωμετρική απεικόνιση	20
1.4.2 BIM 4D: Προγραμματισμός έργου και προσομοίωση εργασιών	21
1.4.3 BIM 5D: επιμέτρηση υλικών και έλεγχος κόστους.....	21
1.5 LOD Επίπεδο λεπτομέρειας-ανάπτυξης σχεδιασμού	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Τρισδιάστατη σάρωση	25
2.1 Ιστορική αναδρομή στη χρήση νέφους σημείων (point cloud)	25
2.2 Κατηγορίες Σαρωτών	26
2.2.1 Σαρωτές επαφής	27
2.2.2 Σαρωτές απόστασης	28
2.3 Επεξεργασία δεδομένων νέφους σημείων	30
2.4 Ενσωμάτωση της τρισδιάστατης σάρωσης στο BIM	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Εικονική περιήγηση	32
3.1 Εικονική πραγματικότητα μέσω μοντέλων BIM.....	32
3.1 Προγράμματα 3D περιήγησης.....	33
3.1.1 Πρόγραμμα 3DVista.....	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Μελέτη περίπτωσης (case study)	37
4.1 Μοντελοποίηση βάσει οικοδομικής άδειας.....	37
4.2 Μετρήσεις/Σαρώσεις.....	38
4.3 Ένωση και επεξεργασία σαρώσεων	38
4.4 Scan-to-BIM.....	40
4.5 3DVista Virtual Tour Pro	43
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	46
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	47
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α'	49
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β'	51
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ'	63
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ'	71

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Κύκλος ζωής του BIM (Nardelli, 2019).	12
Εικόνα 2: Evolution of BIM from the 1970s to the present day (Saznizam Sazmee Sinoh, 2020).....	13
Εικόνα 3: Επίπεδο ανάπτυξης του μοντέλου BIM σε LOD 100-500 (monarch-innovation, 2023).....	24
Εικόνα 4: Τρισδιάστατη σάρωση (Hexagon, 2021).	25
Εικόνα 5: Κατηγοριοποίηση σαρωτών (Συμεωνίδης, 2007)	26
Εικόνα 6: Φορητός Σαρωτής επαφής CMM τύπου βραχίονα (Future Technology Systems A.E., n.d.)	27
Εικόνα 7: Σαρωτής επαφής CMM τύπου Γέφυρας (Future Technology Systems A.E., n.d.)..	27
Εικόνα 8: Σαρωτής αποστάσεως Leica RTC360 (Hexagon AB, n.d.).....	29
Εικόνα 9: Σαρωτής αποστάσεως Matterport Pro3 (Matterport Inc., n.d.).....	29
Εικόνα 10: Αισθητήρας σημείων και γραμμής λέιζερ με βάση τριγωνισμό (Kainat, 2016). ...	29
Εικόνα 11: Σαρωτές δομημένης ακτίνας StereoScan neo (Hexagon AB, n.d.).....	30
Εικόνα 12: Μοντελοποίηση οικοδομικής άδειας	37
Εικόνα 13: Ομάδες των σαρώσεων (bundles).....	39
Εικόνα 14: Ένωση νεφών με τη χρήση του εργαλείου visual alignment στους άξονες X και Ψ	39
Εικόνα 15: Ένωση νεφών με τη χρήση του εργαλείου visual alignment στον άξονα Z	40
Εικόνα 16: Καθαρισμός νέφους στο πρόγραμμα Autodesk ReCap 2024	41
Εικόνα 17: 3D απεικόνιση νέφους σημείων στο αρχικό μοντέλο βάσει οικοδομικής άδειας..	41
Εικόνα 18: Τομή νέφους σημείων στο αρχικό μοντέλο βάσει οικοδομικής άδειας.....	42
Εικόνα 19: Μοντέλο scan to BIM	42
Εικόνα 20: Δημιουργία πανοραμάτων από το πρόγραμμα Cyclone REGISTER 360 PLUS...43	
Εικόνα 21: Προεπισκόπηση «Preview» περιήγησης από το 3DVista.....	44

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Διαστάσεις του BIM σε ερευνητικές εργασίες	20
Πίνακας 2: Προγράμματα 3D περιήγησης	35

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο 1, αναφέρεται η Μοντελοποίηση Κτιριακών Πληροφοριών (BIM) στο κατασκευαστικό κλάδο για την αυτοματοποίηση και τη βελτίωση διαδικασιών από το σχεδιασμό έως τη διαχείριση κτιρίων. Ιστορικά, ξεκίνησε με την ανάπτυξη λογισμικού CAD στη δεκαετία του 1970 και εξελίχθηκε σε σύστημα BIM. Οι βασικές διαστάσεις του BIM περιλαμβάνουν τις 3D (γεωμετρία), 4D (χρόνος) και 5D (κόστος).

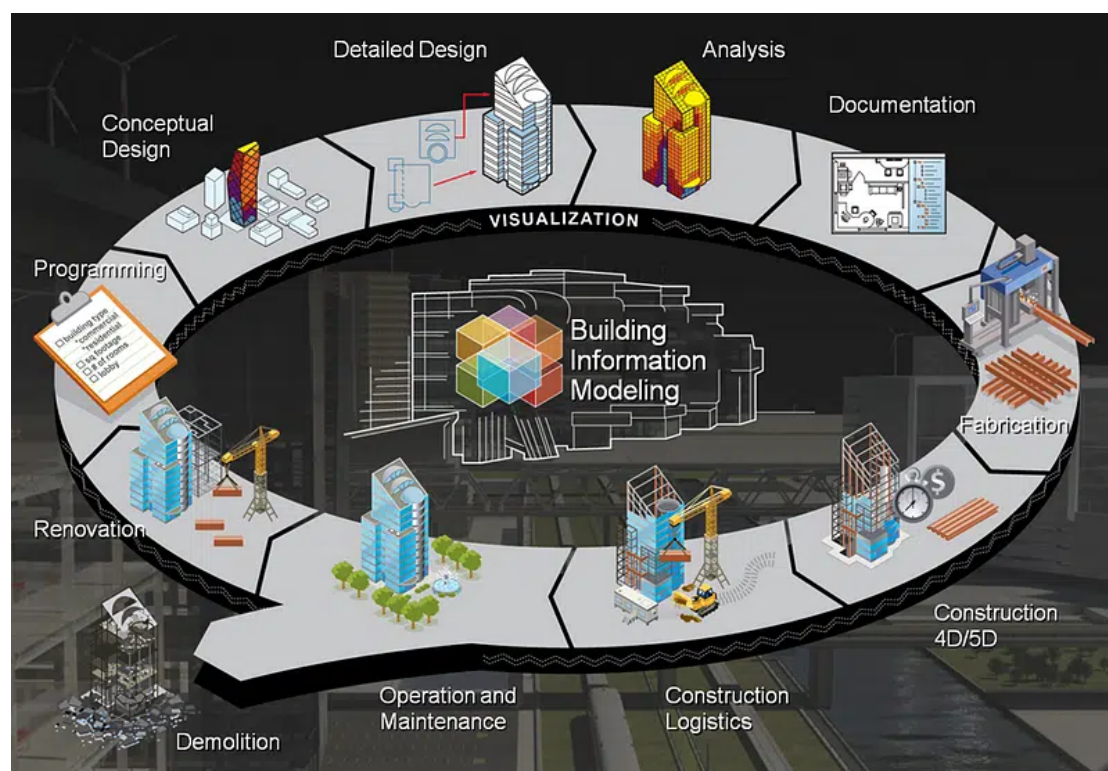
Στο Κεφάλαιο 2, αναφέρεται η τρισδιάστατη σάρωση με λέιζερ για τη δημιουργία ψηφιακών μοντέλων από φυσικά αντικείμενα. Η τεχνολογία αυτή έχει εξελιχθεί από τη δεκαετία του 1960 και χρησιμοποιείται σε διάφορους τομείς, όπως η αρχιτεκτονική και οι εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας. Οι σαρωτές διακρίνονται σε επαφής και απόστασης, ενώ τα νέα δεδομένα εξυπηρετούν τη σύνθεση μοντέλου BIM.

Στο κεφάλαιο 3, αναλύεται ο τρόπος που η εικονική πραγματικότητα (VR) ενσωματώνεται όλο και περισσότερο στα μοντέλα BIM, διευκολύνοντας την παρουσίαση των σχεδίων στους ενδιαφερόμενους. Αυτό αυξάνει την αντίληψη των χώρων και μειώνει την πιθανότητα λαθών κατά την κατασκευή.

Στο κεφάλαιο 4 μελετάται με τη μέθοδο μελέτης περίπτωσης μια μονοκατοικία, αναδεικνύοντας τη χρησιμότητα του BIM και του νέφους σημείων, καθώς και της δυνατότητας περιήγησης μέσω ψηφιακής πλατφόρμας. Δημιουργούνται δύο μοντέλα BIM, απαραίτητα για την καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης και τη διασύνδεση με την τρισδιάστατη σάρωση. Τέλος, πραγματοποιείται η προώθηση του ακινήτου μέσω 3DVista Virtual Tour Pro, καθιστώντας δυνατή την προβολή του έργου διαδικτυακά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: 3D Μοντελοποίηση πληροφοριών κατασκευής

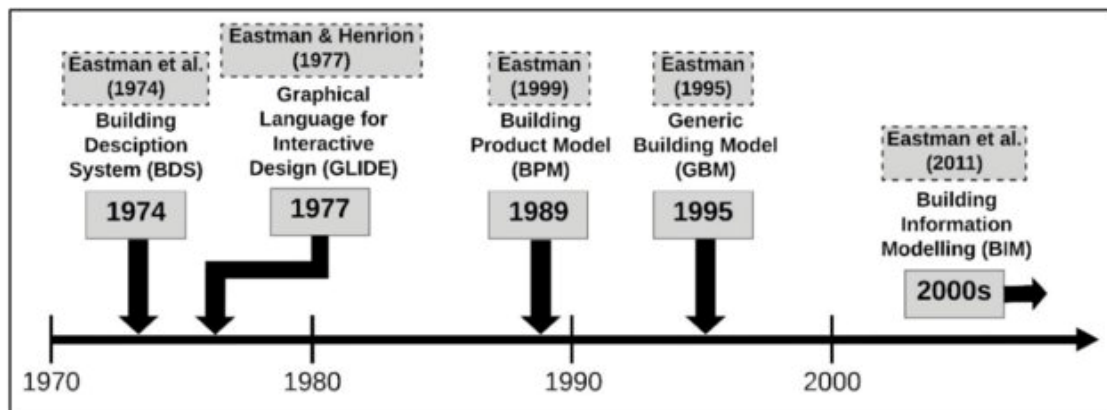
Η μοντελοποίηση κτιριακών πληροφοριών (BIM), ως μεθοδολογία, έχει καταστεί απαραίτητη, υποστηρίζοντας την ανάπτυξη πολλαπλών καθηκόντων στον κατασκευαστικό κλάδο. Αυτό συμπεριλαμβάνει τη σύλληψη, τον σχεδιασμό και τον προγραμματισμό των κατασκευαστικών εργασιών, ή τη συντήρηση και διαχείριση των έργων υποδομής. Στον τομέα των κατασκευών, το BIM έχει αυτοματοποιήσει τις διαδικασίες προσφέροντας μεγάλο πλεονέκτημα στη μείωση των αποκλίσεων μεταξύ των σχεδίων και των κατασκευασμένων μοντέλων. Έτσι, εξοικονομούνται χρήματα και χρόνος, συμβάλλοντας στην αποφυγή σφαλμάτων, στον περιορισμό των κινδύνων και στην μείωση των αποκλίσεων κόστους (Sampaio, 2020).



Εικόνα 1: Κύκλος ζωής του BIM (Nardelli, 2019).

1.1 Ιστορική αναδρομή του BIM

Τα κατασκευαστικά έργα βασίζονται σε μεγάλο βαθμό σε έντυπη μορφή σχεδίων και όλα τα έγγραφα που σχετίζονται με το έργο πρέπει να εκτυπώνονται. Η εξέλιξη της τεχνολογίας στον κατασκευαστικό κλάδο ξεκίνησε από την ανάπτυξη λογισμικού για τον σχεδιασμό κτιρίων με τη βοήθεια υπολογιστή την δεκαετία του 1970. Αυτό οδήγησε στη δημιουργία του συστήματος περιγραφής κτιρίων (BDS) από τον Charles Eastman, το οποίο ήταν ο πρόδρομος του σύγχρονου Μοντέλου BIM. Το BDS είχε παρόμοιες λειτουργίες με το BIM, όπως την αποθήκευση και σχηματική απεικόνιση κτιρίων, την τοποθέτηση στοιχείων σε ένα χώρο και την παράγωγή προοπτικών σχεδίων. Με την πάροδο του χρόνου, το BDS εξελίχθηκε σε διάφορα στάδια μέχρι να γίνει το BIM, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 2: Evolution of BIM from the 1970s to the present day (Saznizam Sazmee Sinoh, 2020)

Η έννοια του BIM υπάρχει από τη δεκαετία του 1970, με τα πρώτα λογισμικά μοντελοποίησης κτιρίων να εμφανίζονται στα τέλη της δεκαετίας αυτής. Τη δεκαετία του 1980 εμφανίστηκαν τα προγράμματα όπως το Building Description System, RUCAPS, Sonata, Reflex και η σειρά Gable 4D, μεταξύ άλλων. Εκείνη την εποχή, το λογισμικό που απαιτούνταν για τη χρήση τους ήταν αρκετά δύσκολο να αποκτηθεί, ακριβό, τόσο από την άποψη του υλικού όσο και από την άποψη της αγοράς λογισμικού, οπότε η ευρεία χρήση τους ήταν περιορισμένη. Ο όρος «μοντέλο κτιρίου» (με την έννοια του BIM όπως χρησιμοποιείται σήμερα) εισάχθηκε για πρώτη φορά στα μέσα του 1980 μέσω διαφόρων άρθρων.

Χρησιμοποιήθηκε σε ένα άρθρο του Simon Ruffle το 1986, σε ένα άρθρο του Robert Aish το ίδιο έτος και αργότερα σε ένα άρθρο της GMW Computers LTD (παραγωγός του λογισμικού RUCAPS). Ένα άρθρο του Robert Aish, κάνει αναφορά για την χρήση του λογισμικού στο Αεροδρόμιο Heathrow του Λονδίνου. Ωστόσο, ο όρος «Μοντελοποίηση πληροφοριών κτιρίου» καθιερώθηκε το 2002, όταν η Autodesk δημοσίευσε ένα άρθρο με τίτλο «Building Information Modelling» τότε και άλλες εταιρείες άρχισαν να αναφέρονται σε αυτό ως «Building Information Modelling».

1.2 Σύγκριση και μετάβαση από το 2D CAD στο BIM

Ανέκαθεν, ο μελετητής στο χώρο των κατασκευών έφτιαχνε σχέδια στο χέρι, κατόψεις, όψεις, τομές και σχέδια λεπτομερειών, τα οποία είναι μια διαδικασία χρονοβόρα. Με την πάροδο των χρόνων, η γραφική αναπαράσταση των οικοδομικών έργων έπρεπε να εξελιχθεί και να προσαρμοστεί στις νέες ανάγκες του κατασκευαστικού κλάδου. Η πλήρης μετάβαση από το χειρόγραφο στον ψηφιακό σχεδιασμό έγινε αρχικά με την έλευση της τεχνολογίας σχεδιασμού με τη βοήθεια υπολογιστή (CAD) και στη συνέχεια με τη χρήση της τεχνολογίας προσομοίωσης κτιρίων (BIM) για το σχεδιασμό, την κατασκευή και τη διαχείριση των εγκαταστάσεων σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής τους. Η διαχρονική ταξινόμηση της διαδικασίας σχεδιασμού και παραγωγής μπορεί επομένως να χωριστεί σε τρία στάδια 1) σχεδιασμός με το χέρι, 2) ψηφιακός σχεδιασμός (CAD) και 3) σχεδιασμός BIM. Η μετάβαση από το ένα στάδιο στο άλλο απαιτεί μια περίοδο προσαρμογής και εξοικείωσης. Ο σχεδιασμός με τη βοήθεια υπολογιστή (CAD) είναι η χρήση ψηφιακών συστημάτων για τη δημιουργία ταχύτερων και λεπτομερέστερων σχεδίων. Σύμφωνα με την Autodesk, το CAD είναι «η χρήση της τεχνολογίας των υπολογιστών για τον σχεδιασμό και την παραγωγή σχεδίων με μια αυτοματοποιημένη διαδικασία» (Taylor, 2017). αν και τα συστήματα CAD εγγυώνται καλύτερα αποτελέσματα και μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα όσον αφορά την ταχύτητα και την ακρίβεια, η χρήση του CAD είναι μια ψηφιακή προσομοίωση του σχεδιασμού στο χαρτί. Η ψηφιακή προσέγγιση με τα συστήματα CAD βασίζεται σε μια παραδοσιακή μεθοδολογία όπου η αναπαράσταση ενός έργου γίνεται με διάφορα ανεξάρτητα 2D (σπανίως 3D)

σχέδια, τα οποία μπορούν αργότερα να τροποποιηθούν από το σχεδιαστή. Καθώς όλα τα σχέδια είναι ανεξάρτητα, δεν υπάρχει αλληλεπίδραση ή συσχέτιση μεταξύ των σχεδίων και ο σχεδιαστής πρέπει να είναι προσεκτικός και υπεύθυνος για όλες τις αλλαγές και το συντονισμό του σχεδιασμού και των σχεδίων.

Ωστόσο, οι παλιές μεθοδολογίες δεν λειτουργούν καλά, ιδίως για πολύπλοκα έργα υποδομής μεγάλης κλίμακας, και τα συστήματα CAD δεν μπορούν να αντιμετωπίσουν την τεράστια εισροή πληροφοριών. Σε αυτό το σημείο έρχεται η Μοντελοποίηση Πληροφοριών Κτιρίου (BIM). Η καινοτομία του BIM βασίζεται στο ότι συγκεντρώνει όλες τις πληροφορίες και τα σχέδια σε μια κοινή βάση δεδομένων και τα συνδέει μεταξύ τους για να βελτιώσει την ακρίβεια και να ελαχιστοποιήσει τα λάθη και τις ασυνέπειες στα παραγόμενα σχέδια. Εάν γίνουν αλλαγές σε ένα μοντέλο, οι αλλαγές αυτές μεταφέρονται αυτόματα στο αντίστοιχο μοντέλο και τα σχέδια ενημερώνονται αναλόγως. Για παράδειγμα, εάν αλλάξει η διατομή ενός υποστυλώματος, ενημερώνονται αυτόματα όλα τα σχέδια, οι τομές, οι πίνακες μετρήσεων κλπ. Το τρισδιάστατο μοντέλο BIM αντιπροσωπεύει πλέον ένα συγκεντρωτικό μοντέλο στο οποίο η διαδικασία κατασκευής έχει αναλυθεί λεπτομερώς πριν από την ολοκλήρωση της πραγματικής κατασκευής.

