



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
-ΓΕΩΧΩΡΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ-

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ
ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΜΝΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΟΛΩΝ**

Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΣΑΡΛΙΤΖΑ ΠΑΛΛΑΣ ΣΤΗ ΘΕΡΜΗ ΛΕΣΒΟΥ

ΒΟΥΚΛΑΡΗ ΕΛΕΝΗ

ΑΡΧΙΤΕΚΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ

Β. ΠΑΓΟΥΝΗΣ

Μ. ΤΣΑΚΙΡΗ

Ε. ΠΕΠΠΑ

ΑΘΗΝΑ 2018

Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής. Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών - Γεωχωρικές Τεχνολογίες

Διπλωματική Εργασία

Γεωδαιτικές μεθοδολογίες για την ολοκληρωμένη τεκμηρίωση μνημείων και συνόλων. Η περίπτωση του Σάρλιτσα Παλλάς στη Θερμή Λέσβου.

Βουκλαρή Ελένη

Επιτροπή Επίβλεψης και Υποστήριξης

Β. Παγούνης, Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α, Τμήμα Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής.

Μ. Τσακίρη, Καθηγήτρια Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ.

Ε. Πέππα, Δρ. Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών ΕΜΠ, Ακαδημαϊκός Υπότροφος ΠΑ.Δ.Α.

Πρόλογος	
Κεφάλαιο 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
Κεφάλαιο 2. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΜΝΗΜΕΙΩΝ.....	13
2.1 ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ	13
2.2 ΟΡΙΣΜΟΙ – ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ.....	13
2.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ - ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ – ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΗΣ ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ	14
2.4 ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗΣ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ ΜΝΗΜΕΙΩΝ.....	16
2.5 ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΕΠΙΓΕΙΩΝ ΣΑΡΩΤΩΝ LASER.....	21
2.6 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΜΕ ΣΑΡΩΣΗ LASER ΣΤΗΝ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΜΝΗΜΕΙΩΝ.....	25
Κεφάλαιο 3. BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)	29
3.1 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	29
3.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΕΞΕΛΙΞΗΣ BIM	31
3.3 ΙΕΡΑΡΧΙΑ ΒΑΣΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ REVIT ARCHITECTURE ΤΗΣ AUTODESK.....	34
3.4 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ BIM ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	36
3.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ BIM ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ (HBIM).....	38
Κεφάλαιο 4. ΤΟ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟ «ΣΑΡΛΙΤΖΑ ΠΑΛΛΑΣ».....	49
4.1 Η ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ.....	49
4.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΘΕΡΜΗΣ	51
4.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟΥ	53
4.3.1 Αρχές του εικοστού αιώνα(1900-1922) – περίοδος ακμής	53
4.3.2 Πρώτη δεκαετία Μεσοπολέμου (1923-1933) – επέκταση Τουριστικής υποδομής – πρώτα σημάδια κρίσης.....	54
4.3.3 Το νέο ιδιοκτησιακό καθεστώς - Η περίοδος της παρακμής (1933-1980)	55
4.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕΛΕΤΗΣ	56
Κεφάλαιο 5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ	59
5.1 ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ.....	59

5.2 BIM ΚΑΙ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΝΗΜΕΙΟΥ	67
5.2.1 Δημιουργία μοντέλων BIM	67
5.2.2 Ολοκληρωμένη βάση δεδομένων για το μνημείο	75
5.3 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΕΛΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	79
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	90
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΠΗΓΕΣ	93
Παράρτημα	97

Πρόλογος

Η εργασία που παρουσιάζεται εκπονήθηκε στο πλαίσιο ολοκλήρωσης του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Γεωχωρικές Τεχνολογίες», του Τμήματος Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής (ΠΑ.Δ.Α).

Όπως αναφέρεται εκτενέστερα παρακάτω, στόχος της είναι η αναζήτηση των πλέον εξελιγμένων μεθοδολογιών αποτύπωσης, καταγραφής και απόδοσης της υπάρχουσας κατάστασης μνημείων και συνόλων πολιτιστικής κληρονομιάς ως απάντηση στις ανάγκες τεκμηρίωσης και στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που διέπουν καθένα από αυτά τα μνημεία. Επιπλέον παρουσιάζεται και προτείνεται η δημιουργία μιας ολοκληρωμένης βάσης δεδομένων καταγραφής και αρχιτεκτονικής ανάλυσης του ξενοδοχείου Σάρλιτζα Παλλάς στη Λέσβο, ενδεικτική για την αποτίμηση της κατασκευαστικής δομής και των φθορών που έχει υποστεί με το πέρασμα του χρόνου.

Για την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά καταρχάς τον επιβλέποντα Καθηγητή Β. Παγούνη για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε στην ανάθεση του θέματος και την υποστήριξη καθ' όλη τη διάρκεια της διπλωματικής.

Την Καθηγήτρια Μ. Τσακίρη για τη συνεχή παρακολούθηση και υποστήριξη τόσο σε θέματα αποτύπωσης όσο και στη δομημένη συγγραφή της εργασίας.

Την Καθηγήτρια Ε. Πέππα για την πολύτιμη βοήθειά της κατά την απόδοση του τρισδιάστατου Πληροφορικού Μοντέλου αλλά και τη διαρκή καθοδήγηση μέσω των παρατηρήσεων της.

Την Περιφέρεια Βορείου Αιγαίου για την παραχώρηση άδειας εισόδου στο κτίριο μελέτης για την εκπόνηση των διαδικασιών γεωμετρικής αποτύπωσης.

Επιπλέον θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην εταιρεία METRICA A.E. για την παραχώρηση και εμπιστοσύνη του τρισδιάστατου επίγειου σαρωτή laser και εξοπλισμού για την εκπόνηση της γεωμετρικής αποτύπωσης του ξενοδοχείου μελέτης.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την κατανόηση και υποστήριξή τους.

Κεφάλαιο 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πολιτιστική κληρονομιά είναι ανεκτίμητο αγαθό που απεικονίζει τα επιτεύγματα του ανθρώπινου πολιτισμού ανά τους αιώνες και όσα δείγματα αυτής καταφέρνουν να διασωθούν αποτελούν ζωντανές μαρτυρίες των κατασκευαστικών μεθόδων, των χωρικών επιλογών και γενικά της αντίληψης του εκάστοτε πολιτισμού. Η ανάγκη ταυτοποίησης και διατήρησης της κληρονομιάς αυτής γίνεται κατανοητή και αποτελεί προσπάθεια διεπιστημονικής μελέτης, που ξεκινάει από την έρευνα, παρατήρηση και καταγραφή, τη συντήρηση και ανάδειξη, την επανάχρηση και επανένταξη αυτών υπό νέα χρήση. Ως εκ τούτου υπάρχουν αρκετές δημοσιευμένες βιβλιογραφικές αναφορές (Καραδέδος 2009, Μπούρας 1983, Μπούρας 2010, Νομικός 2004, Χαρκιολάκης 2011) και έγγραφα που υπογραμμίζουν τη σημασία της τεκμηρίωσης. Με την αυξανόμενη ανάπτυξη νέων εργαλείων και τεχνολογικών μέσων, η έννοια αυτή έχει αλλάξει σημαντικά προσφέροντας όλο και περισσότερες δυνατότητες καταγραφής, αναπαράστασης και ανάλυσης στο χρήστη.

Στόχος της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας είναι η παρουσίαση των αναγκών της γεωμετρικής τεκμηρίωσης στο πεδίο της αποκατάστασης, συντήρησης και ανάδειξης μνημείων, και η αναζήτηση της πλέον εξελιγμένης τεχνολογίας, που αφορά αφενός στη συλλογή των απαραίτητων δεδομένων μέσω γεωδαιτικών μεθοδολογιών, καθώς επίσης και στην μετέπειτα επεξεργασία της πληροφορίας που συλλέχθηκε κατά την αποτύπωση, για την παραγωγή του τελικού σχεδιαστικού υποβάθρου που θα χρησιμοποιηθεί ως δυναμικό εργαλείο της οποιασδήποτε μελλοντικής παρέμβασης. Αφενός η τρισδιάστατη αναπαράσταση των μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς είναι μια ιδιαίτερα πολύπλοκη διαδικασία, καθώς περιλαμβάνει την προσέγγιση και οπτικοποίηση ετερογενών δεδομένων, αποτέλεσμα έρευνας και μελέτης επί του μνημείου, όπως οι τοπογραφικές μετρήσεις, τα ψηφιακά διανυσματικά σχέδια, φωτογραφίες, νέφη σημείων και φωτογραμμετρικές απεικονίσεις. Αφετέρου εισάγεται και αναλύεται η έννοια του BIM, μιας σύγχρονης τεχνολογίας σχεδιασμού που χρησιμοποιείται στις νέες κατασκευές, επιτρέποντας την ολιστική άποψη ενός κτιρίου, ενώ παράλληλα προάγει την ύπαρξη μιας διεπιστημονικής γνωστικής βάσης, απαραίτητης για τη διαχείριση του κύκλου ζωής του. Σταδιακά η χρήση του BIM αναφέρεται και στην ψηφιακή ανακατασκευή και διαχείριση των μνημείων.

Κατά κύριο λόγο εξετάζονται στους παραπάνω τομείς τεκμηρίωσης και απόδοσης-διαχείρισης, η τρισδιάστατη σάρωση με laser και η δημιουργία BIM μοντέλου αντίστοιχα, μέσω πρακτικής εφαρμογής στο ξενοδοχείο Σάρλιτζα Παλλάς, διατηρητέο κτίριο κατασκευασμένο περί τα 1909 στη Θερμή Λέσβου. Το εν λόγω ξενοδοχείο χτίστηκε από Τούρκο επιχειρηματία και η παρακολούθηση της εξέλιξής του συμβάλλει στην κατανόηση των ιστορικών και κοινωνικών εξελίξεων, καθώς συνέβαλλε και επηρεάστηκε εξίσου από την τοπική κοινωνία. Η επιβλητική του παρουσία, παρά την εγκατάλειψή του από τη δεκαετία του 1970, η αναγνώριση της σπουδαιότητάς του και η κακή κατάσταση στην οποία έχει επέλθει λόγω έλλειψης διατήρησης, αποτελούν παράγοντες ενδιαφέροντος για το μνημείο. Η προσέγγιση αυτή έχει ως σκοπό την αναγνώριση των δυνατοτήτων των συγκεκριμένων εργαλείων για το είδος αυτό του μνημείου και το σκοπό της αποτύπωσης, τη δημιουργία δηλαδή μιας πλήρους βάσης δεδομένων, όπως επιβάλλει η βιβλιογραφία, χρησιμοποιώντας τα πλέον εξελιγμένα μέσα.

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει οργανωθεί με την παρακάτω δομή:

Στο κεφάλαιο 2 γίνεται μια εισαγωγή στην έννοια της τεκμηρίωσης των μνημείων και στην αναγκαιότητα αυτής, παρουσιάζονται παραδείγματα σύγχρονων τεχνικών και μέσων, εστιάζοντας

στην αποτύπωση με χρήση επίγειας σάρωσης, όπως προκύπτει από σχετική βιβλιογραφία και δημοσιευμένες μελέτες.

Στο κεφάλαιο 3 ακολουθεί η ερμηνεία της έννοιας του Building Information Modeling (BIM) καθώς και παράθεση της συμβολής του σε νέες κατασκευές και στην απόδοση και διαχείριση μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς (Historic Building Information Modeling, HBIM). Χρησιμοποιούνται ως εργαλεία η αναζήτηση διαδικτυακών πηγών και δημοσιευμένων μελετών για την παρουσίαση της ιστορικής εξέλιξης, καθώς και σύγχρονων υλοποιημένων εφαρμογών.

Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται το ξενοδοχείο «Σάρλιτσα Παλλάς», όπου γίνεται μια ιστορική αναδρομή της εξέλιξης της ευρύτερης περιοχής, της ανοικοδόμησης του ξενοδοχείου και της λειτουργίας του, ενώ επιπλέον παρατίθενται και στοιχεία της μορφολογικής και τυπολογικής ανάλυσής τους. Το παρόν κεφάλαιο στηρίχτηκε σε προηγούμενα μελέτη (Βουκλαρή 2015).

Στο κεφάλαιο 5 περιγράφεται η εφαρμογή επιτόπιας αποτύπωσης του κτιρίου μελέτης, η επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν από αυτή και η δημιουργία ολοκληρωμένου BIM μοντέλου, καθώς και παρουσίαση των αποτελεσμάτων της διαδικασίας και των προϊόντων της τεκμηρίωσης.