1.3 Λογισμικά BIM

Κατά το στάδιο της κατασκευής, τα συστήματα BIM μπορούν να χρησιμοποιηθούν με διάφορους τρόπους και ο τρόπος χρήσης τους είναι άμεσα συνδεδεμένος με την λειτουργία τους. Σύμφωνα με έρευνες η επιλογή των συστημάτων BIM καθώς της τελικής μορφής αρχείου επηρεάζει άμεσα τις μελλοντικές προοπτικές χρήσης καθώς και τη ποιότητα του μοντέλου (Chen, Lu, Peng, & Rowlinson, 2015). Τα πιο γνωστά λογισμικά BIM παρατίθενται παρακάτω:

- Nemetschek Allplan

Η Nemetschek κυκλοφόρησε το Allplan το 1994, μια οικογένεια προγραμμάτων με ενότητες που καλύπτουν τη μηχανική, την αρχιτεκτονική και τη διαχείριση εγκαταστάσεων. Είναι μια ελαφριά, εξαιρετικά αυτοματοποιημένη εφαρμογή παραμετρικού σχεδιασμού που μπορεί να χειριστεί πολύπλοκα έργα ενώ

ταυτόχρονα δίνει την δυνατότητα διαίρεσης τους σε μικρότερα με στόχο την μείωση της πολυπλοκότητας και την ευκολότερη διαχείρισή του. Το Allplan συνδυάζει τη δισδιάστατη σχεδίαση (2D) και την τρισδιάστατη μοντελοποίηση (3D) με έναν νέο τρόπο που επιτρέπει στους χρήστες να εργάζονται και με τα δύο μέσα στην ίδια δομή έργου. Το πρόγραμμα είναι γνωστό για την ευκολία χειρισμού περίπλοκων γεωμετριών και εξαγωγών ποσότητας υλικών (Sacks, Charles , Ghang , & Paul , 2018).

- Graphisoft ArchiCAD

Ένα από τα πρώτα προγράμματα BIM είναι το ArchiCAD, το οποίο είναι ιδιαίτερα δημοφιλές στην Ευρώπη. Δημιουργήθηκε από την Graphisoft και κυκλοφόρησε στις αρχές της δεκαετίας του 1980. Η διεπαφή του ArchiCAD είναι καλοσχεδιασμένη με έξυπνους δείκτες και συντομεύσεις κάνοντας εύκολη τη χρήση. Όταν γίνονται τροποποιήσεις στο μοντέλο, το σύστημα ενημερώνει άμεσα όλα τα σχετικά σχέδια, γεγονός που απλοποιεί τη διαχείριση κατόψεων, τομών και τρισδιάστατων όψεων. Διαθέτει επίσης μια μεγάλη ποικιλία από παραμετρικά τρισδιάστατα αντικείμενα και μπορεί να χειριστεί καλά τόσο τον εσωτερικό όσο και τον εξωτερικό σχεδιασμό του χώρου. Το ArchiCAD αναφέρεται επίσης σε μια σειρά από έρευνες ως το εργαλείο επιλογής για την ανάπτυξη τρισδιάστατων μοντέλων ή BIM (Sacks, Charles , Ghang , & Paul , 2018), (Bosché & Haas, 2008), (Sangyoon , Choi, Cho, & Won Yoon, 2008).

- Autodesk Revit

Ως ιδιοκτησία της Autodesk από το 2002, το Revit είναι αναμφίβολα η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη πλατφόρμα BIM παγκοσμίως. Είναι γνωστό για τα ισχυρά εργαλεία σχεδιασμού του, επιτρέπει την αμφίδρομη επεξεργασία, η οποία διασφαλίζει ότι οι τροποποιήσεις που γίνονται σε μια προβολή αντικατοπτρίζονται στις άλλες. Λόγω της απρόσκοπτης διεπαφής του με άλλα προϊόντα της Autodesk όπως το AutoCAD, το Civil 3D για τοπογραφικές μελέτες, το Navisworks για εύρεση συγκρούσεων μεταξύ των μοντέλων καθώς και το Inventor για βιομηχανικά προϊόντα, γι' αυτό το λόγο το Revit είναι εξαιρετικά δημοφιλές και έχει αναφερθεί σε πολυάριθμες μελέτες ως το κύριο εργαλείο για τη δημιουργία μοντέλων BIM (Sacks, Charles , Ghang , & Paul , 2018), (Xiangyu , et al., 2013).

- Bentley MicroStation

Το MicroStation της Bentley χρησιμοποιείται συχνά από πολιτικούς μηχανικούς σε έργα υποδομών. Θεωρείται καλό για την προσαρμοστικότητα και τη συμβατότητά του με ένα ευρύ φάσμα μορφών και εργαλείων μοντελοποίησης. Πολλές μελέτες, το χρησιμοποιούν λόγω των ισχυρών χαρακτηριστικών απεικόνισης του MicroStation και της σταθερής υποστήριξης για την ενσωμάτωση σαρώσεων με λέιζερ (Sacks, Charles , Ghang , & Paul , 2018) (Sangyoon , Choi, Cho, & Won Yoon, 2008) (Bosché & Haas, 2008).

- Bricsys BricsCAD

Το BricCAD είναι μια πλατφόρμα CAD που παρέχει τόσο 2D σχεδίαση όσο και 3D μοντελοποίηση. Οι χρήστες το προτιμούν ως μια οικονομική αλλά αξιόπιστη και επαγγελματικής ποιότητας εναλλακτική αντί του Autocad. Υποστηρίζει εγγενώς αρχεία .dwg, γεγονός που το καθιστά εξαιρετικά συμβατό και με άλλα λογισμικά CAD. Τα τελευταία χρόνια, το BricCAD έχει επεκτείνει τις δυνατότητές του για να συμπεριλάβει λειτουργίες BIM, εστιάζοντας σε φιλικές προς τον χρήστη ροές εργασίας και υποστηρίζοντας περισσότερο τη σχεδίαση από την ιδέα μέχρι την τεκμηρίωση.

- Trimble SketchUp

Το SketchUp είναι ένα δημοφιλές πρόγραμμα για βασικά μοντέλα στο πρώιμο στάδιο του σχεδιασμού καθώς είναι εύκολο στη χρήση. Παρά το γεγονός ότι έχει λιγότερα χαρακτηριστικά από τις ολοκληρωμένες πλατφόρμες BIM, η ευκολία χρήσης του στη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων το καθιστά εξίσου δημοφιλές. Το SketchUp έχει επίσης χρησιμοποιηθεί από ορισμένες έρευνες για τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων για μελέτες που σχετίζονται με την κατασκευή (Teizer, Caldas, & Haas, 2007).

- Tekla Structures

Το Tekla Structures εξειδικεύεται στον δομικό σχεδιασμό και είναι εξαιρετικά δημοφιλές στους επαγγελματίες που ασχολούνται με το σκυρόδεμα και τις χαλύβδινες κατασκευές. Προσφέρει υψηλή ακρίβεια στη λεπτομερή σχεδίαση και χρησιμοποιείται ευρέως για την παραγωγή κατασκευαστικών λεπτομερειών. Μπορεί να διαχειριστεί πολύπλοκα και μεγάλης κλίμακας έργα χωρίς να επηρεάζεται η απόδοσή του, κάτι που το καθιστά εξαιρετικά αποτελεσματικό για μεγάλες κατασκευές. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα του Tekla Structures είναι η δυνατότητά του να παράγει ακριβή μοντέλα που χρησιμοποιούνται για την άμεση

παραγωγή κατασκευαστικών σχεδίων, προμετρήσεων υλικών, και κοστολόγησης. Το Tekla Structures υποστηρίζει επίσης την πλήρη διασύνδεση με άλλα λογισμικά όπως το Revit και το Navisworks.

- Autodesk Navisworks

Το Navisworks είναι μέλος των προγραμμάτων της Autodesk και μπορεί να συνδυάσει δεδομένα από διάφορες πηγές όπως αρχιτεκτονικά, δομικά και ηλεκτρομηχανολογικά σχέδια, διευκολύνοντας τον συντονισμό μεταξύ των διαφορετικών ομάδων που συμμετέχουν σε ένα έργο. Επιπλέον, επιτρέπει τον χρονικό προγραμματισμό του έργου (4D), καθώς και την εξαγωγή ποσοτήτων και την εκτίμηση κόστους (5D). Η δυνατότητα ανίχνευσης συγκρούσεων κατά τον σχεδιασμό (clash detection) εξασφαλίζει ότι διαφορετικά συστήματα και κατασκευαστικά στοιχεία δεν αντιμετωπίζουν προβλήματα κατά την κατασκευή, ελαχιστοποιώντας τα σφάλματα και τα κόστη που μπορεί να προκύψουν κατά την εκτέλεση του έργου. Χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία κατασκευών για την ανασκόπηση και το συντονισμό μεγάλων έργων.

1.4 Διαστάσεις του BIM

Οι διάφορες διαστάσεις του BIM έχουν μελετηθεί σε πολλές ερευνητικές εργασίες. Κάθε κατηγορία έχει στόχο να παρέχει στον χρήστη τις απαραίτητες πληροφορίες για το μοντέλο και συνοπτικά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως 3D (Σχέδιο), 4D (Χρονικός προγραμματισμός), 5D (Κοστολόγηση), 6D (Εφαρμογές διαχείρισης εγκαταστάσεων) και τέλος 7D (Βιωσιμότητα) (Smith, 2014). Στον παρακάτω πίνακα, αναφέρονται σε ερευνητικές εργασίες η εξέλιξη των διαστάσεων του BIM ανά τις δεκαετίες.

Ερευνητική εργασία	Στάδιο κατασκευής	Ομάδα	Διάσταση BIM
(Lin, Chen, Yien, Huang, & Su, 2018)	Σχεδιασμός	Ιδιοκτήτες Αρχιτέκτονες Μηχανικοί	3D

(Boton, 2018)	Σχεδιασμός Προκατασκευή Κατασκευή	Ιδιοκτήτες Αρχιτέκτονες Μηχανικοί Εργάτες	3D 4D
(Wang, Li, & Kho, 2018)	Σχεδιασμός	Μηχανικοί Φοιτητές	3D 5D 7D
(Sacks, και συν., 2015) (Li & Wang, 2015) (Du, Shi, Zou, & Zhao, 2018)	Σχεδιασμός Προκατασκευή Κατασκευή Λειτουργία και διαχείριση	Ιδιοκτήτες Αρχιτέκτονες Μηχανικοί Εργάτες Διευθυντες εγκαταστάσεων	3D 4D 5D 6D 7D
(Carcamo, Trefftz, Acosta, & Fernando, 2017)	Σχεδιασμός	Ιδιοκτήτες Αρχιτέκτονες Μηχανικοί	3D
(Jensen, 2017)	Σχεδιασμός	Φοιτητές	3D
(Azhar, 2017)	Προκατασκευή Κατασκευή	Μηχανικοί Εργάτες	3D 4D
(Wu, και συν., 2019)	Σχεδιασμός	Φοιτητές	3D
(Natephra, Motamedi, Fukuda, & Yabuki, 2017)	Σχεδιασμός	Ιδιοκτήτες Αρχιτέκτονες Μηχανικοί	3D 5D
(Shi, Du, Lavy, & Zhao, 2016)	Λειτουργία και διαχείριση	Διευθυντες εγκαταστάσεων χρήστες	3D 6D
(Thomas & König ,	Σχεδιασμός	Αρχιτέκτονες	3D

2016)	Κατασκευή	Μηχανικοί Εργάτες	4D
(Gurevich & Rafael , 2013)	Κατασκευή	Εργάτες	3D 4D
(Wang B. , Li, Rezgui, Bradley, & Ong, 2014)	Σχεδιασμός Λειτουργία και διαχείριση	Χρήστες	3D 4D 6D
(Sacks, Gurevich, & Belaciano, 2013)	Κατασκευή	Εργάτες	3D 4D

Πίνακας 1: Διαστάσεις του BIM σε ερευνητικές εργασίες

Οι βασικές μορφές του BIM είναι η 3D, 4D και 5D που περιγράφονται στα επόμενα υποκεφάλαια.

1.4.1 BIM 3D: Γεωμετρική απεικόνιση

Το 3D είναι η πιο κοινή χρήση του BIM και αντιπροσωπεύει τη βασική δομή τρισδιάστατης απεικόνισης ενός έργου. Είναι πολύ πιο εξελιγμένη έκδοση του 2D σχεδίου. Τα σχέδια αποτελούνται από έναν άξονα X και Y, ενώ το 3D BIM προσθέτει ακόμη μια διάσταση, τον άξονα Z. Το 3D BIM περιλαμβάνει τη γεωμετρία όπως δοκούς, τοίχους, δάπεδα, μηχανολογικό εξοπλισμό και άλλα δομικά στοιχεία, καθώς και τις φυσικές τους ιδιότητες όπως τα υλικά και τα φινιρίσματα. Μία από τις απλούστερες χρήσεις του 3D BIM είναι ο ρόλος του στην ανίχνευση συγκρούσεων. Αντί να εξετάζονται τα σχέδια με μη αυτόματο τρόπο για συγκρούσεις σχεδιασμού, μπορούν να εφαρμόζονται εργαλεία ανίχνευσης συγκρούσεων για να εντοπίζονται αυτόματα και να επιλύονται πιθανές συγκρούσεις, γεγονός που εξοικονομεί χρόνο και χρήμα σε οποιαδήποτε φάση του έργου (Autodesk, 2023).

1.4.2 BIM 4D: Προγραμματισμός έργου και προσομοίωση εργασιών

Το 4D BIM προσθέτει τη διάσταση του χρόνου στο μοντέλο 3D BIM. Προσθέτει πληροφορίες προγραμματισμού στο μοντέλο, επιτρέποντας στους χρήστες να οπτικοποιήσουν την ακολουθία κατασκευής και να σχεδιάσουν πιο αποτελεσματικά πτυχές του έργου. Όταν το χρονοδιάγραμμα του έργου συνδέεται με το μοντέλο, μπορεί να οραματιστεί πώς θα κατασκευαστεί και θα εξελιχθεί το κτίριο. Μπορεί να γίνει ορατό πότε θα ενωθούν διαφορετικά στοιχεία, γεγονός που μειώνει τον κίνδυνο για του έργου. Από την πλευρά της διαχείρισης έργου, το 4D BIM είναι επίσης πρακτικό για τους διαχειριστές έργων, επειδή διευκολύνει τον σχεδιασμό και τη διαχείριση του χρονοδιαγράμματος κατασκευής πιο αποτελεσματικά. Η προβολή του χρονοδιαγράμματος κατασκευής στο πλαίσιο του τρισδιάστατου μοντέλου επιτρέπει στους διαχειριστές έργων να εντοπίσουν ζητήματα προγραμματισμού. (Autodesk, 2023)

1.4.3 BIM 5D: επιμέτρηση υλικών και έλεγχος κόστους

Το 5D BIM ενσωματώνει δεδομένα εκτίμησης και κόστους στο μοντέλο. Με το 5D BIM, μπορεί επίσης να προβληθούν με σαφήνεια οι πληροφορίες που σχετίζονται με το κόστος. Το 5D BIM είναι ένα ισχυρό εργαλείο για τη διαχείριση του προϋπολογισμού και την ανάλυση του κόστους. Επιτρέπει στην ομάδα του έργου να προσθέτει δεδομένα κόστους σχεδόν σε κάθε πτυχή του μοντέλου για να κατανοηθεί καλύτερα πόσο θα κοστίσει το έργο. Με το 5D BIM, μπορεί να υπολογιστεί αυτόματα το κόστος με βάση τα υλικά, την εργασία και άλλους πόρους που σχετίζονται με τα στοιχεία του τρισδιάστατου μοντέλου. Αυτό εξοικονομεί χρόνο, βελτιστοποιεί την κατανομή πόρων και συμβάλλει στη μείωση των υπερβάσεων κόστους.

1.5 LOD Επίπεδο λεπτομέρειας-ανάπτυξης σχεδιασμού

Το LOD μερικές φορές ερμηνεύεται ως Επίπεδο Λεπτομέρειας παρά ως Επίπεδο Ανάπτυξης. Επίπεδο λεπτομέρειας είναι πόση λεπτομέρεια περιλαμβάνεται στο στοιχείο του μοντέλου. Επίπεδο Ανάπτυξης είναι ο βαθμός στον οποίο η γεωμετρία του στοιχείου έχει μελετηθεί και στον οποίο τα μέλη της ομάδας έργου μπορούν να βασίζονται στις πληροφορίες όταν χρησιμοποιούν το μοντέλο. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η διεθνής ορολογία σχετικά με το Επίπεδο Ανάπτυξης και το Επίπεδο Λεπτομέρειας ποικίλλει (BIMForum, Level of Development (LOD) Specification, 2023).

- LOD 100

Το στοιχείο μοντέλου μπορεί να αναπαρασταθεί γραφικά στο μοντέλο με ένα σύμβολο ή άλλη γενική αναπαράσταση, αλλά δεν πληροί τις απαιτήσεις για το LOD 200. Πληροφορίες που σχετίζονται με το στοιχείο μοντέλου (π.χ. κόστος ανά τετραγωνικό μέτρο, χωρητικότητα, κ.λπ.) μπορούν να εξαχθούν από άλλα στοιχεία Μοντέλου. Τα στοιχεία LOD 100 δεν είναι απαραίτητα γεωμετρικές αναπαραστάσεις. Παραδείγματα είναι πληροφορίες που επισυνάπτονται άλλα στοιχεία μοντέλου: σύμβολα που δείχνουν την ύπαρξη ενός στοιχείου αλλά όχι το σχήμα, το μέγεθος ή την ακριβή του θέση. Στην ουσία, εάν οι πληροφορίες για ένα στοιχείο μπορούν να προκύψουν από το μοντέλο αλλά το στοιχείο δεν είναι στο LOD 200, λέγεται ότι είναι σε LOD 100. Οποιαδήποτε πληροφορία προέρχεται από στοιχεία LOD 100 πρέπει να θεωρείται κατά προσέγγιση (BIMForum, Level of Development (LOD) Specification, 2023).

- LOD 200

Το στοιχείο μοντέλου αναπαρίσταται γενικά και γραφικά μέσα στο μοντέλο με κατά προσέγγιση ποσότητας, μεγέθους, σχήματος, θέσης και προσανατολισμού. Τα στοιχεία LOD 200 είναι γενικά σύμβολα, αλλά είναι αναγνωρίσιμα ως τα στοιχεία που αντιπροσωπεύουν (π.χ. αντλία, ένα φωτιστικό, μια δέσμη, κ.λπ.). Οποιαδήποτε πληροφορία προέρχεται από στοιχεία LOD 200 πρέπει να θεωρείται κατά προσέγγιση (BIMForum, Level of Development (LOD) Specification, 2023).

- LOD 300

Το στοιχείο μοντέλου όπως έχει σχεδιαστεί, αναπαρίσταται γραφικά μέσα στο μοντέλο έτσι ώστε η ποσότητα, το μέγεθος, το σχήμα, η θέση του και ο προσανατολισμός να μπορεί να μετρηθεί. Τα στοιχεία LOD 300 είναι επαρκώς ανεπτυγμένα ώστε να μεταφέρουν πλήρως την πρόθεση σχεδιασμού για το αντιπροσωπευόμενο αντικείμενο. Σπάνια δημιουργούνται στοιχεία μοντέλου υψηλότερο από LOD300 (BIMForum, Level of Development (LOD) Specification, 2023).

- LOD 350

Το στοιχείο μοντέλου, όπως έχει σχεδιαστεί, αναπαρίσταται γραφικά μέσα στο μοντέλο έτσι ώστε να μπορούν να μετρηθούν η ποσότητα, το μέγεθος, το σχήμα, η θέση, ο προσανατολισμός και οι διεπαφές του με γειτονικά ή εξαρτημένα στοιχεία μοντέλου. (BIMForum, Level of Development (LOD) Specification, 2023).

- LOD 400

Το στοιχείο μοντέλου αναπαρίσταται γραφικά μέσα στο Μοντέλο με επαρκείς λεπτομέρειες για κατασκευή, συναρμολόγηση και εγκατάσταση. Ουσιαστικά το LOD 400 περιγράφει ένα στοιχείο μοντέλου που αναπτύχθηκε στο επίπεδο των κατασκευαστικών σχεδίων. Στις περισσότερες περιπτώσεις, εάν οι προδιαγραφές ενός έργου απαιτούν κατασκευαστικά σχέδια ενός αντικειμένου, η ομάδα έργου μπορεί να μοντελοποιήσει το αντικείμενο σε LOD 400. Επομένως, τα περισσότερα μοντέλα περιέχουν λίγα στοιχεία LOD 400 . (BIMForum, Level of Development (LOD) Specification, 2023).

- LOD 500

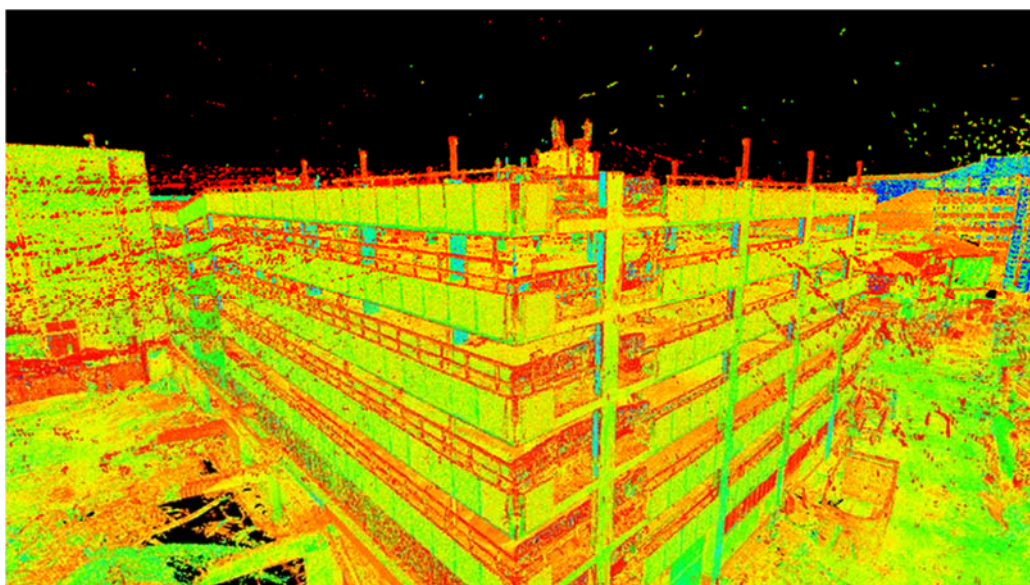
Το στοιχείο μοντέλου είναι μια γραφική αναπαράσταση μιας υπάρχουσας ή ως κατασκευασμένης συνθήκης που αναπτύχθηκε, μέσω ενός συνδυασμού παρατήρησης, επαλήθευσης πεδίου. Το επίπεδο ακρίβειας σημειώνεται ή επισυνάπτεται στο στοιχείο μοντέλου. Το LOD 500 δεν υποδεικνύει υψηλότερο επίπεδο από το LOD 400, αλλά δείχνει ότι η γεωμετρία του στοιχείου καθορίζεται μέσω της παρατήρησης ενός υπάρχοντος στοιχείου, παρά μέσω του σχεδιασμού ενός μελλοντικού αντικειμένου. Ο ορισμός του LOD 500 απαιτεί ότι το στοιχείο μοντέλου έχει καθοριστεί με ακρίβεια. (BIMForum, Level of Development (LOD) Specification, 2023).



Εικόνα 3: Επίπεδο ανάπτυξης του μοντέλου BIM σε LOD 100-500 (monarch-innovation, 2023).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Τρισδιάστατη σάρωση

Στον παρόν κεφάλαιο θα αναλυθεί η τρισδιάστατη σάρωση ή αλλιώς 3D σάρωση. Ως τρισδιάστατη σάρωση ορίζεται η διαδικασία αποτύπωσης και δημιουργίας ενός ψηφιακού μοντέλου. Η τρισδιάστατη σάρωση με λέιζερ είναι μια μη καταστροφική μέθοδος που αποτυπώνει ψηφιακά το σχήμα φυσικών αντικειμένων χρησιμοποιώντας ακτίνες λέιζερ. Οι τρισδιάστατοι σαρωτές λέιζερ δημιουργούν «νέφη σημείων» με δεδομένα από την επιφάνεια ενός αντικειμένου. Με άλλα λόγια, η τρισδιάστατη σάρωση με λέιζερ είναι ένας τρόπος καταγραφής του ακριβούς μεγέθους και σχήματος ενός φυσικού αντικειμένου ως ψηφιακή τρισδιάστατη αναπαράσταση (Design, 2012).



Εικόνα 4: Τρισδιάστατη σάρωση (Hexagon, 2021).

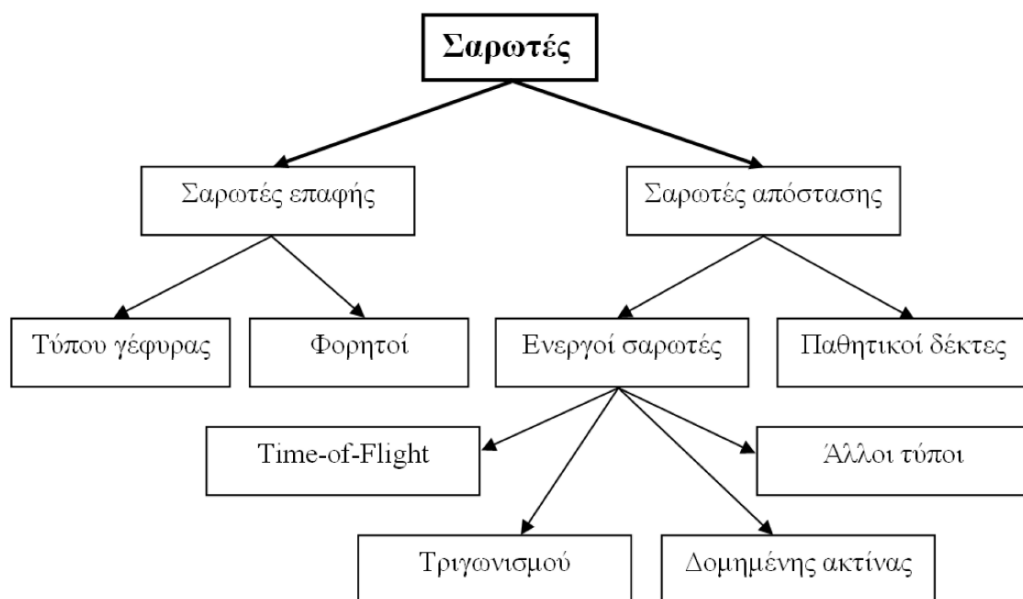
2.1 Ιστορική αναδρομή στη χρήση νέφους σημείων (point cloud)

Η τρισδιάστατη σάρωση αναπτύχθηκε το δεύτερο μισό του 20ου αιώνα με στόχο την ακριβή αναπαραγωγή των επιφανειών διαφόρων αντικειμένων και χώρων. Αυτή η τεχνολογία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στους τομείς της έρευνας και του σχεδιασμού. Οι πρώτες τεχνολογίες τρισδιάστατης σάρωσης αναπτύχθηκαν τη δεκαετία του 1960 (Lerch, 2007). Οι πρώτοι σαρωτές χρησιμοποίησαν φώτα, κάμερες και προβολείς για να πραγματοποιήσουν αυτή τη διαδικασία. Λόγω των περιορισμών του εξοπλισμού, συχνά χρειαζόταν πολύς χρόνος και προσπάθεια για την ακριβή σάρωση ενός αντικειμένου. Τα τελευταία χρόνια, η τρισδιάστατη

σάρωση έχει επεκταθεί σε πολλά πεδία όπου απαιτείται ακριβής απεικόνιση και αναπαράσταση ενός αντικειμένου προκειμένου να αναπαραχθεί, να τροποποιηθεί ή να προσαρμοστεί. Η τεχνολογία της τρισδιάστατης σάρωσης επιτρέπει την απαραίτητη ακρίβεια σε τομείς που ανταποκρίνονται στις ανάγκες κάθε αγοράς.

2.2 Κατηγορίες Σαρωτών

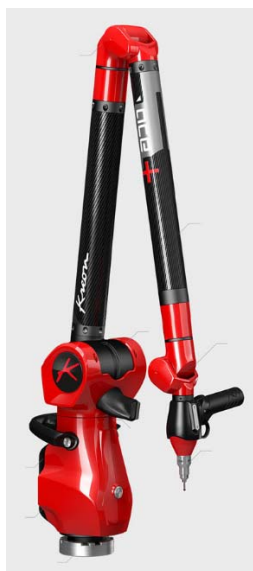
Οι σαρωτές μπορούν να διαχωριστούν ανάλογα με το πεδίο εφαρμογής τους σε επίγειους και αερομεταφερόμενους. Οι αερομεταφερόμενοι σαρωτές χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή ψηφιακών μοντέλων εδάφους ενώ οι επίγειοι σαρωτές για αποτυπώσεις τεχνικών έργων. Οι δύο κυριότεροι τύποι των σαρωτών περιλαμβάνουν τους σαρωτές επαφής και τους σαρωτές απόστασεως. Οι σαρωτές απόστασεως με τη σειρά τους χωρίζονται σε ενεργούς και παθητικούς σαρωτές. Οι ενεργοί σαρωτές αποτελούν τη πιο διαδεδομένη κατηγορία σαρωτών για τις αποτυπώσεις. Στη συνέχεια, οι ενεργοί σαρωτές χωρίζονται σε σαρωτές τεχνολογίας Time-of-flight, σαρωτές τριγωνισμού, σαρωτές χειρός και σαρωτές δομημένης ακτίνας. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο βασικός διαχωρισμός των σαρωτών ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιούν.



Εικόνα 5: Κατηγοριοποίηση σαρωτών (Συμεωνίδης, 2007)

2.2.1 Σαρωτές επαφής

Οι σαρωτές επαφής είναι όργανα που αποτυπώνουν ένα αντικείμενο μέσω φυσικής επαφής, δίνοντας σχετικές συντεταγμένες σε ένα ενσωματωμένο καταγραφικό σύστημα. Η τεχνολογία αυτή περιλαμβάνει κυρίως τα συστήματα CMM (Coordinate Measuring Machine). Στη σάρωση πραγματοποιείται ψηλάφηση του αντικειμένου με φυσική επαφή συνήθως με τη χρήση κάποιου ρομποτικού βραχίονα στον οποίο έχει ενσωματωθεί κάποιος αισθητήρας αφής. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως σε βιομηχανικές εφαρμογές, στον σχεδιασμό βιντεοπαιχνιδιών καθώς και στον κινηματογράφο για την δημιουργία εικονικών χαρακτήρων και μπορούν να δώσουν ικανοποιητικά αποτελέσματα από την άποψη της ακρίβειας. Οι συγκεκριμένοι σαρωτές, έχουν σημαντικά μειονεκτήματα καθώς απαιτούν την φυσική επαφή με το αντικείμενο γεγονός που μπορεί να οδηγήσει στην μεταβολή ή ακόμα και στην καταστροφή του προς εξέταση αντικειμένου. Αυτό είναι πολύ σημαντικό όταν τα αντικείμενα που σαρώνουμε είναι ευαίσθητα, όπως για παράδειγμα ιστορικά έργα τέχνης ή ευαίσθητα όργανα και εξαρτήματα. Οι σαρωτές επαφής χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τους φορητούς και τους τύπου γέφυρας (Συμεωνίδης, 2007).



Εικόνα 6: Φορητός Σαρωτής επαφής CMM τύπου βραχίονα (Future Technology Systems A.E., n.d.).



Εικόνα 7: Σαρωτής επαφής CMM τύπου Γέφυρας (Future Technology Systems A.E., n.d.).

2.2.2 Σαρωτές απόστασης

Οι σαρωτές απόστασης όπως προκύπτει και από την ονομασία τους, δεν έρχονται σε επαφή με το αντικείμενο. Χρησιμοποιούν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία για να εντοπίσουν την θέση των σημείων της επιφάνειας του αντικειμένου για να δημιουργηθεί το νέφος σημείων. Οι σαρωτές απόστασης διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες, παθητικοί και ενεργητικοί σαρωτές. Στους ενεργητικούς σαρωτές, υπολογίζεται η απόσταση μέσω της αντανάκλασης της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από το αντικείμενο στον σαρωτή. Οι ακτινοβολίες εκπέμπουν οι ενεργητικοί σαρωτές είναι οπτική με μορφή laser ή υπερηχητική ή ακτίνες X. Έτσι, με ένα ενσωματωμένο δέκτη του οργάνου, υπολογίζεται η απόσταση μεταξύ του δέκτη και του αντικειμένου. Οι παθητικοί σαρωτές εκμεταλλεύονται την υπάρχουσα ακτινοβολία που εκπέμπει το αντικείμενο με την μορφή φωτονίων, όπου την καταγράφουν και υπολογίζουν την απόσταση από τον δέκτη με την βοήθεια των γωνιών που σχηματίζουν. Οι ενεργητικοί σαρωτές αποτελούν τους πιο συνήθεις σαρωτές για εφαρμογές αποτύπωσης. Επιπλέον, οι ενεργητικοί σαρωτές διαχωρίζονται σε τέσσερις επιμέρους κατηγορίες τους time-of-flight, τριγωνισμού, δομημένης ακτίνας και άλλοι τύποι. Οι συσκευές time-of-flight είναι γνωστές ως LIDAR - Laser Induced Differential Absorption Radar ή LIght Detection And Ranging. Χρησιμοποιούνται στις αποτυπώσεις κτιρίων και σχηματισμών του εδάφους για τη παραγωγή τρισδιάστατου μοντέλου. Έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να μετρήσουν μεγάλες αποστάσεις και μέσω κίνησής τους μπορούν να αποτυπώσουν μεγάλο εύρος οπτικού πεδίου. Η κεφαλή του μηχανήματος σάρωσης, έχει τη δυνατότητα οριζόντιας κίνησης ενώ ειδικά κάτοπτρα κατευθύνουν τη δέσμη κατά την κατακόρυφη διεύθυνση.

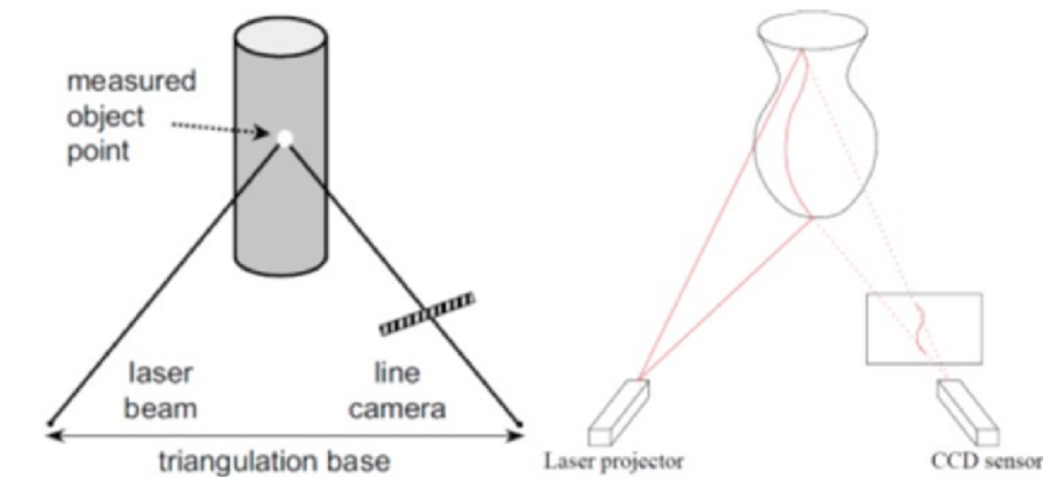


Εικόνα 8: Σαρωτής αποστάσεως Leica RTC360 (Hexagon AB, n.d.).



Εικόνα 9: Σαρωτής αποστάσεως Matterport Pro3 (Matterport Inc., n.d.).

Οι σαρωτές τριγωνισμού σε αντίθεση με τους σαρωτές time-of-flight χρησιμοποιούν την ακτίνα laser για να «φωτίσουν» σημεία πάνω στο αντικείμενο και μια κάμερα για να εντοπίσουν τα σημεία που φωτίζει κάθε φορά η ακτίνα. Αναλόγως το σημεία που χτυπάει κάθε φορά η ακτίνα laser, το αντικείμενο εμφανίζεται και η εικόνα στη κάμερα. Η ονομασία αυτής της τεχνολογία προέρχεται από το τρίγωνο που σχηματίζουν ο πομπός, η κάμερα και το αντικείμενο.



Εικόνα 10: Αισθητήρας σημείων και γραμμής λέιζερ με βάση τριγωνισμό (Kainat, 2016).

Οι σαρωτές δομημένης ακτίνας χρησιμοποιούν για τους υπολογισμούς τους παρόμοια τεχνολογία με τους σαρωτές τριγωνισμού. Προβάλλουν στο αντικείμενο μια ακτίνα με τη βοήθεια της οπτικής ακτινοβολίας, που συνήθως είναι μια ακτίνα laser. Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιεί πολύπλοκους αλγορίθμους, που αξιοποιούν διαφορετικές όψεις του αντικειμένου σε σχέση με τη πηγή laser που αναγνωρίζουν οι δύο δέκτες και μπορούν να ανακατασκευάσουν τη τρισδιάστατη όψη του αντικειμένου.



Εικόνα 11: Σαρωτές δομημένης ακτίνας StereoScan neo (Hexagon AB, n.d.)

2.3 Επεξεργασία δεδομένων νέφους σημείων

Τα δεδομένα των σαρώσεων που προέρχονται από τις μετρήσεις των σαρωτών αποτελούνται από ανεξάρτητα νέφη σημείων (point clouds). Τα νέφη σημείων είναι όσες και οι στάσεις του οργάνου κατά την αποτύπωση και το κάθε ένα έχει το δικό του αυθαίρετο σύστημα αναφοράς. Για τη παραγωγή του τελικού τρισδιάστατου αντικειμένου ή χώρου, είναι απαραίτητη η επεξεργασία των δεδομένων. Σε πρώτη φάση, πραγματοποιείται το φιλτράρισμα του νέφους σημείων για τη μείωση του θορύβου και τη καταγραφή των σημείων. Στη συνέχεια, οι διαδικασίες συνένωσης (registration) και γεωαναφοράς (georeferencing). Η διαδικασία αυτή έχει ως αποτέλεσμα ένα ενιαίο νέφος

σημείων χωρίς ανεπιθύμητο θόρυβο και συστηματικά σφάλματα. Οι ενέργειες που προαναφέρθηκαν πραγματοποιούνται μέσω προγραμμάτων CAD ή και σε λογισμικά επεξεργασίας νέφους σημείων.