Στο κεφάλαιο 6 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Κεφάλαιο 2. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΜΝΗΜΕΙΩΝ

2.1 ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ

Με τον όρο *μνημείο* ορίζεται κάθε τι που ανακαλεί στη μνήμη κάτι που συνέβη (Μπούρας 1983), ενώ στη σύγχρονη πρακτική ταυτίζεται με την έννοια του διατηρητέου πολιτιστικού αγαθού. Από το ICOMOS ορίζεται *«κάθε ακίνητο, κτισμένο ή όχι, το οποίο διακρίνεται για το αρχαιολογικό, το ιστορικό, το αισθητικό ή το εθνογραφικό του ενδιαφέρον. Στον ορισμό περιλαμβάνονται τα ακίνητα αγαθά τα οποία θεωρούνται διατηρητέα λόγω της φύσεως ή του προορισμού τους, καθώς και τα ακίνητα που βρίσκονται μέσα στα μνημεία»*. Μετά τον Β' Παγκόσμιο πόλεμο λαμβάνουν χώρα οι πρώτες διεθνείς συμφωνίες για τον καθορισμό ενός ενιαίου τρόπου αντιμετώπισης των ιστορικών κατασκευών. Ξεκινώντας από την επιλεκτική διατήρηση μεμονωμένων πολύ αξιόλογων μνημείων, η έννοια της ιστορικής και αισθητικής αξίας σταδιακά επεκτείνεται σε πολύ μεγαλύτερο αριθμό ιστορικών κατασκευών (Νομικός 2004) και πολεοδομικών συνόλων. Από το Χάρτη της Βενετίας (1964) διευκρινίζεται ότι *«η έννοια ενός ιστορικού μνημείου δεν καλύπτει μόνο το μεμονωμένο αρχιτεκτονικό έργο αλλά και την αστική ή αγροτική τοποθεσία που μαρτυρεί ένα ιδιαίτερο πολιτισμό με ενδεικτική εξέλιξη ή ένα ιστορικό γεγονός... όχι μόνο για τις μεγάλες δημιουργίες αλλά και για τα ταπεινά έργα που με τον καιρό απέκτησαν πολιτισμική σημασία»*. Επιπλέον, από τον ICOMOS διευκρινίζεται η έννοια του πολεοδομικού συνόλου ως *«ένα τοπίο της φύσεως ή ένα τοπίο διαμορφωμένο από τον άνθρωπο ή διαμορφωμένο εν μέρει από τη φύση και εν μέρει από τον άνθρωπο, του οποίου η συντήρηση παρουσιάζει δημόσιο ενδιαφέρον»* και στο οποίο συγκαταλέγονται αρχαιολογικοί χώροι και παραδοσιακοί οικισμοί. Η διάσωση και επανένταξη του συνόλου των ιστορικών κατασκευών θεωρείται σύνδεση του παρελθόντος με το παρόν, καθώς και υπόβαθρο επανερμηνείας και επανένταξής τους στο μέλλον. Επιπλέον, ο σχεδιασμός των επεμβάσεων είναι σύνθετη διαδικασία, χρήζει διεπιστημονικής έρευνας και οφείλει να στηρίζεται σε καταγεγραμμένα δεδομένα. Αναφέρονται ειδικότερα:

- Διεθνής Σύμβαση της Χάγης του 1954 *«για την προστασίαν των πολιτιστικών αγαθών εις περίπτωσιν ενόπλου συρράξεως»* (ν.1114/8.1.81).
- Χάρτης Βενετίας του 1964.
- Ευρωπαϊκή Σύμβαση του Λονδίνου της 6^{ης} Μαΐου 1969 *«για την προστασία της Παγκόσμιας Φυσικής και Πολιτιστικής Κληρονομιάς»* (ν.1126/10.2.1981).
- Σύμβαση του Παρισιού της 17^{ης} Νοεμβρίου 1970 (ν.1103/22.12.80).
- Σύμβαση για την προστασία της παγκόσμιας πολιτιστικής και φυσικής κληρονομιάς.
- Ευρωπαϊκός Χάρτης της Αρχιτεκτονικής Κληρονομιάς, Στρασβούργο, Σεπτέμβριος 1975.
- Διακήρυξη του Άμστερνταμ, Οκτώβριος 1975.
- Σύμβαση της Γρενάδας του 1985 (ν.2039/13.4.92) *«για την προστασία της Αρχιτεκτονικής Κληρονομιάς της Ευρώπης»*.

2.2 ΟΡΙΣΜΟΙ – ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ

Τεκμηρίωση μνημείων καλείται η διαδικασία συλλογής, επεξεργασίας, απόδοσης και καταχώρησης στοιχείων που αφορούν τα μνημεία κατά την υφιστάμενή τους κατάσταση. Στόχος είναι είτε η επιστημονική (αρχαιολογική, αρχιτεκτονική, ιστορική κλπ) μελέτη των μνημείων καθ' εαυτών, είτε η περαιτέρω διεπιστημονική επεξεργασία και τελική τεκμηρίωση των αναγκαίων μέτρων προστασίας και συντήρησής τους. Η γεωμετρική τεκμηρίωση ή αποτύπωση συγκεκριμένα είναι η καταγραφή της θέσης και της πραγματικής, υπάρχουσας μορφής, του σχήματος και του μεγέθους του μνημείου, στο χώρο των τριών διαστάσεων, σε μια δεδομένη χρονική στιγμή.

Όπως επισημαίνεται στη Χάρτα της Βενετίας (άρθρο 9), «η Αποκατάσταση - Αναστήλωση έχει ως στόχο να διατηρήσει και να αποκαλύψει τις αισθητικές και ιστορικές αξίες του μνημείου και βασίζεται στο σεβασμό προς την αρχική του υπόσταση και τα αυθεντικά στοιχεία. Σταματάει στο σημείο που αρχίζουν οι υποθέσεις». Σε μια σειρά μετέπειτα συμβάσεων και καταστατικών Χαρτών διεθνών οργανισμών και επιτροπών (UNESCO, ICOMOS, CIPA), διατυπώνεται η σπουδαιότητα της τεκμηριωτικής καταγραφής των μνημείων συνολικά, των υλικών και της φθοράς τους (γεωμετρικής, φυσικοχημικών χαρακτηριστικών), καθώς και των επεμβάσεων που έχουν υποστεί, πριν την οποιαδήποτε επέμβαση συντήρησης και αποκατάστασης. Τις τελευταίες δεκαετίες ειδικά, αποκτά όλο και μεγαλύτερη βαρύτητα η οργάνωση και διάθεση των δεδομένων που συγκεντρώνονται για τα μνημεία, πριν, μετά αλλά και κατά τη διάρκεια των επεμβάσεων. Επιπλέον η Χάρτα της Βενετίας (άρθρο 16) υπογράμμισε την ανάγκη για εξακριβωμένη τεκμηρίωση των εργασιών συντήρησης, αποκατάστασης και ανασκαφής, με «αναλυτικές και κριτικές εκθέσεις, εικονογραφημένες με σχέδια και φωτογραφίες».

Στόχος της αποτύπωσης είναι η καταγραφή της υπάρχουσας κατάστασης και η παραγωγή σχεδίων, που θα αποτελέσουν το κατάλληλο αξιόπιστο υπόβαθρο για τους ειδικούς που συνεργάζονται στη μελέτη προστασίας (αρχιτέκτονες, χημικοί μηχανικοί, πολιτικοί μηχανικοί, συντηρητές, αρχαιολόγοι), καθώς και συγκριτικό υλικό για μελλοντική χρήση. Η επιλογή της μεθόδου που θα εφαρμοστεί στη γεωμετρική τεκμηρίωση εξαρτάται από συνδυασμό πολλών παραγόντων, που σε κάθε περίπτωση πρέπει να εξετάζονται προσεκτικά και να αξιολογείται η επιλογή τους μετέπειτα. Τέλος το είδος του μνημείου και η έκταση των επεμβάσεων καθορίζουν τις προδιαγραφές ακρίβειας και το είδος των επιθυμητών παραγώγων της αποτύπωσης.

Χρειάζεται επίσης να αναφερθεί ότι το κύριο αποτέλεσμα – υπόβαθρο που αναφέρεται παραπάνω, αφορά κυρίως στη σύνταξη θεματικών χαρτών και σχεδίων σε δισδιάστατη επεξεργασία, κυρίως λόγω της ταχύτητας υλοποίησής τους και των εύχρηστων αποτελεσμάτων. Η παρουσίαση της τρισδιάστατης πληροφορίας σε 2D μορφή είναι ένα είδος αφαίρεσης και απαιτεί αρκετές συμβάσεις, ενώ κρίνεται επίσης ωφέλιμη η διατήρηση της ενότητας των τρισδιάστατων δεδομένων και παρουσίασης / επεξεργασίας τους σε συμβατική 2D μορφή, απ' ότι αμιγώς 2D ή 3D επεξεργασία (ICOMOS 1990).

Συνοψίζοντας, σύμφωνα με τον Χαρκιολάκη (2011), οι γενικές αρχές που διέπουν τις αποτυπώσεις αυτές διατυπώνονται ως εξής:

- Η μέγιστη δυνατή ακρίβεια αποτελεί πάντοτε το προσόν μιας αποτύπωσης. Παρότι η ακρίβεια της αποτύπωσης αποτελεί συνάρτηση πολλών παραγόντων, κύρια προϋπόθεση αποτελεί η ικανότητα του ανθρώπινου παράγοντα.
- Ο βαθμός ακρίβειας και η κλίμακα απόδοσης μιας αποτύπωσης αποτελούν συνάρτηση τόσο της διατιθέμενης δαπάνης όσο και του σκοπού για τον οποίο προορίζεται.
- Η αποτύπωση ενός μνημείου, και ιδιαίτερα όταν αποτελεί υπόβαθρο για περαιτέρω μελέτες και έρευνες, οφείλει να περιλαμβάνει την πραγματική κατάστασή του με τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια (δηλαδή φθορές, παραμορφώσεις, προσθήκες όλης της ιστορικής ζωής του) και όχι μια ιδανική / ιδεατή κατάσταση.

2.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ - ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ – ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΗΣ ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

Στην παρούσα εργασία υιοθετείται κατά μεγάλο μέρος η μεθοδολογία που προτείνεται από τον Μ. Νομικό (2004), για την τεκμηρίωση των μεμονωμένων μνημείων-κτιρίων μελέτης, σύμφωνα με την

οποία διακρίνονται πέντε ενότητες, που αντιστοιχούν σε διαφορετικά επίπεδα προσέγγισης και σε διαφορετικές κλίμακες μελέτης. Οι ενότητες αυτές παρουσιάζονται παρακάτω:

1. Σχέσεις του κτιρίου με την ευρύτερη περιοχή

Όπως προαναφέρθηκε το ενδιαφέρον της διατήρησης αρχικά στράφηκε μεμονωμένα σε κτίρια ενδιαφέροντος, αποσπασμένα από τον αστικό ιστό που τα περιέβαλλε. Αφαιρέθηκε έτσι μεγάλο μέρος του νοήματος που προσέδιδε το ιστορικά διαμορφωμένο περιβάλλον, μεταβάλλοντας επίσης τον τρόπο προσέγγισης και θέασης του μνημείου, τη σχέση του με τον ελεύθερο χώρο, την κλίμακα του κτίσματος, καθώς το πλαίσιο αναφοράς είτε κατεδαφίστηκε είτε ανοικοδομήθηκε, αφαιρώντας τα σημεία αναφοράς του, όπως φαίνεται στην εικόνα 2.1. Στο επίπεδο ανάλυσης της συγκεκριμένης ενότητας είναι απαραίτητο να καταγράφονται οι διαχρονικές συνθήκες και αιτίες διαμόρφωσης του θέματος ως συνιστώσες της γεωμορφολογίας του εδάφους, των προσπελάσεων και της μετεξέλιξής τους. Επίσης να αναγνωρίζονται το σύστημα οργάνωσης, η τυπολογία των κατασκευών, οι κατασκευαστικές μέθοδοι σε συνδυασμό με το οικονομικό και ιστορικό πλαίσιο της περιοχής. Στη σύγχρονη ανάλυση εξετάζονται και, εφ' όσον έχει προηγηθεί ευρύτερη μελέτη του τόπου, ενημερώνονται τα ήδη υπάρχοντα στοιχεία είτε δημιουργούνται εκ νέου χάρτες, αεροφωτογραφίες, καρτέλες αποτύπωσης γειτονικών κτισμάτων, επικαιροποίηση προσπελάσεων.



Εικόνα 2.1: Η σχέση του μνημείου με το άμεσο περιβάλλον. Αποτέλεσμα καταπάτησης του περιβάλλοντα χώρου του και οι άξονες σύνδεσης βάσει του σχεδίου ανάπτυξης Hébrard στη Θεσσαλονίκη (προσωπικό αρχείο).

2. Ιστορική ανάλυση – τεκμηρίωση

Η ιστορική ανάλυση στοχεύει στην παρακολούθηση της διαχρονικής εξέλιξης του κτιρίου, περιλαμβάνοντας τη μελέτη ιστορικών πηγών, τη συγκέντρωση μαρτυριών, την προσεκτική παρατήρηση, ώστε να εντοπιστούν οι ιστορικές φάσεις του κτιρίου και εν συνεχεία χρονολογούνται οι επί μέρους κατασκευές, επισημαίνονται τα στοιχεία συνέχειας και ασυνέχειας. Συνήθως, οι τεκμηριωμένες υποθέσεις της ιστορικής εξέλιξης παρουσιάζονται με σχέδια αναπαράστασης των φάσεων.

3. Αρχιτεκτονική ανάλυση – τεκμηρίωση

Αυτή η φάση μελέτης περιλαμβάνει τη λεπτομερή αποτύπωση (γεωμετρική τεκμηρίωση) του υπό μελέτη κτιρίου, την τυπολογική - συγκριτική ανάλυση, τη μορφολογική ανάλυση και την ανίχνευση των ιδιαίτερων κατασκευαστικών χαρακτηριστικών του. Επιπλέον ερευνάται η παθολογία του εκάστοτε

κτιρίου και παρουσιάζεται η υφιστάμενη κατάσταση της φάσης που διανύει, παρέχοντας μετρητικά στοιχεία για κάθε ανωμαλία και απόκλιση από την γεωμετρική μορφή των χώρων και φορέων, όπως η κατακορυφότητα των τοίχων, οι ανισοσταθμίες των οριζόντιων επιπέδων. Επίσης η κατάσταση των θεμελίων και το βάθος έδρασής τους, τα υλικά δόμησης και τα συνδετικά κονιάματα των φέρουσων τοιχοποιιών, η κατάσταση των πατωμάτων και των δαπέδων, η κατάσταση της στέγης (ή οποιασδήποτε άλλης κάλυψης, θόλος, δώμα κλπ), η κατάσταση των εσωτερικών τοίχων - χωρισμάτων, ψευδοροφών, κλιμακοστασίων, κουφωμάτων, επιχρισμάτων κλπ είναι μερικά από τα στοιχεία που πρέπει να εξετασθούν συστηματικά. Σε αρκετές περιπτώσεις διεξάγονται διερευνητικές τομές, όμως οι πιο ενδεδειγμένες μέθοδοι είναι οι μη καταστροφικές. Πολλές φορές τα στοιχεία αυτά χρήζουν λεπτομερούς αποτύπωσης εκ του μηδενός, αφού σε παραδείγματα παραδοσιακών κτιρίων δεν υφίστανται κατασκευαστικά σχέδια, σχέδια αδειοδότησης κλπ, ή επικαιροποίηση προγενέστερης καταγραφής.

4. Δομοστατική ανάλυση

Σε συνέχεια της προηγούμενης καταγραφής διεξάγεται η δομοστατική ανάλυση, όπου είναι απαραίτητη η διεπιστημονική μελέτη και συνεργασία με δομοστατικό πολιτικό μηχανικό και χημικό, ώστε να ερευνηθούν εμπειριστατωμένα οι δυνατότητες παραλαβής φορτίων και η αντοχή των υλικών εν γένει, χρησιμοποιώντας ως κοινό πεδίο αναφοράς τα αποτελέσματα της τεκμηρίωσης που έχει υλοποιηθεί και τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί. Στο στάδιο αυτό είναι σημαντικό να ληφθούν οι βέλτιστες δυνατές αποφάσεις όσον αφορά τις στερεωτικές επεμβάσεις του κτιρίου, με κύριο μέλημα το σεβασμό προς τον χαρακτήρα του, διαχωρισμένες ώστε να μην αμφισβητείται η γνησιότητα του. Επιπλέον πρέπει να είναι κατά το δυνατόν αναστρέψιμες, και να γίνουν με υλικά συμβατά προς τα υλικά δόμησης του μνημείου, προσφέροντας εγγύηση στη διάρκεια ζωής του.

5. Πρόταση αποκατάστασης

Η πρόταση αποκατάστασης αποτελεί το καταληκτικό στάδιο των διαδικασιών που έχουν προηγηθεί στο οποίο, συνδυάζοντας τα αποτελέσματα των προηγούμενων φάσεων, διατυπώνεται η τελική συνθετική πρόταση. Αυτή αποτελεί συνάρτηση πολλών παραγόντων και, γενικά, ακολουθεί τις βασικές αρχές του σεβασμού προς την πολιτιστική κληρονομιά και της βέλτιστης ανάδειξης και μελλοντικής διατήρησής της. Η επέμβαση που θα διεξαχθεί στο κτίριο μεταξύ άλλων περιλαμβάνει τη μελέτη συμβατότητας νέας χρήσης, εργασίες αποκατάστασης, συντήρησης, ανάδειξης και προσαρμογής του κτιρίου στη νέα του χρήση, αποκατάσταση της στατικής επάρκειας, αποκατάσταση κατεστραμμένων, διαβρωμένων ή αλλοιωμένων στοιχείων και τέλος οι αρχιτεκτονικές επεμβάσεις, όπου προβλέπονται και σχεδιάζονται οι κατάλληλες λειτουργικές απαιτήσεις και ο εκσυγχρονισμός των εγκαταστάσεων.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι η αποτύπωση παίζει πολύ σημαντικό και καθοριστικής σημασίας ρόλο για τις αποφάσεις που καθοδηγούν τη συνθετική διαδικασία και τις επιτρεπόμενες επεμβάσεις, επομένως πρέπει να είναι πλήρως τεκμηριωμένη και αιτιολογημένη επακριβώς, καθώς σε αυτή στηρίζονται επόμενες διαδικασίες και το τελικό αποτέλεσμα.

2.4 ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗΣ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ ΜΝΗΜΕΙΩΝ

Η τεχνολογική πρόοδος των τελευταίων δεκαετιών έδωσε τη δυνατότητα εξέλιξης των μέσων αποτύπωσης με τη σύγχρονη γεωμετρική τεκμηρίωση να παρουσιάζει δυνατότητα των παραδοσιακών τοπομετρικών μετρήσεων, καθώς και εξελιγμένων τοπογραφικών, φωτογραμμετρικών διαδικασιών και επίγειων σαρώσεων laser, τεχνικές που ο συνδυασμός τους επιφέρει αποτελέσματα

υψηλής ακρίβειας και πλήρως ελεγχόμενης αποτύπωσης των μνημείων. Τρισδιάστατα ή δισδιάστατα παράγωγα μεγάλης ακρίβειας και ανάλυσης, όπως οι ορθοφωτογραφίες, τα αναπτύγματα, οι τρισδιάστατες αναπαραστάσεις και οπτικοποιήσεις, οι εικονικές περιηγήσεις, δίνουν νέα εργαλεία και δυνατότητες για μελέτη και καταγραφή μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς. Με την επεξεργασία τους μπορούν να παραχθούν συμβατικά δισδιάστατα σχέδια υψηλής ακρίβειας. Σημαντικό πλεονέκτημα έναντι της δισδιάστατης απεικόνισης έχουν τα εικονιστικά προϊόντα, που συνδυάζουν τη γεωμετρική ακρίβεια του σχεδίου με την οπτική - ποιοτική πληροφορία της φωτογραφίας (ορθοφωτομωσαϊκά, συνδυαστικά προϊόντα γραμμικού και εικονιστικού σχεδίου, 3D μοντέλα με υφή).

Γίνεται μια πρώτη ταξινόμηση των μεθόδων τεκμηρίωσης μνημείων (Πατιάς 1991, Blake) σε έμμεσες και άμεσες μεθόδους. Στην πρώτη κατηγορία των έμμεσων μετρήσεων (στην οποία κατατάσσονται η φωτογραμμετρία και η σάρωση laser), παρουσιάζονται μέθοδοι που χρησιμοποιούνται όταν υπάρχει ανάγκη μη διαφοροποιημένων μετρητικών δεδομένων είτε το μέγεθος του θέματος και η κλίμακα παρουσίασης απαιτούν υψηλό επίπεδο πυκνότητας συλλογής σημείων. Στις άμεσες μεθόδους (στις οποίες κατατάσσονται τα EDM, GPS, σχεδίαση-σκίτσο με μετρητική πληροφορία) απαιτείται επί τόπια ερμηνεία και επιλογή δεδομένων-σημείων στο πεδίο, ενώ η εμπειρία του χειριστή μπορεί να επιδράσει δυναμικά στο τελικό αποτέλεσμα καθώς η χαρτογράφηση εκτελείται κατά τη διάρκεια της έρευνας.

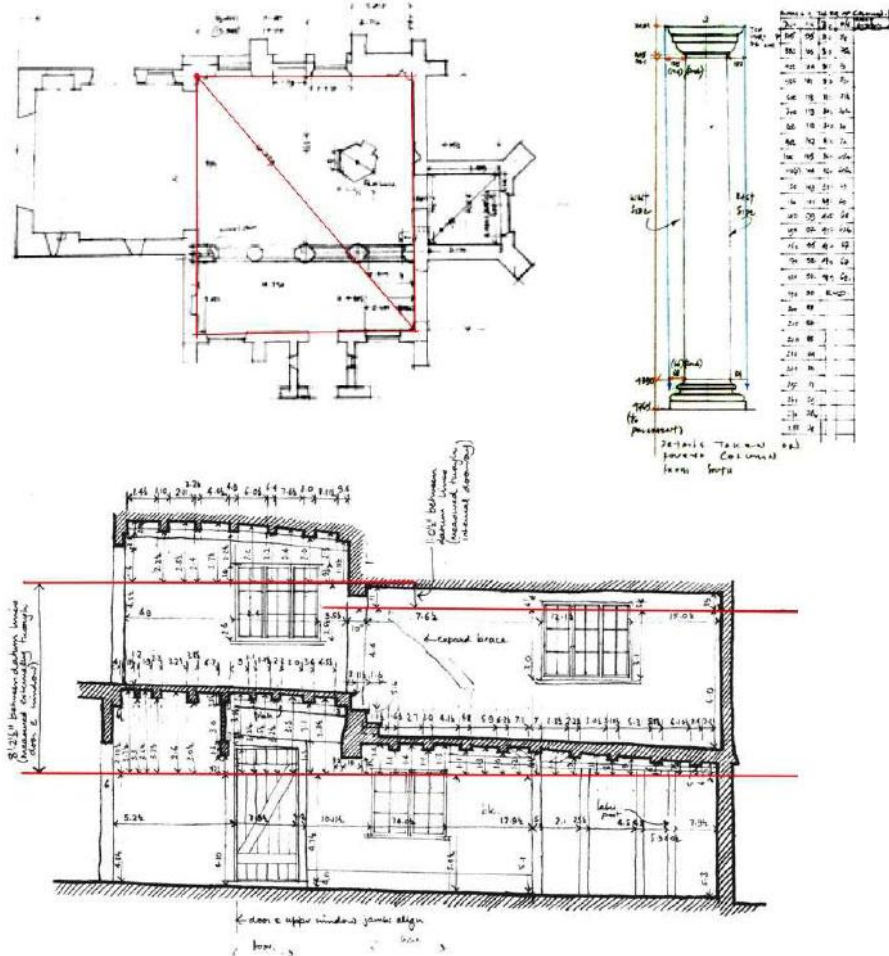
SUMMARY TABLE OF METRIC SURVEY TECHNIQUES

TECHNIQUE	PRODUCT	TYPICAL APPLICATION	SUBJECT SIZE	CONSTRAINTS ON USE	
INDIRECT TECHNIQUES: UNDIFFERENTIATED DATA AT CAPTURE:					
REMOTE SENSING	3D	Wide area landscape records	Landscape monitoring, water content, mineral reflectance and vegetation health mapping etc.	1-1500Km ²	Dependant on wave band, will not resolved down to centimetric precision in most cases.
AIRBORNE LASER SCANNING	3D	Topographic mapping	Landscape mapping and monitoring	1-500Km ²	Post spacing at sub-metre resolution is costly.
AERIAL PHOTOGRAMMETRY	3D				Co-ordinated flight plan and ground control.
TERRESTRIAL LASER SCANNING	3D	Point clouds, Surface models	Building models and drawings	5-500m ³	Point density must be matched to required information outcome. Congruent image capture needed.
CLOSE RANGE PHOTOGRAMMETRY	3D	Photo-maps, CAD drawings, ante-disaster records	Architectural façade drawings, Orthophotos, stereo pairs, surface models,	2-100m ³	Calibrated camera, optimised image capture, object area control, processing software and operator skill.
RECTIFIED PHOTOGRAPHY	2D	Condition records	Records of flat facades	2-50m ²	Only single reference plane scalable.
ARTEFACT SCANNER	3D	Point-clouds, surface models	Sculpture relief carving etc	1-5m ³	Controlled environment required.
DIRECT TECHNIQUES: DATA SELECTED AT CAPTURE:					
GPS	3D	Topographic mapping, point data	Landscape surveys, inventory mapping primary orientation to global co-ordinate system	1-20Km ²	Open sky needed. Height precision can be a problem.
TOTAL STATION/ EDM	3D	CAD wire-frames, Point data	Topographic mapping, Building plans & sections. Precise control networks measurements	0.5-50m ³	Data organisation is needed by code, layer or GIS protocol, trained operators are required.
LEVELLING	2D	Discrete point height monitoring	Precise height points	1-50m	Structural engineers selected diagnostic points measured for movement monitoring.
DRAWING	2D	Key detail records, explanatory diagrams	Structural notes, architectural definition, excavation records	0.25-5m ³	Selection of information based on subjective domain knowledge.

Εικόνα 2.2: Τεχνικές γεωμετρικής τεκμηρίωσης, εφαρμογές, χαρακτηριστικά και περιορισμοί (Blake, Metric Survey for Heritage Documentation).