2.4 Ενσωμάτωση της τρισδιάστατης σάρωσης στο BIM

Το BIM έχει ως κύριο πλεονέκτημα, τη δυνατότητα ακριβούς αναπαράστασης της γεωμετρίας των στοιχείων, ενσωματώνοντας την πληροφορία σε πολλές διαστάσεις. Η χρήση της ψηφιακού μοντέλου επιτρέπει τη βελτιστοποίηση της απεικόνισης και τη λεπτομέρεια των στοιχείων και των κατασκευαστικών διαδικασιών. Το μοντέλο BIM κατασκευάζεται έπειτα από τη καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης με χρήση του σαρωτή λέιζερ. Λογισμικά όπως Autodesk RECAP, Trimble RealWorks, Leica Cloudworx, και BentleyDescartes παρέχουν το σύνολο της προετοιμασίας του νέφους σημείων για τη δημιουργία του BIM μοντέλου. Στη συνέχεια το νέφος σημείων εισάγεται σε λογισμικά όπως Graphisoft ArchiCAD, Autodesk Revit, Bentley MicroStation και BricsCAD, για τη δημιουργία του BIM μοντέλου. Έπειτα από τη δημιουργία του μοντέλου BIM από το νέφος σημείων του σαρωτή λέιζερ, υπάρχει η δυνατότητα διερεύνησης διάφορων σεναρίων αξιοποίησης του παραγόμενου μοντέλου BIM. Για παράδειγμα, σε ένα οικοδομικό έργο οι αλλαγές στην υφιστάμενη κατάσταση όπως κατεδαφίσεις ή και προσθήκες νέων στοιχείων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Εικονική περιήγηση

Τα μοντέλα BIM έχουν γίνει απαραίτητα στοιχεία κατά τον σχεδιασμό και την διαχείριση των κατασκευών σε όλη την Ευρώπη. Στην Σκανδιναβία συγκεκριμένα το προσωπικό του εργοταξίου εξάγει τις πληροφορίες απευθείας από το 3D μοντέλο αποφεύγοντας τα κλασσικά 2D σχέδια που στις νότιες χώρες όπως η Ελλάδα εξακολουθούν να είναι απαραίτητα. Έργα όπως το Slussen, η γέφυρα Røfors, καθώς και το αεροδρόμιο του Oslo έχουν κατασκευαστεί εξ ολοκλήρου με BIM. Οι ομάδες μελετών παρείχαν στους εργαζομένους αναλυτικές εικόνες Production-Oriented Views (POV) από το BIM (Johansson & Roupré, 2019). Τα POV είναι βελτιωμένα στιγμιότυπα οθόνης από το BIM που συνήθως περιλαμβάνουν στοιχεία με χρωματική επεξεργασία, ακριβείς μετρήσεις και διαστάσεις, πληροφορίες αντικειμένων, τρισδιάστατα τμήματα ή οποιαδήποτε άλλα δεδομένα που οι εργάτες πιστεύουν ότι απαιτούνται για την ανάλυση των εργασιών. Αυτές οι εικόνες αποθηκεύονται σε ένα κοινόχρηστο αποθετήριο μοντέλων, όπου μπορούν να προβληθούν και να χρησιμοποιηθούν σε φορητές συσκευές όπως τα iPad ως συμπληρωματικά αρχεία στο συνολικό μοντέλο BIM. Ωστόσο, ακόμη κι αν τα POV έχουν αποδειχθεί πολύ αποτελεσματική και ισχυρή ιδέα, η πραγματική τους δημιουργία απαιτεί πλέον την παρουσία ενός σχεδιαστή ή επαγγελματία BIM στο χώρο εργασίας. Επιπρόσθετα καθώς ο κλάδος της κατασκευής είναι από τους πιο επικίνδυνους για εργατικά ατυχήματα είναι συνεπώς επιτακτική η ανάγκη για αναλυτικό σχεδιασμό και ενσωμάτωση έξυπνων μεθόδων μελέτης της κατασκευής. Σε αυτή την κατεύθυνση η εικονική πραγματικότητα (VR) γίνεται αναγκαία, καθώς επιτρέπει την οπτικοποίηση της κατασκευής ενισχύοντας τη λειτουργικότητα και την προσβασιμότητα του BIM.

3.1 Εικονική πραγματικότητα μέσω μοντέλων BIM

Σε αυτό το κεφάλαιο τονίζεται η αναγκαιότητα της εικονικής πραγματικότητας ως μέσο συμπλήρωσης των μοντέλων BIM στη σύγχρονη κατασκευή. Μία από τις κύριες προκλήσεις στη φάση του σχεδιασμού είναι επίσης η παρουσίαση μεγάλων και πολύπλοκων σχεδίων στους ενδιαφερόμενους (π.χ. ιδιοκτήτες) που

ενδέχεται να μην έχουν τεχνική εξειδίκευση στην ανάγνωση σχεδίων 2D ή ακόμα και μοντέλων BIM. Ενσωματώνοντας την εικονική πραγματικότητα με το BIM, αρχιτέκτονες και μηχανικοί μπορούν να δημιουργήσουν ρεαλιστικά περιβάλλοντα όπου οι ενδιαφερόμενοι μπορούν να εξερευνήσουν και να αλληλοεπιδρούν με το έργο σε κλίμακα 1:1. Αυτό βελτιώνει την αντίληψη τους για το χώρο, τη διάταξη και τα στοιχεία του κτιρίου ενώ ταυτόχρονα διευκολύνει την επικοινωνία τους με την ομάδα κατασκευής. Οι ενδιαφερόμενοι μπορούν λοιπόν να οπτικοποιήσουν καλύτερα το τελικό προϊόν, βοηθώντας στην αποφυγή παρεξηγήσεων και δαπανηρών αλλαγών κατά την κατασκευή. Επιπλέον, η εικονική πραγματικότητα ενισχύει τον εντοπισμό πιθανών ζητημάτων σχεδιασμού, όπως λανθασμένες τοποθετήσεις μεταξύ υδραυλικών, ηλεκτρικών και μηχανικών συστημάτων, τα οποία μπορεί να είναι δύσκολο να εντοπιστούν σε σχέδια 2D ή ακόμη και σε τρισδιάστατα μοντέλα. Η ενσωμάτωση λοιπόν της εικονικής πραγματικότητας στο BIM γίνεται ολοένα και πιο απαραίτητη για σύγχρονα κατασκευαστικά έργα. Η περιήγηση με VR ενισχύει τις δυνατότητες του BIM στην οπτικοποίηση της σχεδίασης, τη διαχείριση ασφάλειας, τη συνεργασία, τη λήψη αποφάσεων και την αποδοτικότητα κόστους. Η ικανότητα να περιηγούνται οι ενδιαφερόμενοι σε ένα περιβάλλον κλίμακας 1:1 όπου μπορούν να αλληλοεπιδρούν με το μοντέλο του κτιρίου, παρέχει σαφήνεια και κατανόηση, μειώνοντας τα σφάλματα, βελτιώνοντας την ασφάλεια και διασφαλίζοντας ότι όλα τα μέλη της ομάδας ευθυγραμμίζονται με τους στόχους του έργου.

3.1 Προγράμματα 3D περιήγησης

Καθώς οι επαγγελματίες στρέφονται όλο και περισσότερο προς τις ψηφιακές πλατφόρμες, η ζήτηση για εργαλεία που διευκολύνουν την 3D περιήγησή έχει αυξηθεί εκθετικά. Οι επαγγελματίες πέρα από τον κλάδο των αρχιτεκτόνων και τον μηχανικών χρησιμοποιούν τέτοια προγράμματα καθημερινά. Μάλιστα, προγράμματα όπως το Matterport, 3DVista και Kuula χρησιμοποιούνται από επαγγελματίες του Real Estate λόγω των φιλικών προς το χρήστη διεπαφών και των πλούσιων χαρακτηριστικών τους. Από την άλλη, πλατφόρμες όπως η Pano2VR και η Tourweaver προσφέρουν περισσότερη ευχέρεια για

επαγγελματίες που τους ενδιαφέρουν εξειδικευμένες τεχνικές προδιαγραφές. Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται συνοπτικά προγράμματα 3D περιήγησης με κάποια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα (Getuli, Carone, Bruttini, & Isaac, 2020) (Sidani, et al., 2019).

Πρόγραμμα	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Matterport	Υψηλής ποιότητας 3D μοντέλα, εύκολο στη χρήση, εξαιρετικό για ακίνητα	Ακριβό, απαιτεί συγκεκριμένη κάμερα, εξαρτάται από το cloud
3DVista	Εξαιρετικά προσαρμόσιμο, υποστήριξη VR, πρόσβαση offline και online	Δυσκολότερη εκμάθηση
Pano2VR	Μεγάλες δυνατότητες προσαρμογής, υποστήριξη βίντεο 360°, λεπτομερής ενσωμάτωση χαρτών	Δυσκολότερη εκμάθηση, περιορισμένα πρότυπα, απαιτεί υψηλές τεχνικές δεξιότητες
Kuula	Απλό, στο web, γρήγορη δημιουργία 360° περιηγήσεων	Περιορισμένες επιλογές προσαρμογής, λιγότερες προηγμένες λειτουργίες για επαγγελματίες
EyeSpy360	Ενσωματωμένη τηλεδιάσκεψη, εύκολο στη χρήση, καλό για ακίνητα	Λιγότερες επιλογές προσαρμογής, περιορίζεται σε εφαρμογές ακινήτων
Cupix	Δημιουργεί λεπτομερή 3D μοντέλα, υποστήριξη φωτογραμμετρίας, ενσωμάτωση VR και AR	Πολύπλοκο περιβάλλον εργασίας, μπορεί να απαιτεί υψηλές τεχνικές δεξιότητες
Kolor Panotour Pro	Εξαιρετικά προσαρμόσιμο, ιδανικό για τεχνικούς χρήστες, εξαιρετικά εργαλεία χαρτών και hotspots	Δεν υποστηρίζεται πλέον, δεν είναι διαθέσιμες ενημερώσεις και υποστήριξη
Tourweaver	Προσαρμόσιμοι χάρτες και	Παρωχημένο περιβάλλον

	hotspots, καλή ενσωμάτωση με το Google Maps	εργασίας, δυσκολότερη εκμάθηση
Roundme	Φιλικό προς τον χρήστη, όμορφο περιβάλλον εργασίας, εύκολη μεταφόρτωση πανοραμάτων	Περιορισμένες δυνατότητες προσαρμογής, λιγότερες προηγμένες λειτουργίες
Viar360	Εργαλεία δημιουργίας σεναρίων, εξαιρετικό για εκπαίδευση και μάθηση, εύκολη ενσωμάτωση με VR	Περιορίζεται σε εκπαιδευτικές εφαρμογές, δεν είναι ιδανικό για άλλους τομείς
My360	Εστιασμένο σε ακίνητα, εύκολο στη χρήση, δυνατότητες προσαρμογής επωνυμίας	Κυρίως για ακίνητα, λιγότερες δυνατότητες για άλλες βιομηχανίες

Πίνακας 2: Προγράμματα 3D περιήγησης

Καθένα από αυτά τα προγράμματα προσφέρει μοναδικές δυνατότητες προσαρμοσμένες σε διαφορετικές ανάγκες των έργων, με ποικίλα επίπεδα πολυπλοκότητας, ευελιξίας και ευκολίας στη χρήση. Η επιλογή του προγράμματος εξαρτάται από τις συγκεκριμένες απαιτήσεις του έργου, όπως το επίπεδο αλληλεπίδρασης που απαιτείται, την πολυπλοκότητα της εικονικής περιήγησης και την επιθυμητή μορφή εξόδου.

3.1.1 Πρόγραμμα 3DVista

Το 3D Vista επιτρέπει την ακριβή απεικόνιση μοντέλων με μεγάλη λεπτομέρεια και ακρίβεια από διάφορα μοντέλα είτε από το BIM είτε από το νέφος σημείων. Τα δεδομένα του νέφους σημείων παρέχουν αναλυτική πληροφορία για την πραγματική κατάσταση ενός χώρου, ενώ τα παραμετρικά μοντέλα του Revit προσφέρουν ένα δομημένο πλαίσιο σχεδίασης. Μαζί αυτά τα στοιχεία στο 3DVista, δημιουργούν ένα εικονικό περιβάλλον υψηλής ακρίβειας που είναι εύκολο στην πλοήγηση και την εξερεύνηση. Χρησιμοποιώντας το 3DVista, οι επαγγελματίες μπορούν να εξελίξουν τα στατικά μοντέλα BIM συνδυαστικά με τα δεδομένα του νέφους σημείων σε ελκυστικές για πλοήγηση εικονικές

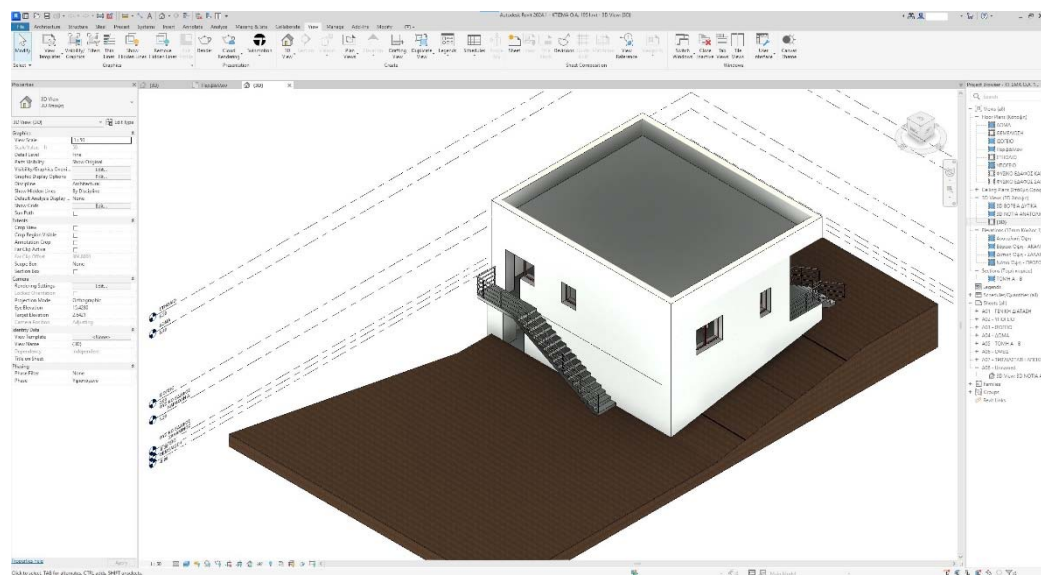
περιηγήσεις. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για την προβολή απλών και σύνθετων αρχιτεκτονικών έργων, επιτρέποντας στους ενδιαφερόμενους να κατανοήσουν καλύτερα τις χωρικές σχέσεις και τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες. Η δυνατότητα προσθήκης περιεχομένου πολυμέσων, όπως βίντεο, πανοράματα, κείμενο και σημείων περιήγησης (hotspots), εμπλουτίζει περαιτέρω την παρουσίαση, προσφέροντας κάτι περισσότερο από μια απλή οπτική εμπειρία. Τέλος, το 3DVista παρέχει υποστήριξη φορητών συσκευών εικονικής πραγματικότητας (γυαλιών VR) δίνοντας τη δυνατότητα στους χρήστες να βιώσουν το μοντέλο σε πραγματική κλίμακα 1:1. Αυτό προσθέτει ένα επίπεδο ρεαλισμού που δεν μπορούν να προσφέρουν οι στατικές 2D παρουσιάσεις ακόμα και το 3D BIM από μόνο του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Μελέτη περίπτωσης (case study)

Στη παρούσα διπλωματική εργασία μελετάται μια μονοκατοικία με στόχο την ανάδειξη της χρησιμότητας του μοντέλου BIM, της συνεισφοράς του νέφους σημείων σε αυτό και προτείνεται η ενσωμάτωση τεχνικών τρισδιάστατης περιήγησης. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η δυνατότητα περιήγησης του ακινήτου μέσω διαδικτύου για την προβολή του και τη προώθησή του στο χώρο του real estate. Το υπό μελέτη ακίνητο βρίσκεται στην εντός σχεδίου περιοχή επί της οδού Καραολή Δημητρίου & Σαλαμίνας στο Δήμο Λυκόβρυσης. Για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης κατασκευάστηκαν δύο ξεχωριστά μοντέλα BIM.

4.1 Μοντελοποίηση βάσει οικοδομικής άδειας

Το αρχικό μοντέλο BIM αποτυπώνει τη κατάσταση του ακινήτου όπως έπρεπε να είχε κατασκευαστεί αρχικά, βάσει των σχεδίων και των μελετών της εκδοθείσας οικοδομικής άδειας. Τα σχέδια και οι μελέτες της οικοδομικής άδειας συλλέχθηκαν από τον ιδιοκτήτη. Η 3D μοντελοποίηση του αρχικού κτιριακού μοντέλου BIM πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού Autodesk Revit 2024 και έφτασε σε επίπεδο ανάπτυξης LOD 200.



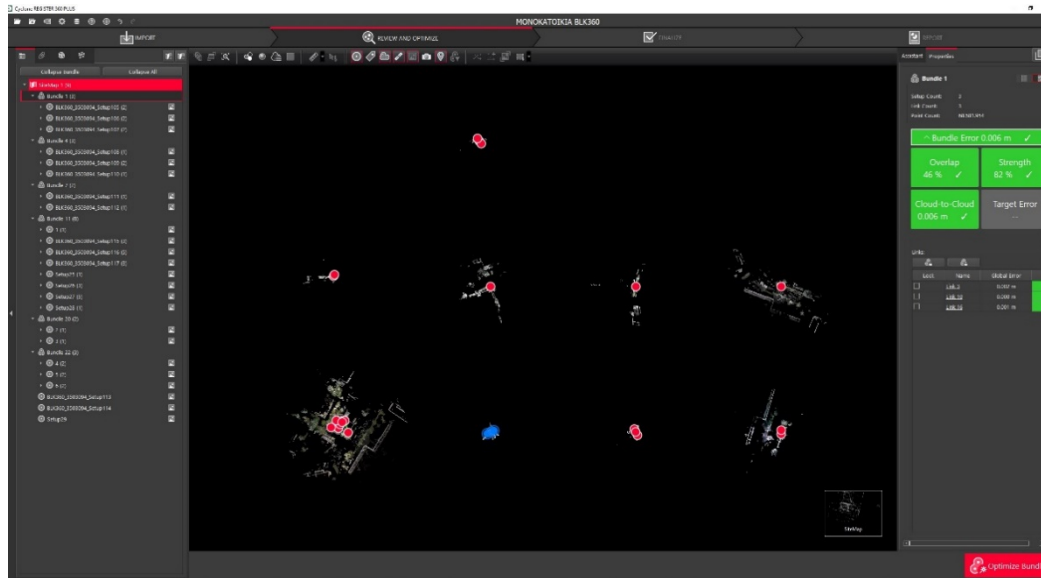
Εικόνα 12: Μοντελοποίηση οικοδομικής άδειας

4.2 Μετρήσεις/Σαρώσεις

Η τρισδιάστατη σάρωση αποτελεί ίσως το σημαντικότερο τμήμα της μελέτης. Πριν την έναρξη των σαρώσεων είναι σημαντική η προμελέτη και ο σχεδιασμός για τις θέσεις που θα στηθεί ο σαρωτής. Σαν πρώτο βήμα έγινε έρευνα για τα σημεία που αφορούν τη μελέτη, αποφεύγοντας πιθανά εμπόδια που μπορεί να επηρεάσουν το τελικό αποτέλεσμα. Για την αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης χρησιμοποιήθηκε ο σαρωτής λέιζερ BLK360 της εταιρείας Leica Geosystems. Για τον καθορισμό των θέσεων σάρωσης του οργάνου (θέσεις σαρωτή) επιλέχθηκαν θέσεις με μεγάλη επικάλυψη σημείων μέσω διαδοχικών σαρώσεων με κοινά σημεία των χώρων σάρωσης για τη συνένωση των νεφών.