Στο παραπάνω σχήμα (Εικόνα 2.2) εμφανίζονται συνοπτικά οι διάφορες μέθοδοι αποτύπωσης που διακρίνονται ανάλογα με τον διατιθέμενο εξοπλισμό και εφαρμόζονται ανάλογα με τον απαιτούμενο βαθμό ακρίβειας, οι οποίες είναι:

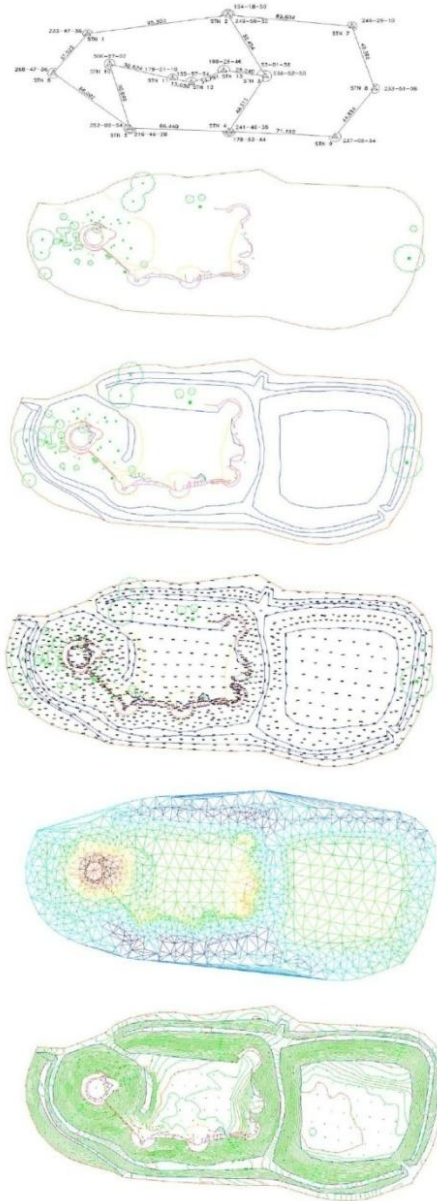
- Η **τοπομετρική μέθοδος** αποτελεί την απλούστερη και αρχαιότερη μετρητική μέθοδο και εφαρμόζεται συνήθως για μεμονωμένα και σχετικά περιορισμένης έκτασης κτίρια, βασιζόμενη στη θεωρία των γεωμετρικών κατασκευών, υλοποιείται μέθοδος τριγωνισμού, προσδιορίζοντας διαδοχικά τις συντεταγμένες των σημείων που απαιτούνται για πλήρη αναπαραγωγή της γεωμετρίας, λαμβάνοντας μετρήσεις, κυρίως, μηκών και με τη βοήθεια σκαριφήματος. Η μέγιστη δυνατή ακρίβεια κυμαίνεται μεταξύ 5-10 cm στην κλίμακα 1: 50, ενώ συνήθη όργανα είναι οι μετροταινίες, αλφάδια, προφίλογράφοι κλπ. Οι μετρήσεις (δύο διαστάσεων) καταχωρούνται επί τόπου σε σκαριφήματα και στη συνέχεια σε ψηφιακή μορφή, σε περιβάλλον CAD και αυθαίρετο σύστημα συντεταγμένων (εικόνα 2.3).



Εικόνα 2.3: Παραδείγματα σκαριφημάτων κατά την εκτέλεση τοπομετρικής μεθόδου αποτύπωσης (Blake).

- Η **τοπογραφική (ταχυμετρική) μέθοδος** εφαρμόζεται για μεγάλης έκτασης κτίρια και σύνολα κτιρίων, βασιζόμενη στη χρήση των κλασικών τοπογραφικών οργάνων (θεοδόλιχου, χωροβάτη, σταδίων κλπ) και εξέλιξη αυτών, όπως είναι οι Γεωδαιτικοί σταθμοί με δυνατότητα μετρήσεων οριζόντιων και κατακόρυφων γωνιών και κεκλιμένων αποστάσεων. Οι συντεταγμένες των σημείων προσδιορίζονται με πολικές συντεταγμένες ή με εμπροσθοτομία στο χώρο. Βασικά πλεονεκτήματα της μεθόδου για την αποτύπωση μνημείων είναι η δυνατότητα μέτρησης σημείων με μεγάλη ακρίβεια και η αυτόματη καταγραφή αυτών. Επιπλέον η αποτύπωση μπορεί, και κατά περίπτωση

είναι αναγκαία, η εξάρτησή της από πολυγωνομετρικό δίκτυο, αλλά υπάρχουν και περιπτώσεις που αναφέρονται σε αυθαίρετο σύστημα συντεταγμένων. Παράδειγμα της τοπογραφικής μεθόδου παρουσιάζεται στην εικόνα 2.4.



Εικόνα 2.4: Αποτέλεσμα χρήσης EDM στην αποτύπωση του Chartley Castle, Stafford (Blake, Metric Survey for Heritage Documentation) ως την τελική απόδοση του ψηφιακού μοντέλου εδάφους.

- Η **φωτογραμμετρική μέθοδος** συνδυάζει την πραγματική απεικόνιση και την αμεσότητα καταγραφής της φωτογραφίας με την απόδοση μετρητικής πληροφορίας. Ως αποτελέσματα αυτής σημειώνεται η τρισδιάστατη απεικόνιση, η ορθή προβολή με απόδοση υψής και, με ορισμένη μετεπεξεργασία, μπορούν και να δημιουργηθούν επιπλέον δισδιάστατα σχέδια. Ανάλογα με την περίπτωση καταγραφής, υπάρχει δυνατότητα δημιουργίας φωτοχαρτών, αλλά και εστίασης σε λεπτομέρειες και πολύπλοκα αρχιτεκτονικά ή δύσκολα προσπελάσιμα στοιχεία, ενώ επίσης

ενσωματώνεται εύκολα η λογική της διαχρονικής παρακολούθησης της δυναμικής συμπεριφοράς του κτιρίου, εφόσον είναι σχετικά ευέλικτη η συλλογή των πρωτογενών δεδομένων (φωτογράφιση). Επιπλέον είναι δυνατό να εξαχθούν πληροφορίες από μια μόνο εικόνα (μονοεικονική φωτογραμμετρία), αλλά στην πλειοψηφία μη επίπεδων αντικειμένων/θεμάτων, είναι απαραίτητη η στερεοσκοπική ή πολυεικονική προσέγγιση (από δύο ή περισσότερες φωτογραφίες που παρουσιάζουν συγκεκριμένο ποσοστό επικάλυψης). Απαραίτητη προϋπόθεση για την αξιόπιστη εξαγωγή τρισδιάστατης πληροφορίας αποτελεί η επίλυση δύο πρωταρχικών γεωμετρικών προβλημάτων, ο προσδιορισμός των στοιχείων του εσωτερικού (η γνώση της εσωτερικής γεωμετρίας της φωτομηχανής) και του εξωτερικού προσανατολισμού (η σχέση ανάμεσα στο σύστημα συντεταγμένων της φωτογραφίας και σε ένα αυθαίρετο επίγειο σύστημα αναφοράς) του ζεύγους. Σκοπός του σχετικού προσανατολισμού είναι η δημιουργία ενός στερεοσκοπικού μοντέλου και, τέλος του απόλυτου προσανατολισμού, η αποκατάσταση του προσανατολισμού και της κλίμακας του στερεομοντέλου με βάση τον πραγματικό χώρο (Πατιάς 1991, Πέτσα 2000, Γραμματικόπουλος 2007, Γραμματικόπουλος 2006). Καθίσταται πλέον δυνατό να παραχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα της μεθόδου, μέσω αυτοματοποιημένων αλγορίθμων που παρέχονται ως εργαλείοθήκη αντίστοιχων λογισμικών, υπό την καθοδήγηση και διόρθωση του μηχανικού (Petsa 2007). Παράδειγμα δημιουργίας ανηγμένης εικόνας (ορθοφωτογραφίας) μέσω της Φωτογραμμετρικής μεθόδου παρουσιάζεται στην εικόνα 2.5.

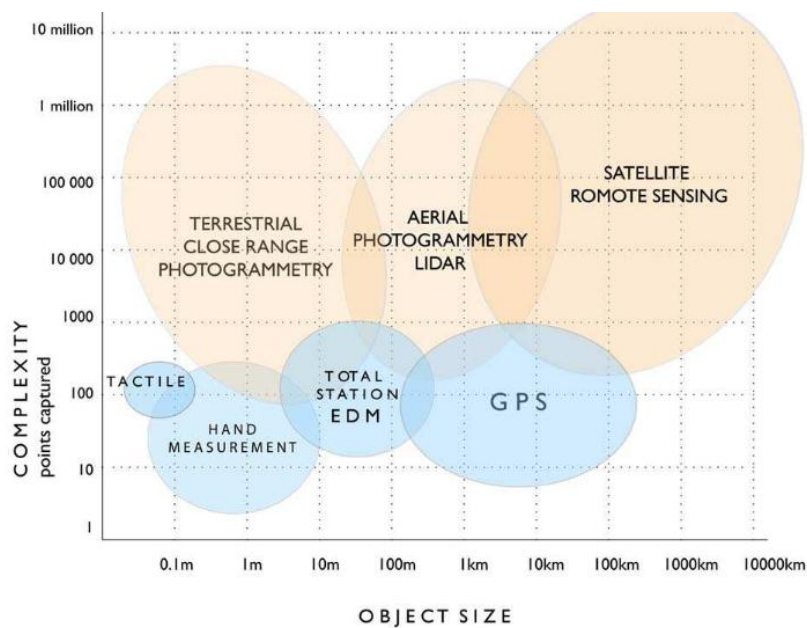


Εικόνα 2.5: Παρουσίαση Φωτογραμμετρικής μεθόδου στην δημιουργία ορθοφωτογραφίας για την απόδοση όψης κτιρίου (Blake). Οι φωτογραφίες της όψης οφείλουν να παρουσιάζουν συγκεκριμένο ποσοστό αλληλοεπικάλυψης, ενώ μέσω EDM λαμβάνονται συντεταγμένες συγκεκριμένων σημείων-στόχων επί της όψης για την αναγωγή της.

- Αποτύπωση με χρήση τεχνικών **επίγειων σαρωτών laser**. Ως τρισδιάστατος σαρωτής ορίζεται κάθε συσκευή που δύναται να συλλέξει τρισδιάστατες συντεταγμένες από μια δεδομένη περιοχή πάνω στην επιφάνεια ενός αντικειμένου, και ακολουθεί μια αυτοματοποιημένη διαδικασία, πραγματοποιεί δειγματοληψία υψηλού ρυθμού, επιταχύνει τη διαδικασία ώστε να πραγματοποιείται σε πραγματικό χρόνο, επιτρέπει τη διάκριση χρωματικής πληροφορίας σε συνδυασμό με την τρισδιάστατη γεωμετρία της επιφάνειας μελέτης (παρουσιάζεται αναλυτικά στην ενότητα 2.6).

- Συχνά παρατηρείται και συνδυασμός των παραπάνω μεθόδων, που κρίνεται ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του θέματος, την καλύτερη διαχείριση του κόστους και του χρόνου αποτύπωσης σε σχέση με την επίτευξη της μέγιστης δυνατής ακρίβειας.

Οι αποτυπώσεις των μνημείων παρουσιάζουν μια σειρά ειδικών προβλημάτων, που καθορίζουν την επιλογή τεχνικών και μέσων, τα οποία εξαρτώνται από τη μορφή του μνημείου, η οποία κατά κανόνα είναι συνάρτηση της χρονολόγησής του (Αρχαία, Βυζαντινά, Μεταβυζαντινά, Οθωμανικά, Νεοκλασικά κλπ μνημεία) και που συνίσταται στο σχήμα και τον τρόπο κατασκευής (αρχιτεκτονική και οικοδομική δομή), το σκοπό που θα εξυπηρετήσει η αποτύπωση, ο οποίος καθορίζει την κλίμακα και τις ακρίβειες της (όπως η επιστημονική έρευνα, η μελέτη επέμβασης στο μνημείο, η σύνταξη αρχείου), τα διατιθέμενα τεχνικά μέσα και τον διατιθέμενο χρόνο (Πορτελάνος 1987). Ένας ενδεικτικός οδηγός δίνεται στο παρακάτω σχήμα (εικόνα 2.3):



Εικόνα 2.6: Επιλογή κατάλληλης μεθόδου αποτύπωσης σε σχέση με το μέγεθος και την πολυπλοκότητα του αντικειμένου (Historic England 2017).

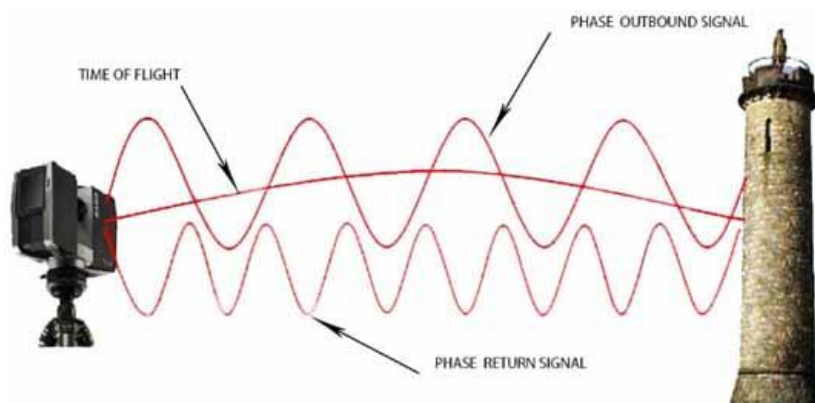
2.5 ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΕΠΙΓΕΙΩΝ ΣΑΡΩΤΩΝ LASER

Η ραγδαία εξέλιξη των επίγειων Τρισδιάστατων Σαρωτών Laser (3D laser scanners) τα τελευταία 20 χρόνια έχει φέρει καινοτόμες αλλαγές στον τομέα των αποτυπώσεων. Είναι σε θέση να μετρήσουν τον τρισδιάστατο χώρο και τα αντικείμενα των διάφορων μορφών και μεγεθών, καταγράφοντας ένα πυκνό και λεπτομερές σύνολο σημείων (νέφος σημείων / point cloud) συντεταγμένων της επιφάνειας που σαρώνεται και σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Το τελικό νέφος σημείων είναι το δεδομένο, το οποίο στη συνέχεια επεξεργάζεται κατάλληλα για να αποδοθεί το αντικείμενο που σαρώθηκε. Σύμφωνα με τη συνήθη διαδικασία σάρωσης: αρχικά ορίζεται από το εξωτερικό μέσο τα όρια της επιφάνειας που πρόκειται να σαρωθεί¹ και η πυκνότητα σάρωσης. Στη συνέχεια ξεκινάει η εκπομπή παλμού laser από το σαρωτή προς το αντικείμενο μελέτης. Ο παλμός αυτός αφού ανακλαστεί στην επιφάνεια που αποτυπώνεται, επιστρέφει στο σαρωτή, εντός του οποίου γίνεται επεξεργασία και

¹ Το βήμα αυτό, όπως θα αναφερθεί και παρακάτω, δεν αφορά τον συγκεκριμένο σαρωτή laser που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εφαρμογή, ο οποίος αυτόματα εκτελεί σάρωση 360° στη στάση που τοποθετείται.

υπολογισμός του χρόνου μετάβασης και επιστροφής και των γωνιών ανάκλασης δέσμης, ώστε στην εξωτερική μονάδα ελέγχου (laptop/rad) να παρουσιαστεί το αποκτημένο νέφος σημείων (που καλείται και DDSM – Dense Digital Surface Model, πυκνό ψηφιακό μοντέλο επιφάνειας). Για κάθε ένα από τα σημεία, προσδιορίζονται οι τρισδιάστατες συντεταγμένες (x, y, z) ως προς το σύστημα αναφοράς, η τιμή της ανακλαστικότητας και χρωματική πληροφορία (RGB). Σε αντίθεση με τους κοινούς Γεωδαιτικούς Σταθμούς, όπου ο χειριστής επιλέγει άμεσα ένα προς ένα τα σημεία που μετρώνται, οι σαρωτές laser ανακτούν τυχαία ένα πυκνό σύνολο σημείων εντός κάποιας εμβέλειας. Στις περισσότερες περιπτώσεις απαιτούνται περισσότερες από μια σαρώσεις, που να προσεγγίζουν το αντικείμενο από διαφορετικές γωνίες και όψεις, ώστε να δημιουργηθεί μια σωστή απεικόνιση αυτού και να αποφευχθούν οι αποκρύψεις. Στη συνέχεια οι πολλαπλές αυτές σαρώσεις πρέπει να αναφερθούν σε ενιαίο σύστημα αναφοράς για να ενσωματωθούν σε κοινό μοντέλο. Η διαδικασία αυτή (Registration) εκτελείται μέσω αλγορίθμων, εντός του περιβάλλοντος εμπορικών λογισμικών. Επιπλέον, συνήθως προβλέπεται και η αποτύπωση ορισμένων σημείων ελέγχου (control points), βάσει κλασικών τοπογραφικών μεθόδων, για τη γεωαναφορά του νέφους. Τα σημεία αυτά υλοποιούνται με σφαιρικούς ή αυτοκόλλητους στόχους επί του αντικειμένου, εξασφαλίζοντας ότι δεν το καταστρέφουν. Οι επίγειοι σαρωτές laser, κατηγοριοποιούνται σε δύο βασικές ομάδες ανάλογα με την τεχνική, που χρησιμοποιούν για τη μέτρηση αποστάσεων (εικόνα 2.7):

- Time of Flight σαρωτές (TOF)
 - Ranging
 - Phase comparison
- Triangulation σαρωτές



Εικόνα 2.7: Ενδεικτική απεικόνιση των βασικών τεχνικών, που χρησιμοποιεί η πλειοψηφία των τρισδιάστατων επίγειων σαρωτών. (<http://info.dk.arch.duth.gr>)

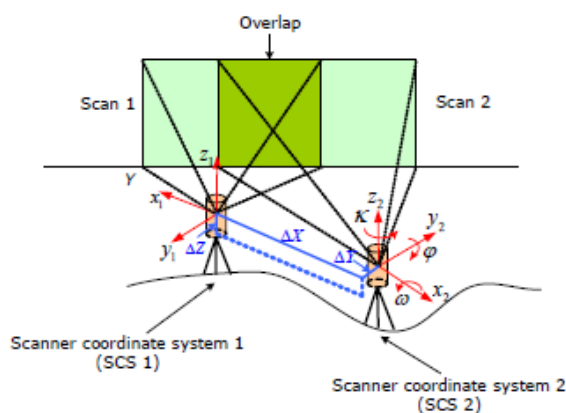
Η ακρίβεια αποτύπωσης παίζει σαφώς σημαντικό ρόλο στο τελικό προϊόν και στην ποιότητά του. Η ακρίβεια των μετρήσεων εξαρτάται από τη γωνία πρόσπτωσης μεταξύ ακτίνας laser και της επιφάνειας του αντικειμένου. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη δέσμη laser και κατ' επέκταση την ακρίβεια είναι η μέθοδος και η ταχύτητα της σάρωσης, η απόσταση του σαρωτή από το αντικείμενο, η ανακλαστικότητα των επιφανειών, το μέγεθος της κουκίδας του laser, το υλικό στο οποίο προσπίπτουν οι ακτίνες, η πυκνότητα της σάρωσης, ο θόρυβος σάρωσης, η θερμοκρασία και η ατμόσφαιρα (Schulz 2007, Reshetuk 2006, Reshetuk 2009). Γενικά, μικρότερη απόσταση και πιο οξεία γωνία πρόσπτωσης επιφέρουν πιο ακριβή αποτελέσματα. Ομοίως, η επιλογή σάρωσης με μεγάλη πυκνότητα σημείων αποδίδει και μεγαλύτερη ακρίβεια.

Σε κάθε περίπτωση, η τεκμηρίωση του χώρου με χρήση σαρωτών Laser επιτρέπει την έμμεση καταγραφή γεωμετρικών σχημάτων σε υψηλή ανάλυση, ακρίβεια, τιμές χρώματος RGB που συνήθως προέρχονται από εσωτερικές ή εξωτερικές ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές. Εκτός από την τεκμηρίωση της πολιτισμικής κληρονομιάς, χρησιμοποιούνται στον τομέα της βιομηχανίας για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη πρωτοτύπων, τους ποιοτικούς ελέγχους, τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, την επαλήθευση επεμβάσεων (reverse engineering).

Η επεξεργασία των δεδομένων που προέρχονται από τους σαρωτές Laser αποτελείται από ένα σύνολο ενεργειών που είναι απαραίτητες για να προκύψει το τελικό ψηφιακό μοντέλο του μνημείου ξεκινώντας από το νέφος των μετρημένων σημείων και χωρίζεται σε δύο στάδια, την προεπεξεργασία των δεδομένων και τη διαμόρφωση του τελικού παραγόμενου υλικού.

Το πρώτο στάδιο είναι η *προεπεξεργασία* (ή προκαταρκτική επεξεργασία) των δεδομένων Laser. Με τον όρο "προκαταρκτική επεξεργασία" ορίζουμε όλες τις απαραίτητες διαδικασίες που εφαρμόζονται άμεσα στο νέφος σημείων, όπως, για παράδειγμα το φιλτράρισμα των σημείων (μείωση θορύβου), την καταγραφή των σημείων και τις διαδικασίες συνένωσης ή γεωαναφοράς (georeferencing).

Η υλοποίηση της **συνένωσης νεφών** (registration), όπως προαναφέρθηκε, γίνεται για να ενταχθούν οι διαφορετικές σαρώσεις σε ενιαίο σύστημα αναφοράς. Κάθε σάρωση έχει σαν αρχή των συντεταγμένων της το κέντρο του οργάνου. Για την ένταξη του μοντέλου σε ένα ορισμένο σύστημα αναφοράς είναι απαραίτητο να προσδιορισθούν 6 παράμετροι ΔX , ΔY , ΔZ , $\Delta \omega$, $\Delta \phi$, $\Delta \kappa$ (3 μεταθέσεις του μοντέλου κατά τους άξονες και 3 στροφές, Reshetjuk 2009) (Εικόνα 2.8). Δύο παράγοντες επηρεάζουν τη μέθοδο αυτή, η πρώτη όταν το όργανο τοποθετείται σε τυχαία θέση και η δεύτερη όταν το όργανο κεντρώνεται σε σημείο με γνωστές συντεταγμένες.



Εικόνα 2.8: Διαδικασία Registration μεταξύ δύο νεφών σημείων (Reshetjuk 2009).

Στην πρώτη περίπτωση, όπου ο σαρωτής τοποθετείται σε τυχαία θέση, δηλαδή δεν είναι κεντρωμένος και οριζοντιωμένος σε σημείο γνωστών συντεταγμένων, είναι απαραίτητη η ύπαρξη επικαλυπτόμενου τμήματος μεταξύ των διαδοχικών σαρώσεων και να αναγνωριστούν τουλάχιστον τρία διακριτά σημεία, είτε χαρακτηριστικά λόγω της γεωμετρίας του αντικειμένου, είτε ειδικοί στόχοι (σφαιρικοί ή αυτοκόλλητοι). Με γνωστές τις συντεταγμένες των δύο σημείων σε γνωστό σύστημα αναφοράς προσδιορίζονται οι 6 παράμετροι, ενώ με μια συντεταγμένη του τρίτου σημείου προσδιορίζεται η στροφή του μοντέλου στο χώρο ως προς τον εαυτό του.

Όταν η σάρωση υλοποιείται από σημείο γνωστών συντεταγμένων, με την κέντρωση προσδιορίζονται οι παράμετροι ΔX , ΔY , ΔZ και με την οριζοντίωση η στροφή του μοντέλου στο χώρο. Με τη σάρωση γνωστού σημείου-στόχου προσδιορίζονται οι 3 παράμετροι του προσανατολισμού.

Σε αντιστοιχία με την τοποθέτηση του σαρώτη εμφανίζονται τρεις διαφορετικοί τρόποι συνένωσης νεφών σημείων:

- Με χρήση ομόλογων σημείων (Cloud based Registration)

Κατά τη μέθοδο αυτή γίνεται συνένωση σαρώσεων που έχουν επικάλυψη τουλάχιστον 30%, χρησιμοποιώντας τρία τουλάχιστον ομόλογα σημεία μεταξύ δύο νεφών. Τα σημεία αυτά οφείλουν να είναι ευδιάκριτα, να είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα στην επιφάνεια επικάλυψης, να μην είναι συννευθιακά. Τα σημεία αυτά επιλέγονται κατά το στάδιο επεξεργασίας και δεν τοποθετούνται κατά τη διάρκεια της σάρωσης. Μετά την επιλογή των ομολογιών δημιουργείται το cloud constraint –περιορισμός μεταξύ των δύο σαρώσεων και προσδιορίζει το βέλτιστο μετασχηματισμό ευθυγράμμισης μεταξύ δύο νεφών.

- Με χρήση ειδικών στόχων (Target based Registration)

Κατά τη μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται ειδικοί στόχοι με υψηλή ανακλαστικότητα, ώστε να αναγνωρίζονται από το λογισμικό του σαρώτη, και τοποθετούνται στην επικαλυπτόμενη επιφάνεια μεταξύ των σαρώσεων κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Οι στόχοι οφείλουν να τοποθετούνται ομοιόμορφα στην επικαλυπτόμενη επιφάνεια, να καλύπτουν τις τρεις διαστάσεις, να μην είναι συννευθιακά. Οι παραπάνω στόχοι χρησιμοποιούνται αργότερα στην επεξεργασία των σαρώσεων (λογισμικό Cyclone Leica) ως σημεία σύνδεσης, προκειμένου να γίνει η συνένωση (registration), δηλαδή το νέφος μετατίθεται και στρέφεται γύρω από τους τρεις άξονες, ώστε να προσαρμοστεί στο άλλο νέφος σημείων που ορίζεται σταθερό.

- Με γεωαναφορά (Registration to Survey controlled Targets)

Στην περίπτωση αυτή, εκτελείται η μέθοδος με χρήση ειδικών στόχων στο πεδίο αποτύπωσης, όμως οι στόχοι έχουν πραγματικές συντεταγμένες σε κάποιο σύστημα αναφοράς. Οι συντεταγμένες αυτές προσδιορίζονται με χρήση γεωδαιτικού σταθμού (Total Station). Ακολουθεί ο μετασχηματισμός νεφών, εισάγονται μέσω του λογισμικού οι γνωστές συντεταγμένες των στόχων και το τελικό συνενωμένο νέφος αποκτά σύστημα αναφοράς.