4.3 Ένωση και επεξεργασία σαρώσεων

Αρχικά, τα δεδομένα των σαρώσεων μεταφέρθηκαν από το σαρωτή BLK360 σε υπολογιστή που είχε τα λογισμικά επεξεργασίας νέφους σημείων. Από τα διαθέσιμα προγράμματα της Leica Geosystems για το «registration» επιλέχθηκε το λογισμικό Cyclone REGISTER 360 PLUS. Στο λογισμικό Cyclone REGISTER 360 PLUS δημιουργήθηκε νέο έργο και έγινε εισαγωγή των σαρώσεων σε μορφή .blk όπου είναι και η μορφοποίηση των αρχείων του σαρωτή. Έπειτα από την εισαγωγή αρχείων δημιουργήθηκαν αυτόματα από το πρόγραμμα ομάδες σαρώσεων (bundles), όπως φαίνεται στην εικόνα 13.



Εικόνα 13: Ομάδες των σαρώσεων (bundles)

Οι σαρώσεις πραγματοποιήθηκαν σε διαφορετικές χρονικές περιόδους, γι' αυτό το λόγο για την ένωση των σαρώσεων επιλέχθηκε αρχικά το «Cloud-to-Cloud» για την αυτόματη σύνδεση των αλληλεπικαλυπτόμενων σημείων νεφών σημείων. Στη συνέχεια, από τις πολλαπλές ομάδες (bundles) των σαρώσεων, με το εργαλείο «visual alignment» ενώθηκαν τα νέφη σημείων σε μια ομάδα (bundle) όπως φαίνεται στις εικόνες 14 και 15.



Εικόνα 14: Ένωση νεφών με τη χρήση του εργαλείου visual alignment στους άξονες X και Y



Εικόνα 15: Ένωση νεφών με τη χρήση του εργαλείου visual alignment στον άξονα Z

Όταν κρίθηκε ότι τα νέφη σημείων έχουν ταυτιστεί επιλέχθηκε «Join and Optimize» για να λάβουμε τα αποτελέσματα του «registration». Τέλος, με την επιλογή «FINALIZE» παράχθηκε η αναφορά (registration report) των ενώσεων συνολικά. Όπως φαίνεται και στην αναφορά (registration report) ο αριθμός των σαρώσεων ήταν 23 και οι σύνδεσμοι (links) 22.

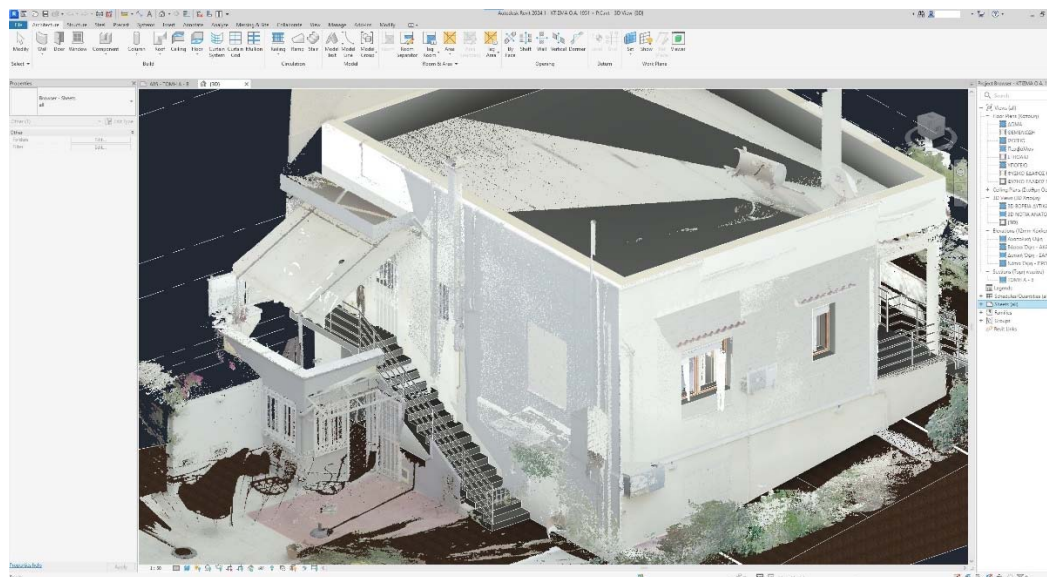
4.4 Scan-to-BIM

Σε αυτό το στάδιο, μετά τη συνένωση των επιμέρους νεφών σημείων στο πρόγραμμα Cyclone REGISTER 360 PLUS όλα τα σημεία βρίσκονται σε ένα ενιαίο νέφος. Με την ολοκλήρωση αυτής της διαδικασίας έγινε εξαγωγή του συνολικού νέφους σημείων σε μορφή .e57 προκειμένου να ξεκινήσει ο καθαρισμός του. Ο καθαρισμός του νέφους πραγματοποιήθηκε με την εισαγωγή του αρχείου .e57 στο πρόγραμμα Autodesk ReCap 2024.

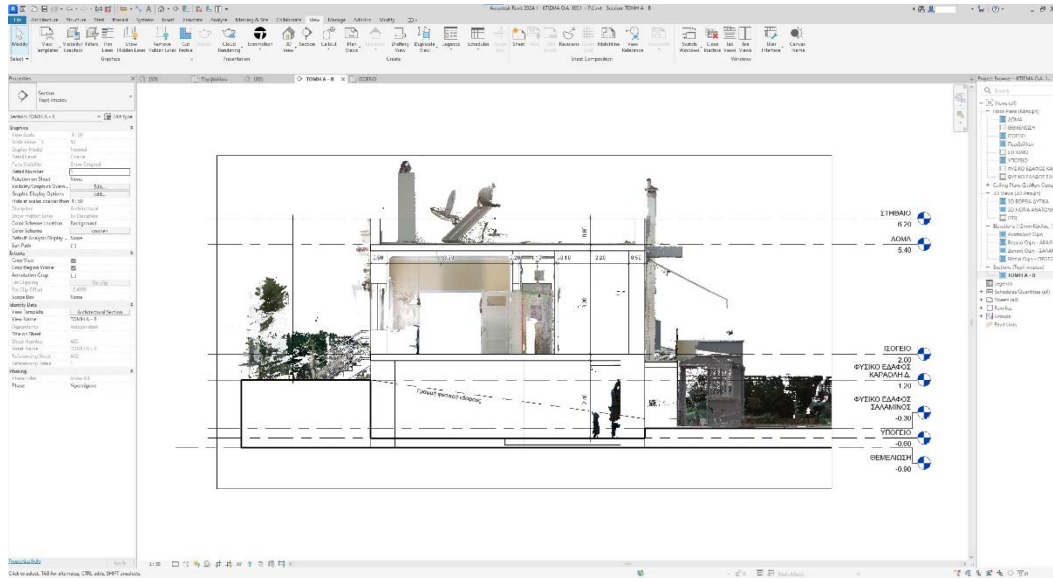


Εικόνα 16: Καθαρισμός νέφους στο πρόγραμμα Autodesk ReCap 2024

Με την ολοκλήρωση του καθαρισμού έγινε αποθήκευση του αρχείου σε μορφή .rpt η οποία είναι συμβατή με το Autodesk Revit 2024. Χρησιμοποιήθηκε ως πρότυπο το αντίγραφο του αρχικού μοντέλου όπως έπρεπε να είχε κατασκευαστεί βάσει οικοδομικής άδειας. Η μοντελοποίηση ξεκίνησε με την εισαγωγή του αρχείου .rpt στο Autodesk Revit 2024. Με την εισαγωγή του αρχείου .rpt προέκυψαν οι διαφορές του νέφους σε σχέση με το πως έπρεπε να είχε κατασκευαστεί.

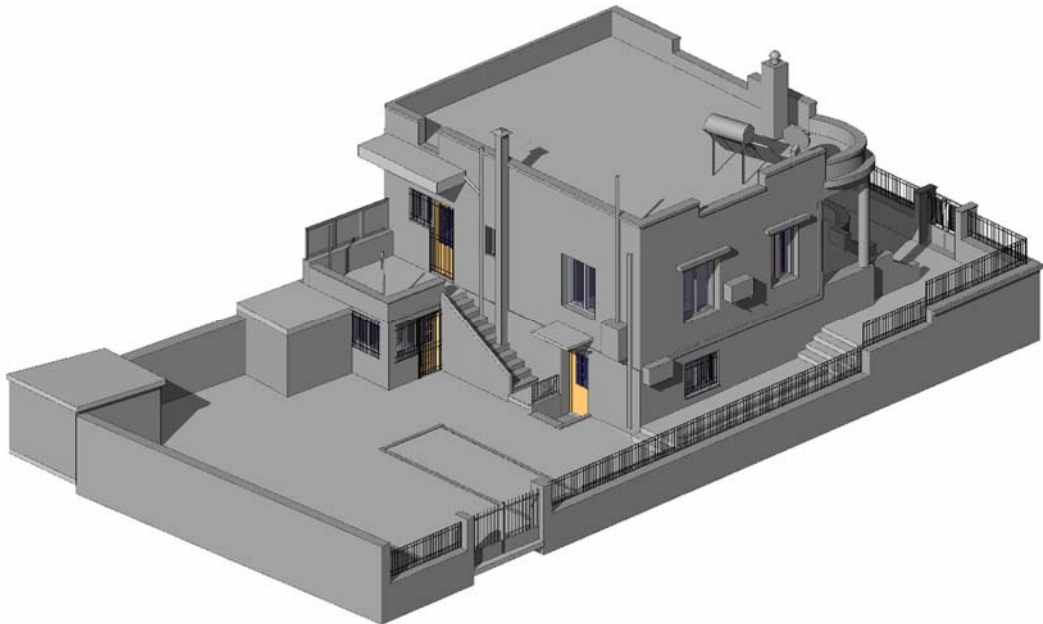


Εικόνα 17: 3D απεικόνιση νέφους σημείων στο αρχικό μοντέλο βάσει οικοδομικής άδειας



Εικόνα 18: Τομή νέφους σημείων στο αρχικό μοντέλο βάσει οικοδομικής άδειας

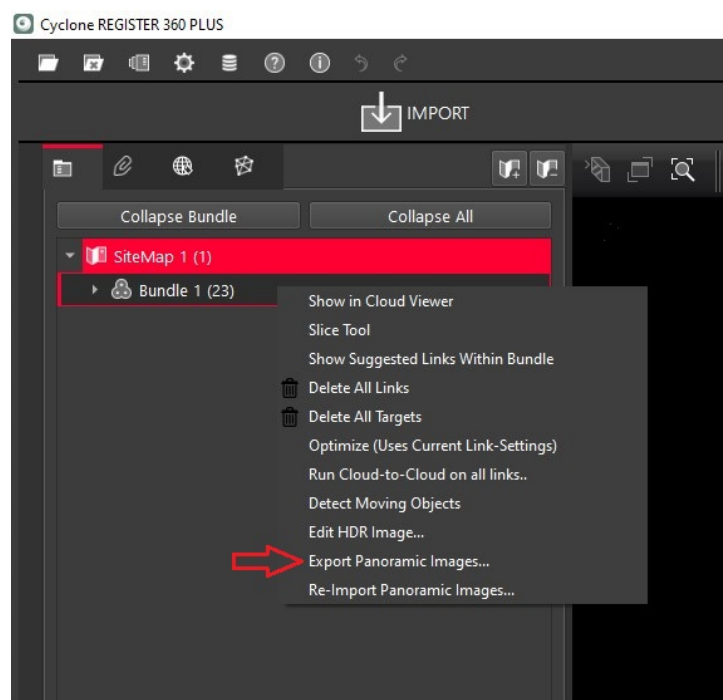
Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η μοντελοποίηση του κτιρίου από το νέφος σημείων ως κατασκευάστηκε και έφτασε σε επίπεδο ανάπτυξης LOD 200.



Εικόνα 19: Μοντέλο scan to BIM

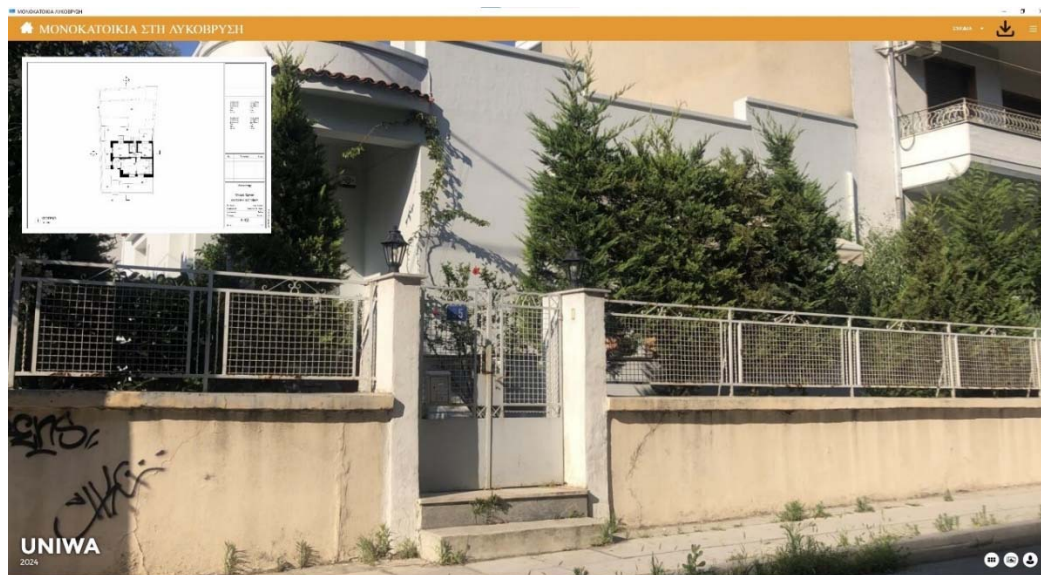
4.5 3DVista Virtual Tour Pro

Ως εργαλείο για την προώθηση του ακινήτου χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα 3DVista Virtual Tour Pro. Το πρόγραμμα έχει τη δυνατότητα επιλογής έτοιμων περιηγήσεων ως πρότυπα για τη δημιουργία νέου έργου. Στη δική μας περίπτωση δημιουργήθηκε νέο κενό έργο χωρίς πρότυπο. Αρχικά δημιουργήθηκε νέο έργο «New project» και επιλέχθηκε «κενό έργο». Στη καρτέλα «Skin» μέσω των διαθέσιμων επιλογών του προγράμματος έγινε η παραμετροποίηση της περιήγησης. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε εισαγωγή των αρχείων της μελέτης στις αντίστοιχες καρτέλες εργασιών. Στη καρτέλα «Panoramas» έγινε εισαγωγή των πανοραμάτων της περιήγησης. Για την εισαγωγή των πανοραμάτων προϋπόθεση είναι η λήψη εικόνων 360°, ωστόσο τα πανοράματα που χρησιμοποιήθηκαν, προέκυψαν από προηγούμενο στάδιο από τις σαρώσεις του σαρωτή BLK360. Για τις πανοραμικές εικόνες έγινε εξαγωγή από το Cyclone REGISTER 360 PLUS με την επιλογή στο bundle «Export Panoramic Images...». Έτσι αξιοποιήθηκαν δεδομένα από προηγούμενο στάδιο, γλυτώνοντας χρόνο σε σύγκριση με την εκ νέου αποτύπωση για τη δημιουργία τους εξ αρχής.



Εικόνα 20: Δημιουργία πανοραμάτων από το πρόγραμμα Cyclone REGISTER 360 PLUS

Σε επόμενο βήμα, αντιστοιχίστηκαν τα σημεία «Hotspots» στα πανοράματα για την εναλλαγή μεταξύ τους κατά την περιήγηση. Στη καρτέλα «Photos» προστέθηκε το φωτογραφικό υλικό που λήφθηκε από κάμερα κινητού κατά τις μετρήσεις με το σαρωτή BLK360 στο χώρο μελέτης. Στη καρτέλα «Floor Plans» έγινε εισαγωγή των παραγόμενων σχεδίων από το μοντέλο scan to bim του Revit 2024. Με την ολοκλήρωση των παραπάνω εργασιών, επιστρέψαμε στην καρτέλα «Skin» για την τελική διαμόρφωση της παρουσίασης του ακινήτου. Για την προώθηση του ακινήτου αναφέρονται το είδος και η τοποθεσία του, τα σχέδια που το συνοδεύουν και αποτυπώνουν την υφιστάμενη κατάσταση, εικονίδια τα οποία με την επιλογή τους εμφανίζονται τα πανοράματα οι φωτογραφίες και οι πληροφορίες του ακινήτου. Με την υλοποίηση επιθυμητών αλλαγών και μικροδιορθώσεων επιλέχθηκε η προεπισκόπηση «Preview» για να ελέγξουμε ότι βλέπουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα και στη συνέχεια επιλέχθηκε η δημοσίευση «Publish» της περιήγησης. Η δημοσίευση έγινε μέσω την επιλογή «WEB/MOBILE» για την παραγωγή των απαραίτητων αρχείων, ώστε να δημοσιευτεί μέσω συνδέσμου στο διαδίκτυο για περιήγηση.



Εικόνα 21: Προεπισκόπηση «Preview» περιήγησης από το 3DVista

Κατά τη δημοσίευση «Publish» μας δίνεται η δυνατότητα «3DVista VR Apps» από το πρόγραμμα για την εξαγωγή αρχείου για περιήγηση σε εικονική πραγματικότητα. Από τις διαθέσιμες επιλογές, στη δική μας περίπτωση έγινε εξαγωγή του αρχείου για συμβατότητα με τον εξοπλισμό εικονικής

πραγματικότητας Meta Quest 2. Τέλος, για την αρχειοθέτηση της μελέτης επιλέχθηκε «Create Project Backup with Media».

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση του τρόπου με τον οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί η συνέργεια μεταξύ BIM και νέφους σημείων στον τομέα των ακινήτων. Πιέζοντας τα όρια των παραδοσιακών πρακτικών, οι τεχνολογίες αυτές έχουν τεράστιες δυνατότητες να μετασχηματίσουν τον τρόπο λειτουργίας και τον ανταγωνισμό της μεσιτείας των ακινήτων. Επιπλέον, οι επαγγελματίες που ασκούν το επάγγελμα θα πρέπει να εκπαιδευτούν πάνω στα μοντέλα BIM για να μπορούν να είναι σε θέση να συμμετέχουν στη διαδικασία μετασχηματισμού που βιώνει σήμερα ο κατασκευαστικός κλάδος. Το κύριο μειονέκτημα του BIM είναι ότι έχει μεγάλο κόστος όσον αφορά την εκπαίδευση του επαγγελματία και την αρχική δημιουργία του μοντέλου. Ωστόσο, υπάρχουν μακροπρόθεσμα οφέλη από την υιοθέτηση του μοντέλου BIM καθώς ακολουθεί το έργο σε όλη τη διάρκεια ζωής του (πχ από την ανέγερση μέχρι την κατεδάφιση). Η εκπαίδευση στο BIM θα πρέπει να μοιραστεί μεταξύ της βιομηχανίας και της ακαδημαϊκής κοινότητας, προκειμένου η εισαγωγή του BIM να καλύψει τις επαγγελματικές ανάγκες της αγοράς. Παρά τα προφανή πλεονεκτήματα, η υιοθέτηση του BIM και του Point Cloud δεν στερείται προκλήσεων. Η τρισδιάστατη περιήγηση και τα εργαλεία της εικονικής πραγματικότητας, αποτελούν καινοτόμες λύσεις, εξασφαλίζοντας την κατανόηση του τρισδιάστατου περιβάλλοντος σε κλίμακα 1:1 απ' όλους τους ενδιαφερόμενους. Τα εργαλεία αυτά, αποτελούν τα επόμενα βήματα στο τομέα του real estate, ενισχύοντας τις δυνατότητες και τις προοπτικές ανάδειξης του των ακινήτων. Κρίνεται αναγκαίος ο σχεδιασμός ενός ολιστικού συστήματος σχεδιασμού, ενσωματώνοντας τις τεχνικές του BIM, του Point Cloud και της τρισδιάστατης περιήγησης. Επιπλέον, προτείνονται πιθανές μελλοντικές λύσεις αυτών των τεχνολογιών, λαμβάνοντας υπόψη τις αναδυόμενες τάσεις και εξελίξεις, όπως η ενσωμάτωση με της τεχνητής νοημοσύνης και της μηχανικής μάθησης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Autodesk. (2023, December 21). *The Evolution of BIM Dimensions: 3D, 4D, 5D & Beyond*. Ανάκτηση από <https://www.autodesk.com/blogs/construction/bim-dimensions/#what>
- Azhar, S. (2017). Role of Visualization Technologies in Safety Planning and Management at Construction Jobsites. *Procedia Engineering*.
- BIMForum. (2023, December 28). *Level of Development (LOD) Specification*. Ανάκτηση από <https://bimforum.org/resource/lod-level-of-development-lod-specification/>
- Bosché, F., & Haas, C. (2008, May). Automated retrieval of 3D CAD model objects in construction range images.
- Boton, C. (2018). Supporting constructability analysis meetings with Immersive Virtual Reality-based collaborative BIM 4D simulation.
- Carcamo, J., Trefftz, H., Acosta, D., & Fernando, B. (2017, Νοέμβριος). Collaborative design model review in the AEC industry. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*.
- Chen, K., Lu, W., Peng, Y., & Rowlinson, S. (2015, March). Bridging BIM and building: From a literature review to an integrated conceptual framework.
- Design, L. (2012). *Laser Design*. Ανάκτηση από <https://www.laserdesign.com/what-is-3d-scanning>
- Du, J., Shi, Y., Zou, Z., & Zhao, D. (2018, Δεκέμβριος). CoVR: Cloud-Based Multiuser Virtual Reality Headset System for Project Communication of Remote Users. Future Technology Systems A.E. (χ.χ.). *Future Technology Systems A.E.* Ανάκτηση από Σταθερά Συστήματα CMM Μετρητικές Μηχανές CMM τύπου Γέφυρας - Zenith 3 CNC: <https://fts.gr/el/stathera-shsthmata-cmm/>
- Getuli, V., Capone, P., Bruttini, A., & Isaac, S. (2020, June). BIM-based immersive Virtual Reality for construction workspace planning:. *ELSEVIER*.
- Gurevich, U., & Rafael, S. (2013, Ιανουάριος). Examination of the effects of a KanBIM production control system on subcontractors' task selections in interior works. *Automation in Construction*.
- Hexagon. (2021, October 15). *3D Laser Scanners: A Perfect Tool for Surveyors*. Ανάκτηση από <https://blog.hexagongeosystems.com/3d-laser-scanners-a-perfect-tool-for-surveyors/>
- Hexagon AB. (χ.χ.). *Leica RTC360 3D Laser Scanner*. Ανάκτηση από <https://leica-geosystems.com/products/laser-scanners/scanners/leica-rtc360>
- Hexagon AB. (χ.χ.). *Structured light scanners*. Ανάκτηση από Structured light scanners: <https://hexagon.com/products/product-groups/measurement-inspection-hardware/structured-light-scanners>
- Jensen, C. (2017). Collaboration and Dialogue in Virtual Reality.
- Johansson, M., & Roupé, M. (2019, November). BIM and Virtual Reality (VR) at the construction site.
- Kainat, M. a. (2016, Μάρτιος). Effects of the Initial Geometric Imperfections on the Buckling Behavior of High Strength UOE Manufactured Steel Pipes. *Journal of Pressure Vessel Technology*.
- Li, H., & Wang, B. (2015, Δεκέμβριος). BIM based collaborative and interactive design process using computer game engine for general end-users.
- Lin, Y.-C., Chen, Y.-P., Yien, H.-W., Huang, C.-Y., & Su, Y.-C. (2018). Integrated BIM, game engine and VR technologies for healthcare design: A case study in cancer hospital.
- Matterport Inc. (χ.χ.). *Matterport PRO3*. Ανάκτηση από https://matterport.com/pro3?srsId=AfmBOop5raBIDI80Q5w_iYt5Or4bV5vu2YbRx4IAKfn1yVS10CnxQfG9
- monarch-innovation. (2023, November 30). Ανάκτηση από Different Level of Development (LOD) in BIM 100, 200, 300, 350, 400, 500: <https://www.monarch-innovation.com/bim-level-of-development-lod-300-350-400-500>
- Nardelli, E. (2019, December). BIM training in Brazil Preparing professionals for BIM

- adoption by public administration.
- Natephra, W., Motamedi, A., Fukuda, T., & Yabuki, N. (2017, Δεκέμβριος). Integrating building information modeling and virtual reality development engines for building indoor lighting design.
- Sacks, R., Charles, E., Ghang, L., & Paul, T. (2018, July). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers, 3rd Edition.
- Sacks, R., Whyte, J., Swissa, D., Raviv, G., Zhou, W., & Shapira, A. (2015, Μάρτιος). Safety by design: dialogues between designers and builders using virtual reality. *Construction Management and Economics*.
- Sampaio, Z. (2020). *BIM Education Required in Construction Industry*. doi:10.1007/978-3-030-35533-3_1
- Sangyoon, C., Choi, C., Cho, C.-Y., & Won Yoon, S. (2008, March). RFID+4D CAD for Progress Management of Structural Steel Works in High-Rise Buildings.
- Saznizam Sazmee Sinoh, Z. I. (2020). Review of BIM literature and government initiatives to promote BIM in Malaysia. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*.
- Shi, Y., Du, J., Lavy, S., & Zhao, D. (2016). A Multiuser Shared Virtual Environment for Facility Management. *Procedia Engineering*.
- Sidani, A., Dinis, F., Sanhudo, L., Duarte, J., Baptista, J., Martins, J., & Soeiro, A. (2019, December). Recent Tools and Techniques of BIM-Based Virtual Reality: A Systematic Review.
- Smith, P. (2014). BIM & the 5D project cost manager. σσ. 475–484.
- Taylor, D. (2017). *BIM vs CAD: What's the Difference?* Ανάκτηση από <https://www.capterra.com/resources/bim-vs-cad-whats-the-difference/>
- Teizer, J., Caldas, C., & Haas, C. (2007, November). Real-Time Three-Dimensional Occupancy Grid Modeling for the Detection and Tracking of Construction Resources.
- Thomas, H., & König, M. (2016). Low-cost virtual reality environment for engineering and construction.
- Wang, B., Li, H., Rezgui, Y., Bradley, A., & Ong, H. (2014, Αύγουστος). BIM Based Virtual Environment for Fire Emergency Evacuation. *Wiley The Scientific World Journal*.
- Wang, C., Li, H., & Kho, S. (2018, Φεβρουάριος). VR-embedded BIM immersive system for QS engineering education. *Computer Applications in Engineering Education*.
- Wu, T.-H., Wu, F., Liang, C.-J., Li, Y.-F., Tseng, C.-M., & Kang, S.-C. (2019, Ιούλιος). A virtual reality tool for training in global engineering collaboration.
- Xiangyu, W., Peter E.D., L., Mi Jeong, K., Park, C.-S., Sing, C.-P., & Hou, L. (2013, September). A conceptual framework for integrating building information modeling with augmented reality.
- Συμεωνίδης, Π. (2007). *Σαρωτές Laser. Τεχνολογία, τεχνικές και εφαρμογές*. Σέρρες: Τ.Ε.Ι. Σερρών.



Leica BLK
Geosystems

LEICA BLK360

REALITY CAPTURE. NOW.



LEICA BLK360

IMAGING LASER SCANNER



GENERAL

Imaging scanner	3D scanner with integrated high-speed HDR spherical imaging system and Visual Inertial System (VIS) for real-time pre-registration
-----------------	--

DESIGN & PHYSICAL

Housing	Black anodized aluminium
Dimensions	Height: 155 mm Diameter: 80 mm
Weight	0.75 kg (0.85 kg incl. battery)
Transport cover	GVP739 Transportation cover
Mounting mechanism	Button-press quick release

OPERATION

Stand-alone operation	One-button operation
Mobile devices	BLK Live app for iOS and Android smartphones Leica Cyclone Field360 app for iOS and Android tablet computers and smartphones
Wireless communication	Integrated wireless LAN (802.11 b/g/n)
Internal memory	Storage for up to 1500 setups
Instrument orientation	Upright and upside down

POWER

Battery type	Internal, rechargeable Li-Ion battery (Leica GEB825)
Capacity	Up to 70 setups per battery

SCANNING

Distance measurement system	High speed time of flight enhanced by Waveform Digitizing (WFD) technology
Laser class	1 (in accordance with IEC 60825-1:2014)
Wavelength	830 nm
Field of view	360° (horizontal) / 270° (vertical)
Range*	min. 0.5 m - up to 45 m
Point measurement rate	up to 680.000 pts/sec
Measurement modes	4 user selectable resolution settings (6/12/25/50 mm @ 10 m)

IMAGING

Camera system	13 Mpixel 4-camera system captures 104 Mpx raw data for calibrated 360° x 270° spherical image
Speed	< 8 sec. for full spherical LDR image at any light conditions < 20 sec. for full spherical 5-brackets HDR image at any light conditions
Image modes	<ul style="list-style-type: none"> • Auto-exposed LDR • 5-brackets HDR • Off - scanning only

PERFORMANCE

Data acquisition	< 20 sec. for complete full dome scan and spherical LDR image at 50 mm @ 10 m resolution with automatic tilt measurements
3D point accuracy*	4 mm @ 10 m
Real time pre-registration	Automatic point cloud alignment based on real time tracking of scanner movement between setups based on Visual Inertial System (VIS) by video enhanced inertial measurement unit

ENVIRONMENTAL

Robustness	Designed for indoor and outdoor use
Operating temperature	0° C to + 40° C
Dust/Humidity	Solid particle/liquid ingress protection IP54 (IEC 60529)

DATA PROCESSING

Data transfer	Wireless and USB 3.0
Desktop software	Leica Cyclone REGISTER 360 and Cyclone REGISTER 360 (BLK Edition)
Cloud software	HxDR Digital Reality: cloud-based digital reality platform

* At 78% albedo
All specifications are subject to change without notice.
All accuracy specifications are one sigma unless otherwise noted.
Copyright Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Switzerland 2022.



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β'

Cyclone REGISTER 360 PLUS Registration Report



Οκτ 6, 2024

Certified by:
ILIAS KAKOS
POST GRADUATE STUDENT
UNIWA
<https://realestate.uniwa.gr/>



SiteMap 1

Overall Quality

Error Results for Bundle 1

Setup Count: 23
Link Count: 22
Strength: 66 %
Overlap: 36 %
Global Bundle Error: --

Bundle Error 0.004 m ✓	
Overlap 36 % ✓	Strength 66 % ✓
Cloud-to-Cloud	Target Error

0.004 m ✓

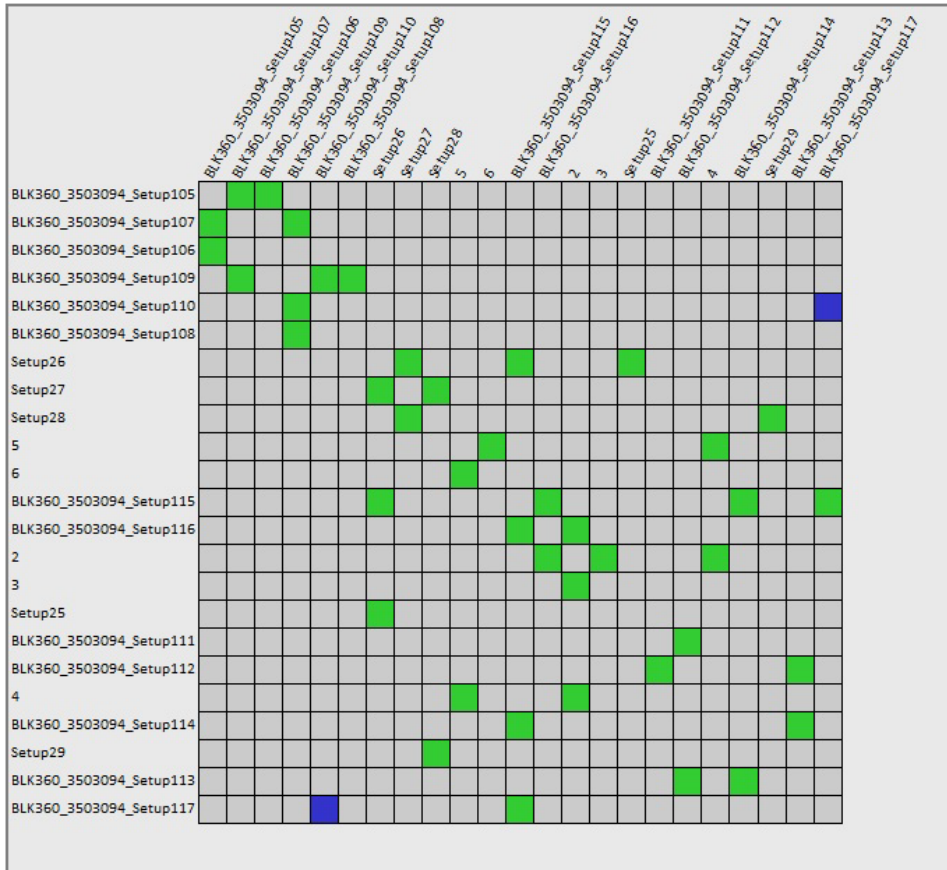
--

Max error of 0.015 m.

Max error of 0.020 m.

Error greater than 0.020 m.

Link-Quality Matrix #1 -



Link Error Results

1 Overview

Link Name	Setup 1	Setup 2	Overlap	Abs. Mean Error
Link 3	BLK360_3503094_Setup105	BLK360_3503094_Setup107	74 %	0.002 m
Link 10	BLK360_3503094_Setup105	BLK360_3503094_Setup106	42 %	0.002 m
Link 12	BLK360_3503094_Setup109	BLK360_3503094_Setup110	40 %	0.002 m
Link 19	BLK360_3503094_Setup108	BLK360_3503094_Setup109	25 %	0.002 m
Link 42	BLK360_3503094_Setup107	BLK360_3503094_Setup109	11 %	0.002 m
Link 39	BLK360_3503094_Setup117	BLK360_3503094_Setup110	6 %	0.000 m
Link 1	Setup26	Setup27	44 %	0.005 m
Link 2	Setup27	Setup28	28 %	0.004 m
Link 4	5	6	61 %	0.002 m
Link 5	BLK360_3503094_Setup115	BLK360_3503094_Setup116	40 %	0.004 m
Link 6	2	3	48 %	0.003 m
Link 8	Setup25	Setup26	29 %	0.005 m
Link 11	BLK360_3503094_Setup111	BLK360_3503094_Setup112	45 %	0.006 m
Link 13	4	5	45 %	0.002 m
Link 23	BLK360_3503094_Setup114	BLK360_3503094_Setup115	31 %	0.006 m
Link 32	Setup28	Setup29	43 %	0.006 m
Link 33	BLK360_3503094_Setup113	BLK360_3503094_Setup114	26 %	0.005 m
Link 34	BLK360_3503094_Setup112	BLK360_3503094_Setup113	31 %	0.005 m
Link 36	2	4	30 %	0.003 m
Link 38	BLK360_3503094_Setup115	BLK360_3503094_Setup117	28 %	0.004 m
Link 41	BLK360_3503094_Setup115	Setup26	32 %	0.004 m
Link 45	BLK360_3503094_Setup116	2	21 %	0.008 m

2 Details

Link Name	Setup 1	Setup 2	Overlap	Abs. Mean Error
Link 3	BLK360_3503094_Setup105	BLK360_3503094_Setup107	74 %	0.002 m
		Cloud to Cloud		0.002 m
		Target	Mean Target Error:	--

Link Name	Setup 1	Setup 2	Overlap	Abs. Mean Error
Link 10	BLK360_3503094_S etup105	BLK360_3503094_S etup106	42 %	0.002 m
Cloud to Cloud Target				0.002 m Mean Target Error: --

Link Name	Setup 1	Setup 2	Overlap	Abs. Mean Error
Link 12	BLK360_3503094_S etup109	BLK360_3503094_S etup110	40 %	0.002 m
Cloud to Cloud Target				0.002 m Mean Target Error: --

Link Name	Setup 1	Setup 2	Overlap	Abs. Mean Error
Link 19	BLK360_3503094_S etup108	BLK360_3503094_S etup109	25 %	0.002 m
Cloud to Cloud Target				0.002 m Mean Target Error: --

Link Name	Setup 1	Setup 2	Overlap	Abs. Mean Error
Link 42	BLK360_3503094_S etup107	BLK360_3503094_S etup109	11 %	0.002 m
Cloud to Cloud Target				0.002 m Mean Target Error: --

Link Name	Setup 1	Setup 2	Overlap	Abs. Mean Error
Link 39	BLK360_3503094_Setup117	BLK360_3503094_Setup110	6 %	0.000 m
		Cloud to Cloud Target	Mean Target Error:	0.000 m --

Link Name	Setup 1	Setup 2	Overlap	Abs. Mean Error
Link 1	Setup26	Setup27	44 %	0.005 m
		Cloud to Cloud Target	Mean Target Error:	0.005 m --

Link Name	Setup 1	Setup 2	Overlap	Abs. Mean Error
Link 2	Setup27	Setup28	28 %	0.004 m
		Cloud to Cloud Target	Mean Target Error:	0.004 m --

Link Name	Setup 1	Setup 2	Overlap	Abs. Mean Error
Link 4	5	6	61 %	0.002 m
		Cloud to Cloud Target	Mean Target Error:	0.002 m --

Link Name	Setup 1	Setup 2	Overlap	Abs. Mean Error
Link 5	BLK360_3503094_Setup115	BLK360_3503094_Setup116	40 %	0.004 m
		Cloud to Cloud Target	Mean Target Error:	0.004 m --

Link Name	Setup 1	Setup 2	Overlap	Abs. Mean Error
Link 6	2	3	48 %	0.003 m
		Cloud to Cloud		0.003 m
		Target	Mean Target Error:	--

Link Name	Setup 1	Setup 2	Overlap	Abs. Mean Error
Link 8	Setup25	Setup26	29 %	0.005 m
		Cloud to Cloud		0.005 m
		Target	Mean Target Error:	--