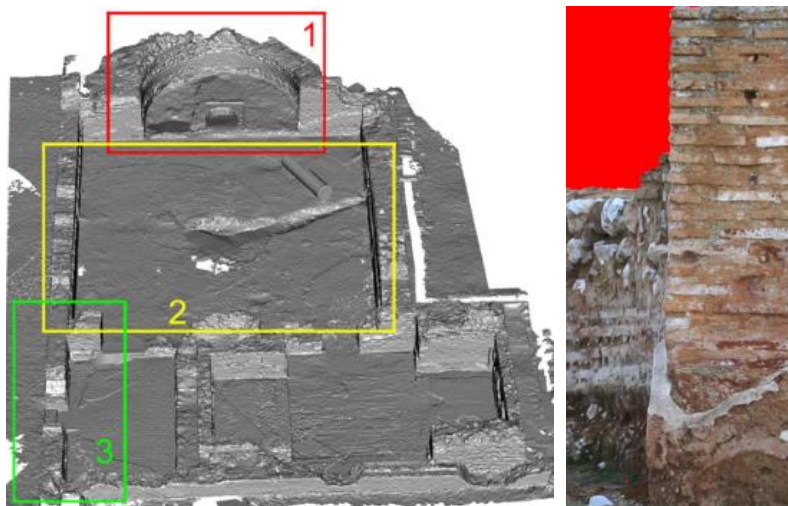
Το δεύτερο στάδιο είναι η *διαμόρφωση του τελικού παραγόμενου υλικού*. Η διαδικασία αυτή, ανάλογα με τις ανάγκες αποτύπωσης και απόδοσης του αντικειμένου που σαρώθηκε μπορεί να οδηγήσει στη διαμόρφωση του *τρισδιάστατου μοντέλου επιφάνειας (mesh)* του αντικειμένου μελέτης ή στην παραγωγή *δισδιάστατων σχεδίων* αυτού.

Κρίνεται δόκιμο εδώ να αποσαφηνιστεί η διαφορά μεταξύ τρισδιάστατου μοντέλου επιφάνειας (3d surface model/mesh) και του τρισδιάστατου μοντέλου ως απεικόνιση του αντικειμένου που μελετάται. Στην πρώτη περίπτωση υλοποιείται μέσω αυτόματων αλγοριθμικών διαδικασιών η δημιουργία επιφάνειας βάσει των σημείων (της επιφάνειας) που σαρώθηκαν, χρήσιμο εργαλείο όπως φαίνεται και στις παρακάτω εφαρμογές. Όμως, για ορισμένες ειδικότητες και εφαρμογές, κρίνεται χρήσιμο να λαμβάνονται επίσης υπόψη οι κατασκευαστικοί κανόνες και να διαφαίνεται η δομή του αντικειμένου/κτιρίου, για παράδειγμα το πάχος των τοίχων, τα υλικά, κλπ (Oreni 2013).

2.6 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΜΕ ΣΑΡΩΣΗ LASER ΣΤΗΝ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΜΝΗΜΕΙΩΝ

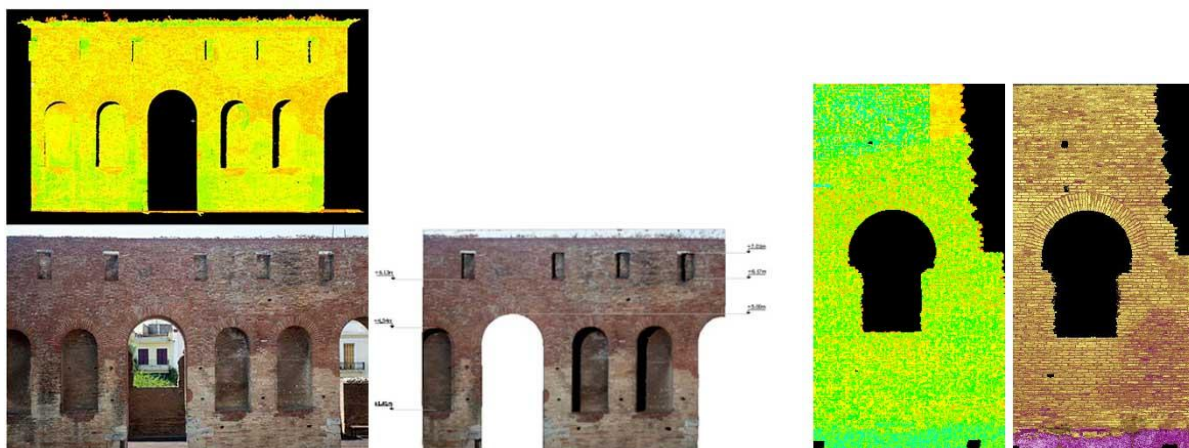
Στην ελληνική και ξένη βιβλιογραφία εμφανίζεται πλήθος παραδειγμάτων εφαρμογών χρήσης επίγειων σαρωτών laser για την αποτύπωση και την καταγραφή μακροσκοπικής πληροφορίας στον τομέα των κατασκευών, τόσο των νέων που αφορούν κυρίως σε νέες χαράξεις και παρακολούθηση της προόδου εργασιών, όσο και συγκεκριμένα στην τεκμηρίωση μνημείων. Παρουσιάζονται στη συνέχεια ορισμένα από αυτά τα παραδείγματα και οι δυνατότητες μετέπειτα επεξεργασίας που προκύπτουν από το νέφος.

Σύμφωνα με τη δημοσιευμένη μελέτη (Petsa 2007) κατά την οποία εκτελείται γεωμετρική τεκμηρίωση Ρωμαϊκού αρχαιολογικού χώρου στην Αρκαδία με συνεργασία των μεθόδων επίγειας σάρωσης laser και της Φωτογραμμετρικής, παρουσιάζεται η αυτοματοποιημένη αλγοριθμική διαδικασία (multi-view algorithm) δημιουργίας ορθοεικόνων και προοπτικών απόψεων βασισμένων σε τρισδιάστατα μοντέλα σάρωσης (3d surface model) με φωτογραφική υφή (photo texturing). Κάθε σημείο της επιφάνειας αναγνωρίζεται και στη συνέχεια αποδίδεται σε αυτό χρωματική πληροφορία από τα αντίστοιχα pixels των εικόνων που το περιλαμβάνουν. Παράλληλα αναπτύσσονται μέθοδοι αποκλεισμού ακραίων ή λανθασμένων τιμών εξαιτίας αποκρύψεων του θέματος στις εικόνες (Εικόνα 2.9).



Εικόνα 2.9: Παρουσίαση 3D μοντέλου (αριστερά) από σάρωση laser και επισήμανση υποπεριοχών μορφολογικής διαφοροποίησης κατά την εκτέλεση εφαρμογής παραγωγής ορθοεικόνων (Petsa 2007) και (δεξιά) λεπτομέρεια ορθοεικόνας του τμήματος 1, συνδυάζοντας υφή πολλαπλών εικόνων.

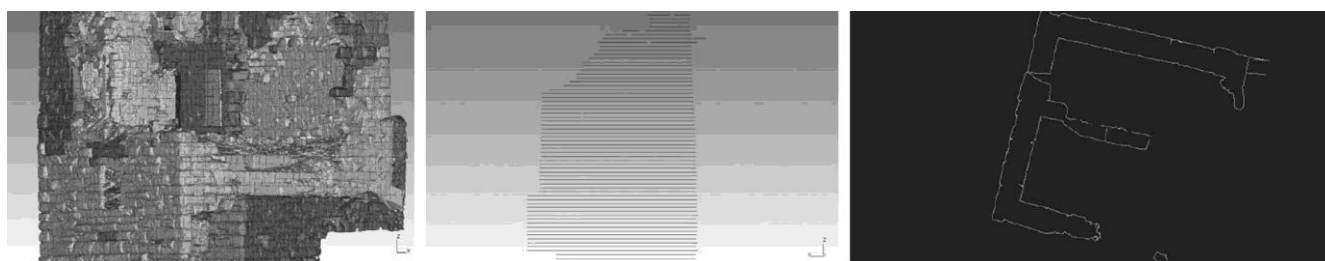
Κατά τη γεωμετρική τεκμηρίωση του ρωμαϊκού Ωδείου Πατρών (Αρχοντάκης 2012), πέρα από την απόδοση των περιγραμμάτων των όψεων για την αποτύπωση αυτών, παρουσιάζεται η δυνατότητα προσθήκης υφής στο τελικό σχέδιο, τεχνική που συνδυάζει την μέθοδο επίγειας σάρωσης με την προσθήκη εικόνας (Εικόνα 2.10). Συγκεκριμένα η εφαρμογή texture mapping απεικονίζει αντικείμενα που έχουν σαρωθεί (point cloud) χρησιμοποιώντας χρώματα της εικόνας, ορίζοντας τουλάχιστον 7 ομόλογα σημεία διακριτά στο νέφος και στη φωτογραφία. Να σημειωθεί ότι η λήψη εικόνας με φωτογραφική μηχανή, πέρα από τη λήψη εικόνας από το σαρωτή (εάν υπάρχει αυτή η δυνατότητα), προσφέρει ορισμένες φορές πιστότερο αποτέλεσμα ως προς τη χρωματική υφή, εξαιτίας της καλύτερης ανάλυσης της φωτογραφικής μηχανής.



Εικόνα 2.10: Point cloud και φωτογραφία από ψηφιακή μηχανή (αριστερά) για την εφαρμογή του texture map και τελικό αποτέλεσμα επί του σχεδίου της όψης (δεξιά). Νέφος σημείων (δεξιά) πριν και μετά την εφαρμογή Mesh (Αρχοντάκης 2012).

Επιπλέον παρουσιάζεται μια διαφορετική τεχνική για την απόδοση υφής στην όψη, μέσω της προσαρμογής επιφάνειας (mesh) πάνω στο νέφος σημείων. Συνήθως επιλέγεται όταν το νέφος δεν είναι αρκετά πυκνό και συνεπώς δεν αποδίδεται με λεπτομέρεια η υφή. Η εναλλαγή των χρωμάτων στο Mesh οφείλεται στη διαφορετική ανακλαστικότητα του υλικού, τιμή που επηρεάζεται από τη γωνία πρόσπτωσης της δέσμης laser και από το ίδιο το υλικό (Εικόνα 2.10). Η τιμή ανακλαστικότητας είναι δυνατό να παρουσιαστεί στα αποτελέσματα της σάρωσης και συγκεκριμένα μαζί με τις συντεταγμένες κάθε σημείου. Η πληροφορία αυτή δίνει ένα επιπλέον εργαλείο για την εξέταση και χαρτογράφηση των υλικών που εμφανίζονται σε μια κατασκευή, εξετάζοντας φυσικά πάντα την ακρίβειά της και με επιτόπια παρατήρηση.

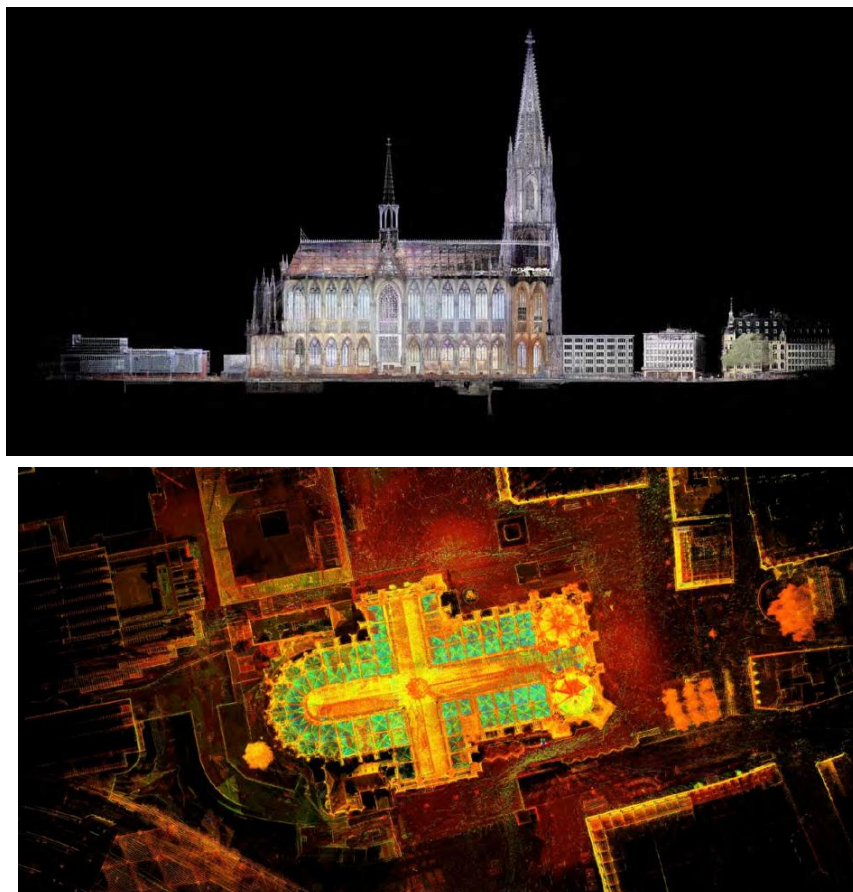
Εξίσου σημαντική είναι η αυτοματοποίηση, μέσω λογισμικού, της εξαγωγής οριζόντιων και κατακόρυφων τομών (διατομών) κατά μήκος του τρισδιάστατου μοντέλου επιφάνειας (3d mesh) που προκύπτει από το νέφος σάρωσης, όπου ο χειριστής ορίζει απλώς το επιθυμητό βήμα των τομών αυτών (Σίσκας 2012).



Εικόνα 2.11: Διαδικασία αυτόματης εξαγωγής οριζόντιων διατομών από 3d mesh (Σίσκας 2012).