Link Name	Setup 1	Setup 2	Overlap	Abs. Mean Error
Link 11	BLK360_3503094_Setup111	BLK360_3503094_Setup112	45 %	0.006 m
		Cloud to Cloud		0.006 m
		Target	Mean Target Error:	--

Link Name	Setup 1	Setup 2	Overlap	Abs. Mean Error
Link 13	4	5	45 %	0.002 m
		Cloud to Cloud		0.002 m
		Target	Mean Target Error:	--

Link Name	Setup 1	Setup 2	Overlap	Abs. Mean Error
Link 23	BLK360_3503094_Setup114	BLK360_3503094_Setup115	31 %	0.006 m
		Cloud to Cloud		0.006 m
		Target	Mean Target Error:	--

Link Name	Setup 1	Setup 2	Overlap	Abs. Mean Error
Link 32	Setup28	Setup29	43 %	0.006 m
		Cloud to Cloud		0.006 m
		Target	Mean Target Error:	--

Link Name	Setup 1	Setup 2	Overlap	Abs. Mean Error
Link 33	BLK360_3503094_Setup113	BLK360_3503094_Setup114	26 %	0.005 m
		Cloud to Cloud		0.005 m
		Target	Mean Target Error:	--

Link Name	Setup 1	Setup 2	Overlap	Abs. Mean Error
Link 34	BLK360_3503094_Setup112	BLK360_3503094_Setup113	31 %	0.005 m
		Cloud to Cloud		0.005 m
		Target	Mean Target Error:	--

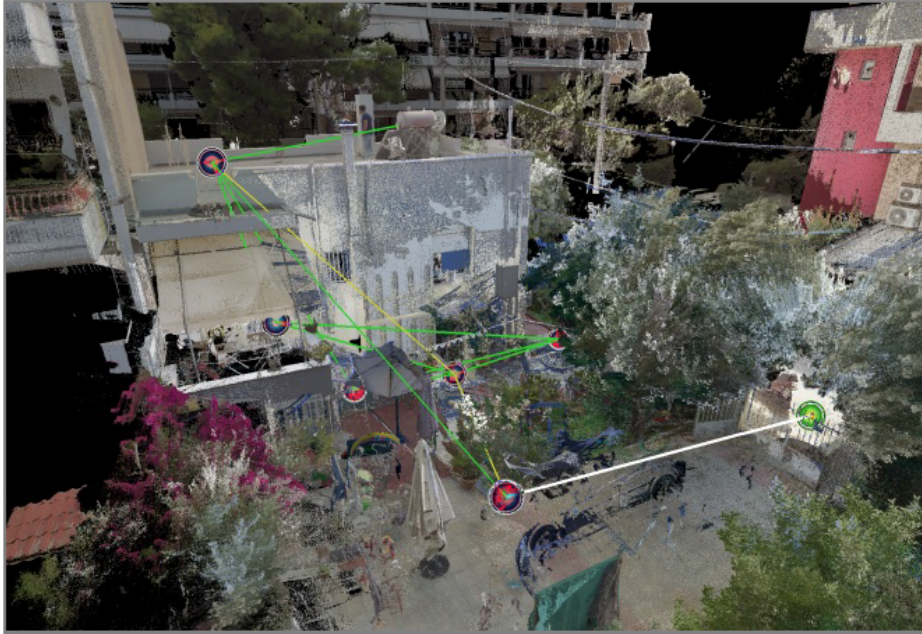
Link Name	Setup 1	Setup 2	Overlap	Abs. Mean Error
Link 36	2	4	30 %	0.003 m
		Cloud to Cloud		0.003 m
		Target	Mean Target Error:	--

Link Name	Setup 1	Setup 2	Overlap	Abs. Mean Error
Link 38	BLK360_3503094_Setup115	BLK360_3503094_Setup117	28 %	0.004 m
		Cloud to Cloud Target	Mean Target Error:	0.004 m --

Link Name	Setup 1	Setup 2	Overlap	Abs. Mean Error
Link 41	BLK360_3503094_Setup115	Setup26	32 %	0.004 m
		Cloud to Cloud Target	Mean Target Error:	0.004 m --

Link Name	Setup 1	Setup 2	Overlap	Abs. Mean Error
Link 45	BLK360_3503094_Setup116	2	21 %	0.008 m
		Cloud to Cloud Target	Mean Target Error:	0.008 m --

Graphics



View 1 ΑΚΑΛΥΠΤΟΣ.png



ΘΕΣΕΙΣ ΣΑΡΩΣΕΩΝ



ΚΑΡΑΟΛΗ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ



ΚΑΡΑΟΛΗ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΜΕ ΕΤΙΚΕΤΕΣ



ΚΑΡΑΟΛΗ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΜΕ ΕΤΙΚΕΤΕΣ ΚΑ



ΣΑΛΑΜΙΝΟΣ

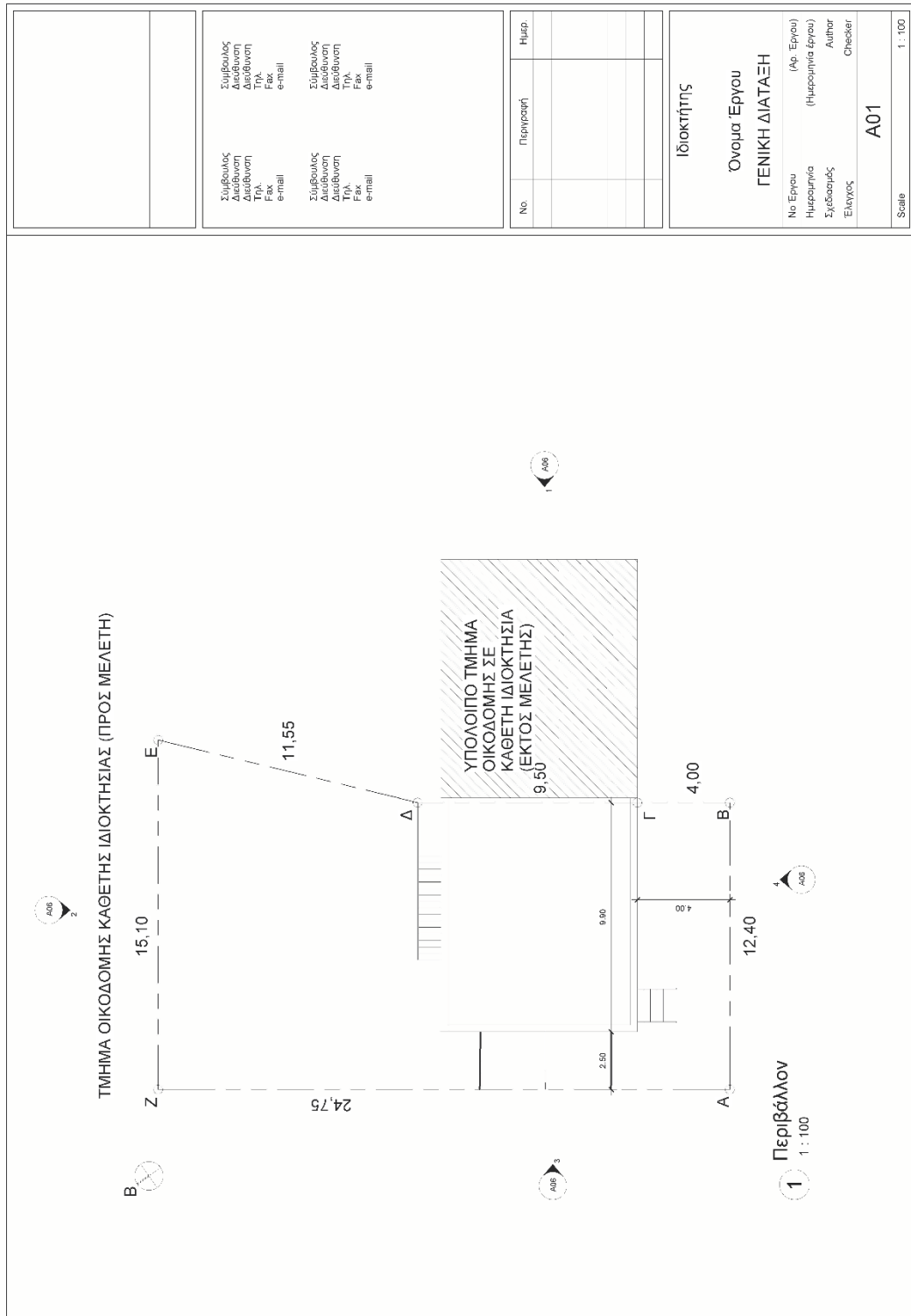


ΣΑΛΑΜΙΝΟΣ ΜΕ ΕΤΙΚΕΤΕΣ



ΣΑΛΑΜΙΝΟΣ ΜΕ ΕΤΙΚΕΤΕΣ ΚΑΙ LINK

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ'



Συμβούλος
Διεύθυνση
Διεύθυνση
Τηλ.
Fax
e-mail

Συμβούλος
Διεύθυνση
Διεύθυνση
Τηλ.
Fax
e-mail

No.	Περιγραφή	Ημερ.

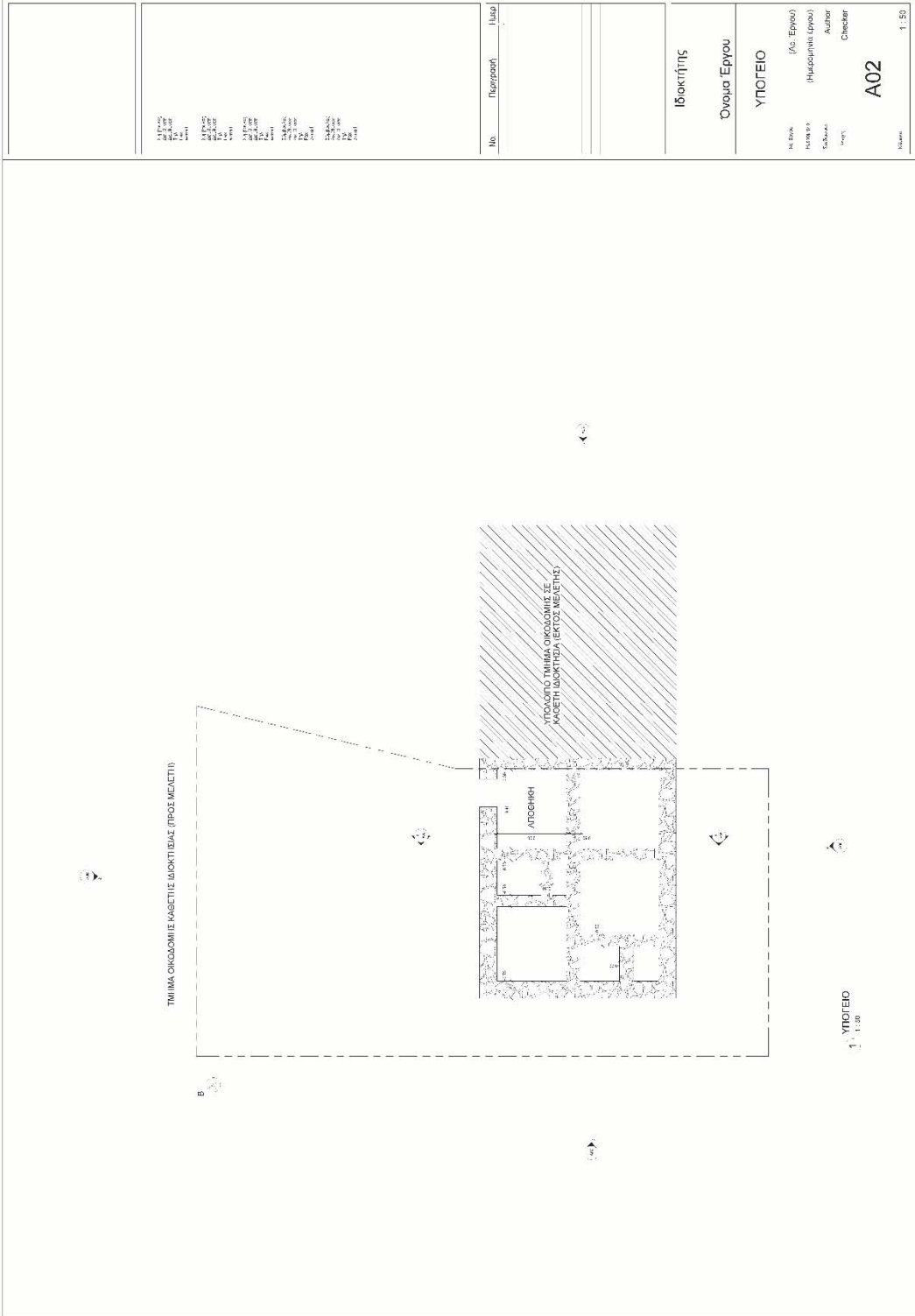
Ιδιοκτήτης

Όνομα Έργου
ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ

No Έργου (Αρ. Έργου)
Ημερομηνία (Ημερομηνία Έργου)
Συμβολαίης Author
Ελεγκτής Checker

A01

Scale 1 : 100



Διευθυντής
Υπεύθυνος
Ελεγκτής
Κατασκευαστής

Διευθυντής
Υπεύθυνος
Ελεγκτής
Κατασκευαστής

Διευθυντής
Υπεύθυνος
Ελεγκτής
Κατασκευαστής

Διευθυντής
Υπεύθυνος
Ελεγκτής
Κατασκευαστής

No.	Περιγραφή	Παράρτημα
-----	-----------	-----------

Ιδιοκτήτης

Όνομα Έργου

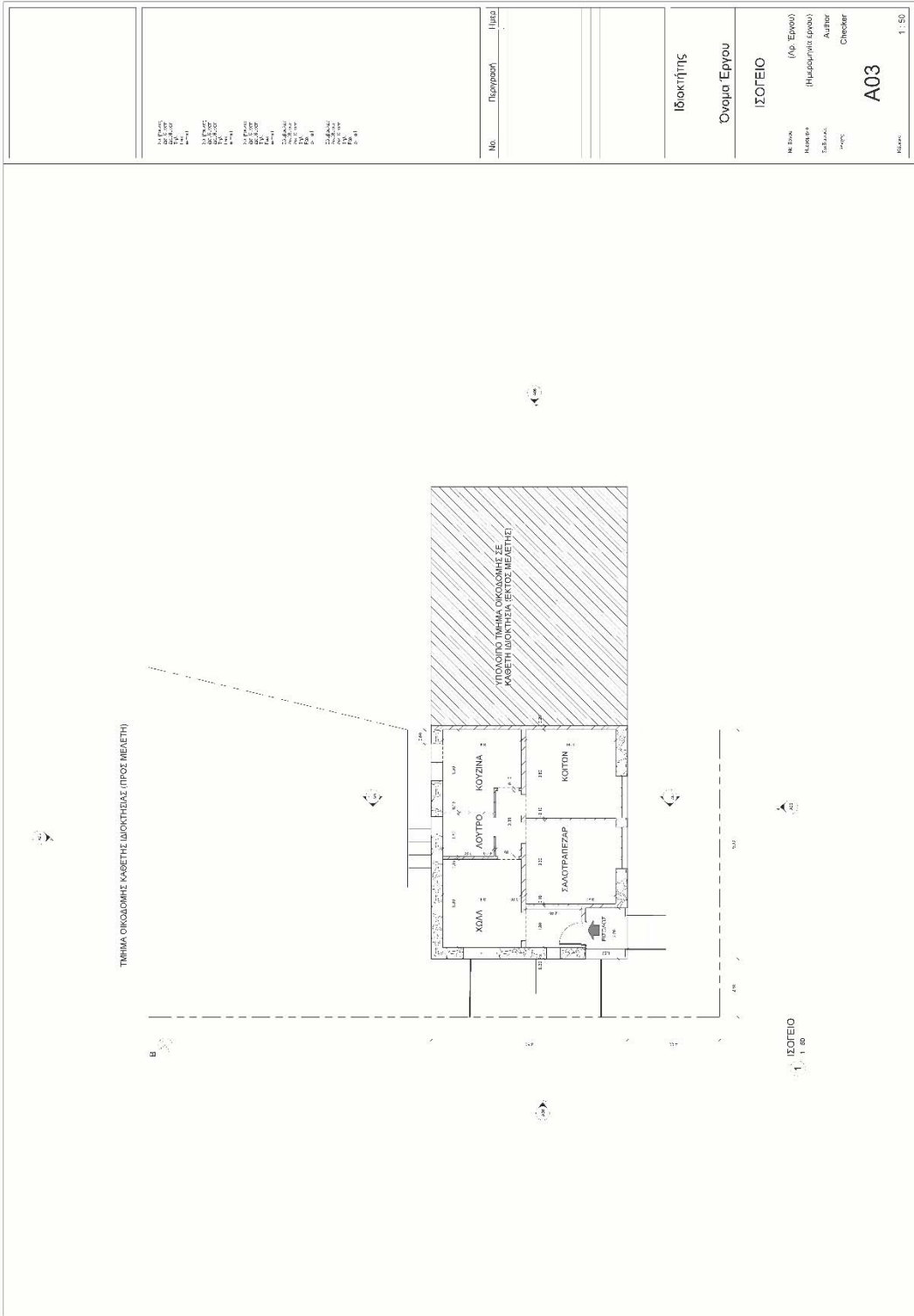
ΥΠΟΛΕΙΟ

ΚΑ. ΒΛΑΧ
ΠΕΡΙΟΧΗ
ΕΛΛΗΝΙΚΗ
Τ. 57015

(Όνο. Έργου)
(Παραρτημα Έργου)
Author
Checker

A02

Μέγεθος
1 : 50



ΤΜΗΜΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΚΑΘΕΤΗΣ ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑΣ (ΠΡΟΣ ΜΕΛΕΤΗ)

- 1. ΕΡΓΑΣΙΑ
- 2. ΕΡΓΑΣΙΑ
- 3. ΕΡΓΑΣΙΑ
- 4. ΕΡΓΑΣΙΑ
- 5. ΕΡΓΑΣΙΑ
- 6. ΕΡΓΑΣΙΑ
- 7. ΕΡΓΑΣΙΑ
- 8. ΕΡΓΑΣΙΑ
- 9. ΕΡΓΑΣΙΑ
- 10. ΕΡΓΑΣΙΑ
- 11. ΕΡΓΑΣΙΑ
- 12. ΕΡΓΑΣΙΑ
- 13. ΕΡΓΑΣΙΑ
- 14. ΕΡΓΑΣΙΑ
- 15. ΕΡΓΑΣΙΑ
- 16. ΕΡΓΑΣΙΑ
- 17. ΕΡΓΑΣΙΑ
- 18. ΕΡΓΑΣΙΑ
- 19. ΕΡΓΑΣΙΑ
- 20. ΕΡΓΑΣΙΑ

№	Περιγραφή	Πλάτος

ΙΔΙΟΚΤΗΣΗΣ

Όνομα Έργου

ΙΣΤΟΙΕΙΟ

№ ΕΡΓΟΥ (№ Έργου)