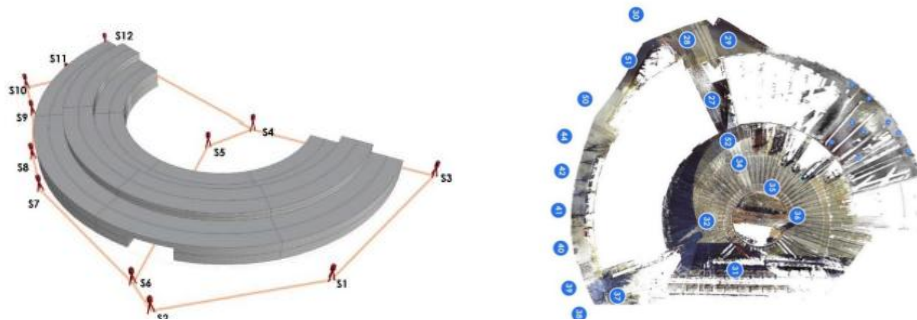
Ορισμένα πλεονεκτήματα της χρήσης τρισδιάστατου σαρωτή laser φαίνονται επίσης και στη διεξαγωγή αποτύπωσης (Pritchard 2017) στο Καθεδρικό Ναό της Κολωνίας, χαρακτηρισμένο Μνημείο Παγκόσμιας Κληρονομιάς της UNESCO (Εικόνα 2.12). Ο θεμέλιος λίθος αναφέρεται ότι τέθηκε το 1248, ενώ καταγράφεται η ολοκλήρωση της κατασκευής του το 1880. Κατά τη διάρκεια των αιώνων έχει καταστραφεί, επισκευαστεί και τροποποιηθεί και τα υπάρχοντα σχέδια έχρηζαν επικαιροποίησης, ενώ

το ίδιο το μνημείο έπρεπε να συντηρηθεί. Πρόκειται για ιδιαίτερα ψηλό και περίτεχνο γοθικό καθεδρικό ναό, οπότε η τεκμηρίωσή του δεν θα μπορούσε να βασίζεται σε παραδοσιακά μέσα. Υλοποιούνται εσωτερικά και εξωτερικά συνολικά 608 σαρώσεις και το επίπεδο λεπτομέρειας των αποτελεσμάτων κρίνεται ικανό για την απόδοση λεπτομερών σχεδίων, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν ως υπόβαθρο εμβάθυνσης και επιτόπια παρατήρησης, καθώς και για τη χαρτογράφηση των όψεων και σήμανση των επεμβάσεων, της παθολογίας καθώς και μελέτη της αρχιτεκτονικής δομής και μορφολογίας του ναού.



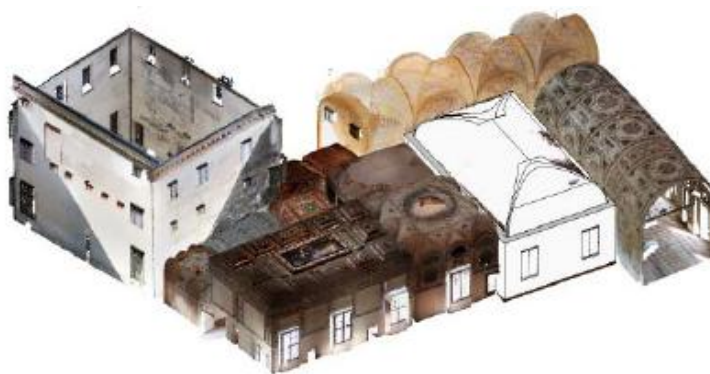
Εικόνα 2.12: Οι τομές του νέφους σημείων του καθεδρικού ναού (επάνω) αποδεικνύονται πολύ αποτελεσματικές στην απόδοση των επί μέρους χώρων και του δομικού συστήματος στο εσωτερικό, (κάτω) παρουσιάζεται εξίσου και η συνένωση των εσωτερικών και εξωτερικών σαρώσεων σε κάτοψη (Pritchard 2017).

Κατά την εφαρμογή επίγειας σάρωσης για την τεκμηρίωση του Smistamento Roundhouse (Chiabrando 2017) ακολουθείται εξίσου η τυπική διαδικασία αποτύπωσης με τρισδιάστατο σαρωτή και συγκεκριμένα του Faro Focus 3D. Ολόκληρο το κτίσμα αποτυπώνεται εξωτερικά με ποιότητα 1/5, που σύμφωνα με τις βασικές ρυθμίσεις του Faro αντιστοιχίζεται σε 1 σημείο ανά 8mm στα 10m. Μετά την απόκτηση των σημείων από το σαρωτή, όλες οι σαρώσεις διαθέτουν πληροφορία χρώματος, φιλτράρονται, συνενώνονται και αναφέρονται σε κοινό σύστημα σύμφωνα με το δίκτυο ελέγχου που υλοποιείται πριν τη σάρωση (Εικόνα 2.13).



Εικόνα 2.13: (αριστερά) υλοποίηση και απόδοση του συστήματος ελέγχου με χρήση GNSS και Total Station, και (δεξιά) παρουσίαση νέφους από την τρισδιάστατη σάρωση του μνημείου (Chiabrandò 2017).

Τα επί μέρους δωμάτια εσωτερικά του Palazzo Ducale di Mantova, έργο του Giulio Romano περί τα 1536-1539 (Εικόνα 2.14), σαρώθηκαν εσωτερικά (Adami 2017) με χρήση επίγειου σαρωτή (Leica HDS 7000) και οι σαρώσεις που αποκτήθηκαν αναφέρονται σε κοινό σύστημα, βάσει τοπογραφικής μελέτης που διεξήχθη. Καταγράφεται ότι κατά βάση κάθε δωμάτιο σαρώνεται από μια μόνο στάση, εκτός από τα διαμερίσματα Sala dei Cavalli και Sala di Troia εξαιτίας της πολυπλοκότητάς τους, και με ανάλυση περί τα 5mm (40 εκατομμύρια σημεία για κάθε δωμάτιο). Επιπλέον αποκτήθηκε χρωματική πληροφορία, καθώς από κάθε στάση σάρωση υλοποιείται εξίσου πανοραμική φωτογραφική λήψη από το σαρωτή. Σημειώνεται τέλος ότι η χρωματική ανάλυση δεν είναι αρκετά υψηλή, επομένως η χρωματική πληροφορία (τιμή RGB για κάθε καταγεγραμμένο σημείο) μπορεί να αποδώσει μόνο απλή περιγραφή του χώρου και της διακόσμησης και δεν ενδείκνυται για παραγωγή ορθοεικόνων.



Εικόνα 2.14: Απόκτηση και παρουσίαση του συνενωμένου τρισδιάστατου νέφους σημείων μέσω σάρωσης με Laser, των εσωτερικών χώρων των διαμερισμάτων Troia του Giulio Romano (Adami 2017).

Κεφάλαιο 3. BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

3.1 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Το Building Information Modeling είναι μια προσέγγιση αναπαράστασης στο πεδίο της Αρχιτεκτονικής, Μηχανικής και των Κατασκευών (Architecture, Engineering, Construction – AEC), που παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας μοντέλων για την περιγραφή αρχιτεκτονικών και τεχνικών κατασκευαστικών έργων. Σύμφωνα με τον Βενέρη (2011), ο όρος AEC χρησιμοποιείται για να δηλώσει ολόκληρο τον κατασκευαστικό κλάδο, ενώ η λογική των συστημάτων αυτών αποτελεί μέρος μιας ευρύτερης λογικής αναπαράστασης της συνολικής κατασκευαστικής πληροφορίας των κτιριακών έργων, που υλοποιείται στα συστήματα BIM. Πρόκειται για μια ακριβή ψηφιακή τρισδιάστατη προσομοίωση της υπό μελέτη κατασκευής, με όλα τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, τις χωρικές σχέσεις των στοιχείων που την απαρτίζουν, τις φυσικές ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά καθενός από αυτά, πληροφορία που μπορεί να συντελέσει στην ταξινόμηση των στοιχείων και την αναγνώριση της δομής τους (για παράδειγμα επισήμανση του φέροντος οργανισμού και των φερόμενων στοιχείων, διαχωρισμό εσωτερικής και εξωτερικής τοιχοποιίας, μοντελοποίηση και σήμανση υλικών ή διαστρωμάτωση εντός δομικού στοιχείου κλπ). Είναι ένα μέσο να σχεδιάζονται κατασκευές, με δομική μονάδα το ίδιο το κατασκευαστικό στοιχείο (object - oriented design) και όχι τις γραμμές που ορίζουν το περίγραμμα αυτών, σε αντίθεση με το σχεδιασμό σε περιβάλλον CAD, και με ταυτόχρονη παραμετρική προσέγγιση. Ενώ τα συστήματα CAD είναι γενικά γεωμετρικά συστήματα που χρησιμοποιούν γεωμετρικά αντικείμενα για την περιγραφή της γεωμετρίας της μορφής αρχιτεκτονικών και τεχνικών έργων, τα συστήματα AEC είναι συστήματα εξειδικευμένα στην περιγραφή κατασκευαστικών έργων και την εκπόνηση μελετών των σχετιζόμενων κλάδων μηχανικών, χρησιμοποιώντας για το σκοπό αυτό ειδικά αρχιτεκτονικά και τεχνικά κατασκευαστικά αντικείμενα (Πέττα 2011).

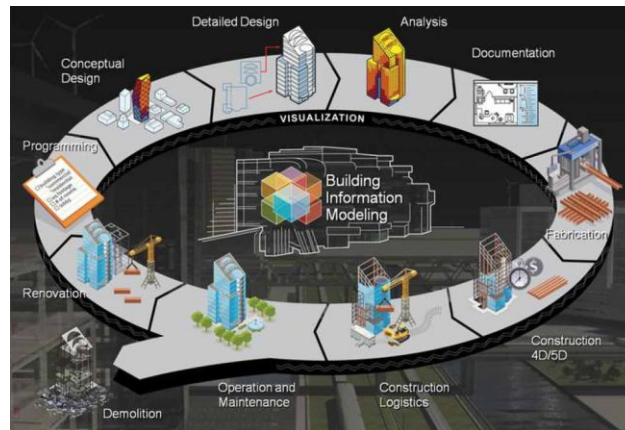
Επιπλέον τα λογισμικά BIM παρέχουν τις δυνατότητες μηχανών τρισδιάστατης απόδοσης και render. Συγκεκριμένα ο χρήστης μπορεί να βλέπει και να επιδρά με το μοντέλο που επεξεργάζεται σε απόψεις των τριών διαστάσεων, ορθών προβολών και δισδιάστατων κατόψεων και τομών αυτού. Όσο αναπτύσσεται το μοντέλο, όλα τα σχέδια που προκύπτουν στο σύνολο της μελέτης προσαρμόζονται και ενημερώνονται αυτόματα.

Δημιουργήθηκε για τη μοντελοποίηση νέων κτιρίων / κατασκευών, και την παρακολούθησή τους καθ' όλο τον κύκλο ζωής τους. Το BIM χαρακτηρίζεται ως *«το λογισμικό που έχει διαταράξει τις παραδοσιακές μεθόδους αναπαράστασης και συνεργασίας στην Αρχιτεκτονική»*, σύμφωνα με τον Bergin (2012), *«καθώς καλούνται να αποδοθούν μέσω αυτού τόσο οι φυσικές όσο και οι εσωτερικές ιδιότητες ενός κτιρίου που μελετάται ως μέρος μιας βάσης δεδομένων»*.

Επιπλέον όμως προσομοιώνεται η διαδικασία της κατασκευής και όχι μόνο το αποτέλεσμα, και συνεπώς παρουσιάζονται και λαμβάνουν χώρα εικονικά έννοιες (πρότυπα) όπως η *Διασυνδεδεμένη Παράδοση Έργου* (Integrated Practice/Project Delivery – IPD), η *Διαλειτουργικότητα* (Interoperability) και η *Διαχείριση σε επίπεδο Κύκλου Ζωής* (Lifecycle Management) των κατασκευών. Όσον αφορά στην IPD, το BIM αποτελεί εργαλείο - κλειδί αφού καθιστά απρόσκοπτη την συνεργασία μεταξύ των διαφόρων μελών και την ανταλλαγή των απαραίτητων δεδομένων και μετα-δεδομένων. Τα αποθηκευμένα αυτά δεδομένα είναι προσπελάσιμα από κάθε ενδιαφερόμενο μέρος / μηχανικό που εμπλέκεται στο ίδιο έργο. Η Διαλειτουργικότητα από την άλλη είναι ουσιαστικά η ικανότητα δύο ή περισσότερων συστημάτων να ανταλλάσσουν και να χρησιμοποιούν πληροφορίες (Aragici 2008). Μεταξύ των προτύπων περιγραφής κτιρίων και εργασιών περιλαμβάνονται επίσης οντολογικές ιεραρχίες που συγκροτούν το πεδίο αναφοράς ενός κτιριακού αρχιτεκτονικού έργου και αντιστοιχούν σε δομές αναπαράστασης τεχνικής και αρχιτεκτονικής γνώσης συναρτημένης με την κατασκευή του έργου. Οι δομές αυτές αναφέρονται στη βιβλιογραφία ως *Δομές Ανάλυσης Έργου* (Work Breakdown Structures), έχουν αποτελέσει ανεξάρτητο αντικείμενο έρευνας εξαιτίας των αναγκών εκτίμησης του προϋπολογισμού ενός έργου (εκτίμηση ποσοτήτων, ποσοτικός προϋπολογισμός - Bill of Quantities, προϋπολογισμός υλικών και εργασιών – Bill of Materials & Operational Bill), και παρουσιάζουν ποικίλες δυνατότητες εφαρμογής στο πεδίο του σχεδιασμού και της κατασκευής των έργων. Μια από τις εφαρμογές των προτύπων είναι σε πληροφορικά συστήματα όπως τα συστήματα BIM για την αναπαράσταση κτιριακών αρχιτεκτονικών έργων μέσω αρχιτεκτονικών - κατασκευαστικών αντικειμένων. Τα πρότυπα που αναφέρονται συχνότερα σε σχέση με το BIM είναι το IFC (Industry Foundation Classes από την building Smart, IAI - International Alliance for Interoperability, με στόχο την απρόσκοπτη ανταλλαγή πληροφορίας μεταξύ διαφορετικών προγραμμάτων και χρηστών), το OmniClass και το IFD (International Framework for Dictionaries) Library (Βενέρης 2011, Πέππα 2011).