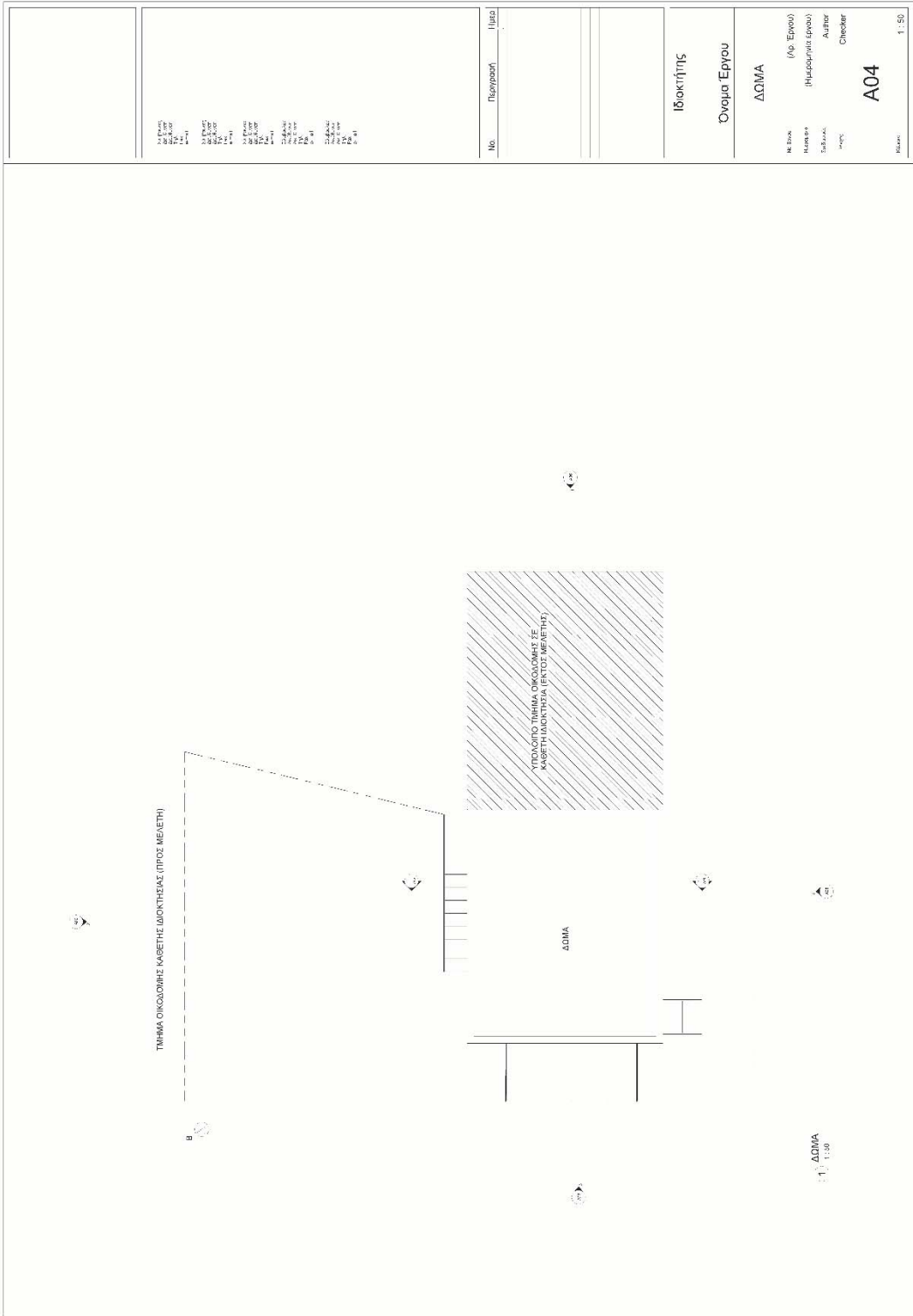
№ ΜΕΛΕΤΗΣ (Παραπομπή έργου)

Author

Checker

A03

№ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ 1 : 80



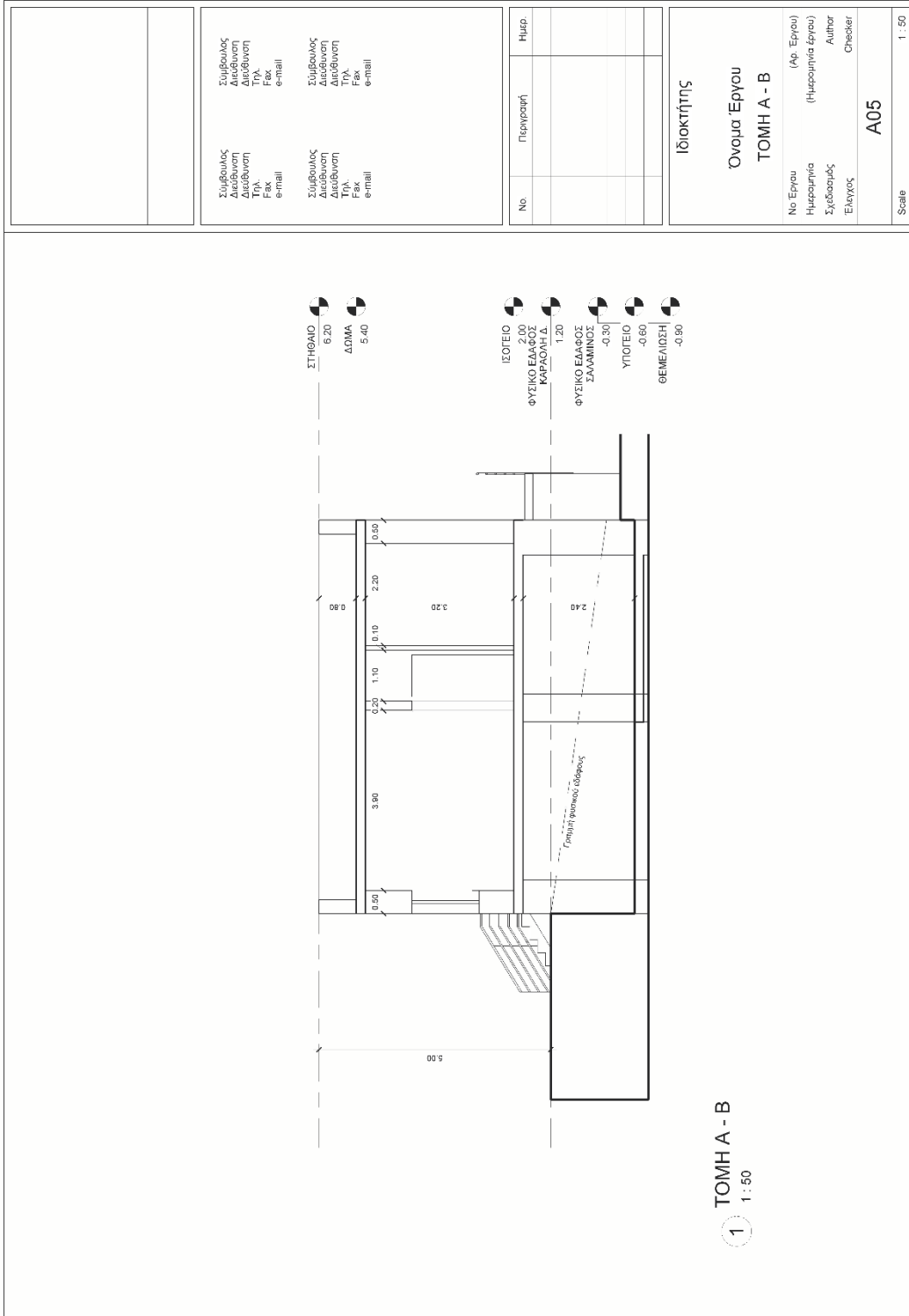
- Δι. Εργασ. 1/1
- Δι. Εργασ. 2/1
- Δι. Εργασ. 3/1
- Δι. Εργασ. 4/1
- Δι. Εργασ. 5/1
- Δι. Εργασ. 6/1
- Δι. Εργασ. 7/1
- Δι. Εργασ. 8/1
- Δι. Εργασ. 9/1
- Δι. Εργασ. 10/1
- Δι. Εργασ. 11/1
- Δι. Εργασ. 12/1
- Δι. Εργασ. 13/1
- Δι. Εργασ. 14/1
- Δι. Εργασ. 15/1
- Δι. Εργασ. 16/1
- Δι. Εργασ. 17/1
- Δι. Εργασ. 18/1
- Δι. Εργασ. 19/1
- Δι. Εργασ. 20/1

No.	Περιγραφή	Ποσότητα

ΙΔΙΟΚΤΗΤΗΣ
Όνομα Εργαίου

ΔΩΜΑ
 (Ως Εργασ.)
 (Παραπομπή Εργασ.)
 Author
 Checker

A04
 1 / 50



1 ΤΟΜΗ Α - Β
1 : 50

Σύμβουλος Διαβύθιση
Τηλ. Fax e-mail

Σύμβουλος Διαβύθιση
Τηλ. Fax e-mail

No	Περιγραφή	Ημερ.

Ιδιοκτήτης

Όνομα Έργου
ΤΟΜΗ Α - Β


No Έργου (Αρ. Έργου)
Ημερομηνία (Ημερομηνία Έργου)
Σχεδιαστής Author
Έλεγχος Checker
Α05

Scale 1 : 50

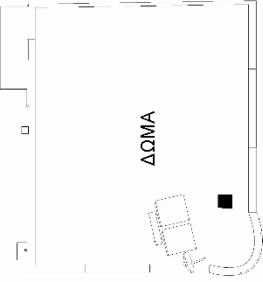
<p>Στοιχεία Διακρίνουσας Διεύθυνση: Τ.Κ. 101 Τηλ: 0111 Φαξ: 0111 e-mail: 0111</p> <p>Στοιχεία Διακρίνουσας Διεύθυνση: Τ.Κ. 101 Τηλ: 0111 Φαξ: 0111 e-mail: 0111</p>	<p>No. Περιγραφή Ημερ.</p>	<p>Ιδιοκτήτης</p> <p>Όνομα Έργου ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ 3D</p> <p>№ Έργου: 149 Έργο: Ηλεκτρονική απεικόνιση 3D</p> <p>Ημερομηνία: 14/05/2024</p> <p>Συγγραφέας: ΑΝΤΩΝ</p> <p>Επιχειρηματίας: ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ</p> <p>Κύριος: Α07</p>
---	----------------------------	--

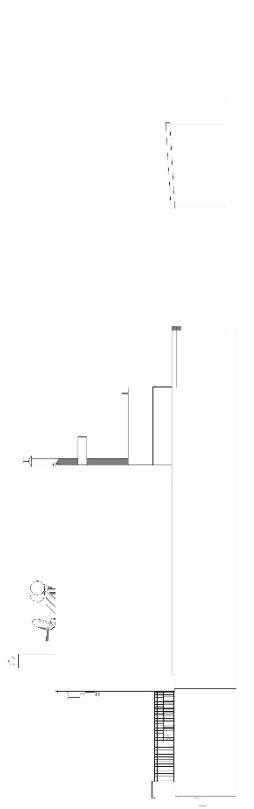
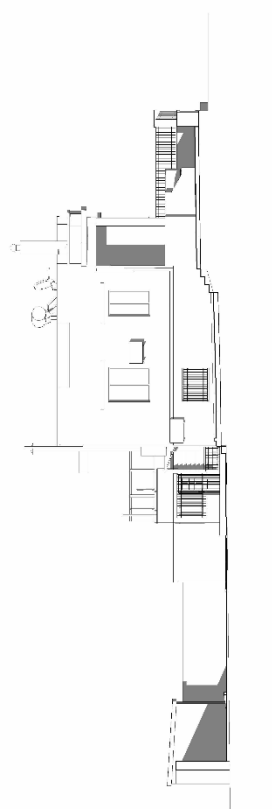
3D ΒΟΡΕΙΑ ΔΥΤΙΚΑ

<p>Στοιχεία Αντιστάτη Στοιχεία Αντιστάτη Τηλ. Fax e-mail</p> <p>Στοιχεία Αντιστάτη Στοιχεία Αντιστάτη Τηλ. Fax e-mail</p>	<p>No. Περιγραφή Ημέρ.</p>	<p>Ιδιοκτήτης Όνομα Έργου Unnamed</p> <p>№ Έργου (№ Εργασίας) Ημερομηνία Έργου</p> <p>Συγγραφέας Αριθμός Ονόμα</p> <p>Είδη Έργου Α08</p> <p>Κύριος</p>
---	----------------------------	---

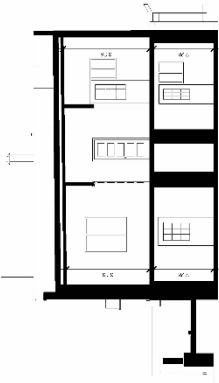


1 3D NOTIA ANATOLIKA

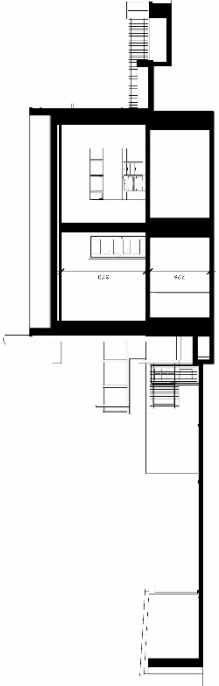
 <p>ΔΩΜΑ</p>		<p>1</p> <p>ΔΩΜΑ</p> <p>1 : 100</p>
<p>Σύμβουλος Διαβύθιση Διαβύθιση Τηλ. Fax e-mail</p>	<p>Σύμβουλος Διαβύθιση Διαβύθιση Τηλ. Fax e-mail</p>	<p>Σύμβουλος Διαβύθιση Διαβύθιση Τηλ. Fax e-mail</p>
No.	Περιγραφή	Ημερ.
<p>Ιδιοκτήτης</p> <p>Όνομα Έργου</p> <p>ΚΑΤΟΨΗ ΔΩΜΑΤΟΣ</p>		
No Έργου	(Αφ. Έργου)	
Ημερομηνία	(Ημερομηνία Έργου)	
Σχεδιαστής	Author	
Ελεγκτής	Checker	
		A103
Scale		1 : 100

	<p>Συμβούλος Διερεύνηση Διερεύνηση Τηλ. Fax email</p> <p>Συμβούλος Διερεύνηση Διερεύνηση Τηλ. Fax email</p>	<table border="1"> <tr><th>No.</th><th>Περιγραφή</th><th>Ημερ.</th></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>	No.	Περιγραφή	Ημερ.													<p>Ιδιοκτήτης</p> <p>Όνομα Έργου ΟΦΕΙΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΑ & ΔΥΤΙΚΑ</p> <p>No Έργου (Αρ. Έργου) Hμερομηνία (Hμερομηνία Έργου) Σχεδιαστής Author Ελεγκτής Checker</p> <p>A202</p> <p>Scale 1 : 100</p>
No.	Περιγραφή	Ημερ.																
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="383 672 718 1478">  <p>1 ΑΝΑΤΟΛΙΚΑ 1 : 100</p> </div> <div data-bbox="845 672 1197 1478">  <p>2 ΔΥΤΙΚΑ 1 : 100</p> </div> </div>																		

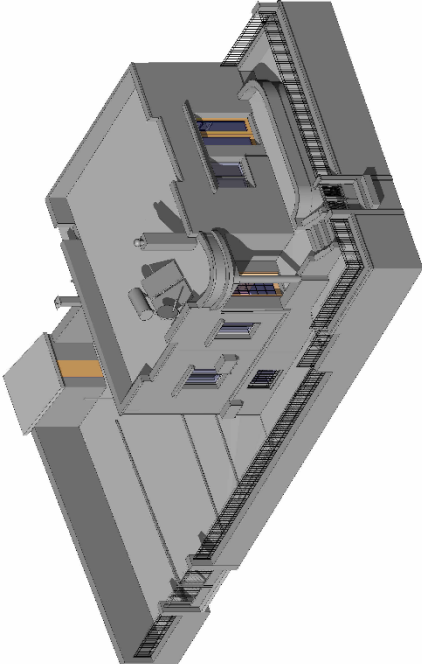
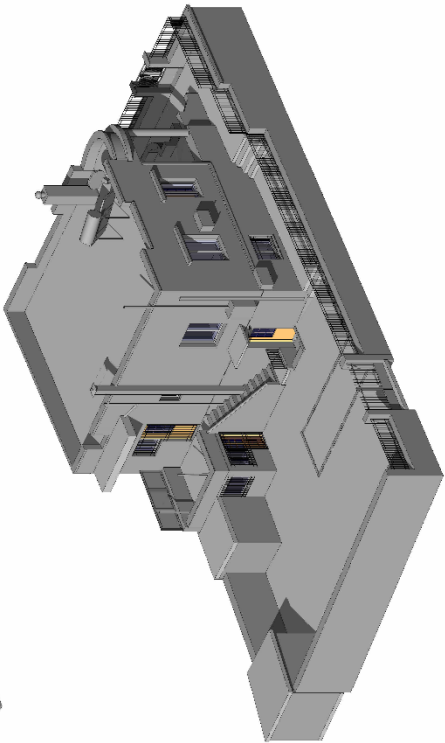
		Συμβολος Διαβουση Διαβουση Τηλ. Fax e-mail	Συμβολος Διαβουση Διαβουση Τηλ. Fax e-mail		
				Ιδιοκτήτης Όνομα Έργου TOMES A-A & B-B	No Εργου Ημερομηνία Σχεδιαστής Έλεγχος
				(Αρ. Έργου) (Ημερομηνία Έργου) Author Checker	A301 Scale 1 : 100
				No Περιγραφή Ημερ.	



1
TOMH A-A
1 : 100



2
TOMH B-B
1 : 100

	<table border="0"> <tr> <td>Σύμβουλος Διαβούλευσης Τηλ. Fax email</td> <td>Σύμβουλος Διαβούλευσης Τηλ. Fax email</td> </tr> <tr> <td>Σύμβουλος Διαβούλευσης Τηλ. Fax email</td> <td>Σύμβουλος Διαβούλευσης Τηλ. Fax email</td> </tr> </table>	Σύμβουλος Διαβούλευσης Τηλ. Fax email	Σύμβουλος Διαβούλευσης Τηλ. Fax email	Σύμβουλος Διαβούλευσης Τηλ. Fax email	Σύμβουλος Διαβούλευσης Τηλ. Fax email	<table border="1"> <tr> <td>No.</td> <td>Περιγραφή</td> <td>Ημερ.</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>	No.	Περιγραφή	Ημερ.										<p>Ιδιοκτήτης</p> <p>Όνομα Έργου 3D ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ</p> <table border="0"> <tr> <td>No Έργου</td> <td>(Αρ. Έργου)</td> </tr> <tr> <td>Ημερομηνία Σχεδιασμού</td> <td>(Ημερομηνία Έργου)</td> </tr> <tr> <td>Ελεγκτής</td> <td>Author</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Checker</td> </tr> <tr> <td></td> <td>A401</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Scale</td> </tr> </table>	No Έργου	(Αρ. Έργου)	Ημερομηνία Σχεδιασμού	(Ημερομηνία Έργου)	Ελεγκτής	Author		Checker		A401		Scale
Σύμβουλος Διαβούλευσης Τηλ. Fax email	Σύμβουλος Διαβούλευσης Τηλ. Fax email																														
Σύμβουλος Διαβούλευσης Τηλ. Fax email	Σύμβουλος Διαβούλευσης Τηλ. Fax email																														
No.	Περιγραφή	Ημερ.																													
No Έργου	(Αρ. Έργου)																														
Ημερομηνία Σχεδιασμού	(Ημερομηνία Έργου)																														
Ελεγκτής	Author																														
	Checker																														
	A401																														
	Scale																														
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>1 3D ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΑ</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>2 3D ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΑ</p> </div> </div>																															