Η χρήση του BIM στις σύγχρονες κατασκευές προσφέρει ένα δυναμικό εργαλείο που ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις συνεργασίας μεταξύ τομέων και αξιόπιστη ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ αυτών και σε μικρότερο χρονικό διάστημα συγκριτικά με τη συνηθισμένη μεθοδολογία. Από τη σκοπιά του αρχιτέκτονα μηχανικού που αναλαμβάνει τη μελέτη και υλοποίηση ενός νεόδμητου κτιρίου για παράδειγμα, τα αποτελέσματα του 2D σχεδιασμού πρέπει να αναθεωρηθούν πολλές φορές μετά από τη συνεργασία με τους πολιτικούς μηχανικούς, τους ηλεκτρολόγους κλπ. Βάσει αυτών των αναθεωρήσεων οφείλει να ενημερώσει στη συνέχεια τον πελάτη και να διατηρήσει τον έλεγχο, τη λειτουργία και τη μορφή του κτιρίου και επιπλέον να εξασφαλίσει την ποιότητα, την οικονομία και την ακεραιότητα της όλης ιδέας. Επιπλέον, η εκτίμηση του κόστους κατασκευής είναι μία εξίσου πολύπλευρη και χρονοβόρα διαδικασία ενώ η τρισδιάστατη απεικόνιση του κτιρίου είναι μια πρόσθετη εργασία για τον αρχιτέκτονα ή τον 3D σχεδιαστή. Με την τεχνολογία BIM το παραπάνω παράδειγμα μιας συνήθους ροής εργασιών αλλάζει. Το πληροφορικό μοντέλο κτιρίου παρέχει πιστή αναπαράσταση της κατασκευής, καθώς η διαμόρφωσή του γίνεται μέσω του συνδυασμού επί μέρους μοντέλων, όπως της στατικής μελέτης, της αρχιτεκτονικής, της ηλεκτρολογικής και του υδραυλικού της δικτύου. Έτσι, δημιουργείται ένα σύνθετο μοντέλο, το οποίο προσφέρει μια εμπειριστατωμένη εικόνα του τελικού κτιρίου, που συμβάλλει στην επιτυχημένη και ομαλή συνεργασία των ενδιαφερόμενων μερών και σε κοινή βάση δεδομένων. Για παράδειγμα σε ένα έργο ο αρχιτέκτονας είναι υπεύθυνος για τη δημιουργία του αρχιτεκτονικού πληροφορικού μοντέλου BIM, ενώ ο πολιτικός μηχανικός εργάζεται επί του στατικού μοντέλου και ο μηχανολόγος στο μηχανολογικό μοντέλο αντίστοιχα, σε κοινή βάση δεδομένων που τους εξασφαλίζει έλεγχο και ταχύτερη διόρθωση πιθανών λαθών, αλληλεπίδραση των κλάδων μεταξύ τους και συνεχή παρακολούθηση της εξέλιξης των εργασιών των υπόλοιπων κλάδων (Εικόνα 3.1). Επιπλέον το 3D μοντέλο αποκτάει νέες διαστάσεις και από ένα απλό εργαλείο οπτικής αναπαράστασης εξελίσσεται στο 4D (χρόνος), στο 5D (κόστος),

στο 6D (ενέργεια) και στο 7D (διαχείριση) κλπ. Γενικά κάθε επιπλέον παράμετρος του πληροφορικού μοντέλου BIM που προστίθεται θεωρείται και μια επιπλέον διάσταση.



Εικόνα 3.1: Ροή εργασιών κατά BIM. Πηγή: www.autodesk.com

Τα τελευταία χρόνια συναντάται στη βιβλιογραφία η μελέτη του BIM ως εργαλείο στο πεδίο μοντελοποίησης και παρακολούθησης της πολιτιστικής κληρονομιάς, προσπαθώντας να αξιοποιήσουν τα πλεονεκτήματα απόδοσης και οργάνωσης που προσφέρει. Συνεπώς δεν είναι πλήρως διαδεδομένη, ούτε συναντάται συγκεκριμένη μεθοδολογία χειρισμού. Παρακάτω αναπτύσσεται βάσει βιβλιογραφικής έρευνας η δημιουργία και εξέλιξη του BIM, συνοπτικά παραδείγματα της χρήσης του στις νέες κατασκευές, καθώς και παραδείγματα εφαρμογών για την απόδοση και διαχείριση μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς.

3.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΕΞΕΛΙΞΗΣ BIM

Οι θεωρητικές αρχές του συστήματος BIM τοποθετούνται το 1962 σε δημοσίευση του Englebart (1962) προς τον αρχιτέκτονα του μέλλοντος, προτείνοντας τον αντικειμενοστραφή σχεδιασμό, τον παραμετρικό χειρισμό και τη δημιουργία σχέσεων εντός βάσης δεδομένων².

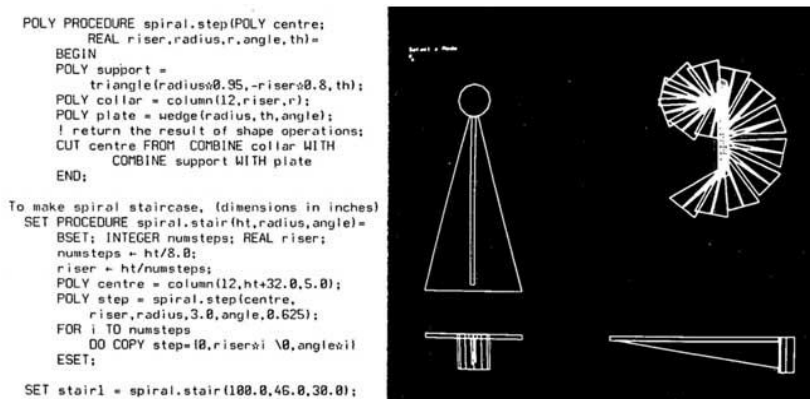
Οι δύο κύριες μέθοδοι υπολογιστικής παράστασης τρισδιάστατης γεωμετρίας (στερεών) που αναπτύχθηκαν μεταξύ 1970-1980 ήταν οι Constructive Solid Geometry (CSG, κατασκευαστικό ομοίωμα) και Boundary Representation (BRep, συνοριακό ομοίωμα) (Βενέρης 2011). Στην πρώτη περίπτωση ο χώρος θεωρείται σημειοσύνολο και χρησιμοποιείται μια σειρά πρωτογενών στερεών σχημάτων που επιτρέπουν πράξεις συνόλων (boolean), όπως ένωση, τομή, αφαίρεση. Στη δεύτερη περίπτωση (συνοριακό ομοίωμα) η γεωμετρία των στερεών σχημάτων συγκροτείται με βάση τις έδρες, τις ακμές και τις κορυφές τους και παρέχονται ανάλογοι χειρισμοί. Στην πράξη, οι εφαρμογές συνήθως δίνουν και τις δυο δυνατότητες ανεξάρτητα του υποκείμενου πυρήνα που χρησιμοποιούν.

Ως πρώτο παράδειγμα περιβάλλοντος σχεδιασμού αναφέρεται το λογισμικό Building Description System (BDS), με δυνατότητα περιγραφής μεμονωμένων στοιχείων της βιβλιοθήκης, τα οποία μπορούν

² «... ο αρχιτέκτονας ξεκινάει να εισάγει μια σειρά προδιαγραφών και δεδομένων – ένα πάτωμα από πλάκα έξι ιντσών, ταυμεντένιοι τοίχοι δώδεκα ιντσών κατά οκτώ πόδια μέσα στην εκσκαφή και ούτω καθεξής. Όταν τελειώσει, εμφανίζεται στην οθόνη η αναθεωρημένη άποψη. Κατασκευάζεται η δομή. Το εξετάζει, το προσαρμόζει ... Αυτές οι λίστες εξελίσσονται σε μια όλο και πιο λεπτομερή, αλληλένδετη δομή, η οποία αντιπροσωπεύει την ώριμη σκέψη πίσω από τον πραγματικό σχεδιασμό ».

να ανακτηθούν και να προστεθούν σε ένα μοντέλο. Το πρόγραμμα αυτό, σχεδιασμένο από τον Eastman το 1977 (Εικόνα 3.2), χρησιμοποιεί γραφικό περιβάλλον εργασίας για τον χρήστη, δυνατότητα θέασης σε ορθή προβολή και προοπτικές λήψεις, καθώς και μια βάση δεδομένων που επιτρέπει στον χρήστη να ανακτά τις κατηγοριοποιημένες πληροφορίες βάσει χαρακτηριστικών, συμπεριλαμβανομένου του τύπου υλικού και του προμηθευτή.

Παράλληλα με την εξέλιξη στον τομέα της αναπαράστασης στερεών, η ανάπτυξη που πραγματοποιήθηκε στο υπολογιστικό περιβάλλον (interface) και στο λογισμικό (software) υποβοήθησε εξίσου την ανάπτυξη της σημερινής έννοιας του BIM. Όπως προκύπτει από τη βιβλιογραφία (Eastman 1974), αρχικά για την απόδοση ενός μοντέλου ή κάποιας άποψης σχεδίου ήταν αναγκαία η είσοδος παραμέτρων και εντολών σε προγραμματιστικό περιβάλλον και ανάπτυξη αντίστοιχων γλωσσών προγραμματισμού, όπως GLIDE (Graphical Language for Interactive Design). Η ανάπτυξη των σημερινών εργαλείων και εντολών σχεδιασμού, συμβάλλουν στην άμεση αλληλεπίδραση του μηχανικού / σχεδιαστή με το μοντέλο της κατασκευής που μελετά.



Εικόνα 3.2: Η εισαγωγή των εντολών (αριστερά) παράγει την κλίμακα (δεξιά) που είναι επεξεργάσιμη παραμετρικά. Το GLIDE του Eastman (1977) περιλαμβάνει χαρακτηριστικά του BIM – παραμετροποίηση και τρισδιάστατη άποψη. Πηγή: <https://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim>

Το πρώτο λογισμικό για δημιουργία πληροφορικού ομοιώματος κτιρίου RUCAPS (Riyadh University Computer Aided Production System) δημιουργείται το 1977 από την εταιρεία GMW, κατά την ανάληψη έργου του Riyadh University, μαζί με την αμερικανική εταιρεία HOK. Έχοντας ως βασική ιδέα τη συγκρότηση προγραμματιστικών οντοτήτων που αποτελούν τα υπολογιστικά ομοιώματα των φυσικών μερών του κτιρίου, ο κύριος στόχος που τέθηκε ήταν η αυτοματοποίηση της παραγωγής σχεδίων, βασικό χαρακτηριστικό του συστήματος BIM. Η ανάπτυξη του RUCAPS συνεχίστηκε βελτιώνοντας την τρισδιάστατη παράσταση των στοιχείων, ενώ επίσης έγινε και η διάκριση μεταξύ χώρου ομοιώματος (model space), εντός του οποίου οριζόταν το πληροφορικό ομοίωμα του κτιρίου, και του χώρου σχεδίασης (layout space), στον οποίο οριζόταν τα σχέδια, δηλαδή απόψεις του κτιρίου με αντίστοιχα υπομνήματα. Επιπλέον εισήχθησαν τα ελαστικά στοιχεία (Stretchable Components), δηλαδή παραμετρικά στοιχεία μέτρησης ποσοτήτων (Βενέρης 2011). Την ίδια περίοδο αναπτύσσονται στη Βρετανία ορισμένα εξίσου αξιόλογα λογισμικά με αρχιτεκτονικό προσανατολισμό, όπως τα GDS (General Draughting System) από την ARC, Gable από το Πανεπιστήμιο του Sheffield, Acropolis από την Building Design Partnership κ.α.

Το λογισμικό Sonata αναπτύχθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1980 ως εξέλιξη του RUCAPS. Εδώ τα ομοιώματα οντοτήτων διέθεταν επιπλέον παραμέτρους στις οποίες ο χρήστης απέδιδε σημασία, όπως το ύψος ορόφου. Το Sonata διέθετε κτιριολογική μερολογία (Βενέρης 2011), δηλαδή αποτελείτο από Στοιχεία (Elements) όπως τοίχοι, υποστυλώματα, πλάκες, επίστεψη κλπ, όλα παραμετροποιημένα και οργανωμένα σε βιβλιοθήκη αρχιτεκτονικών στοιχείων. Λόγω της προηγούμενης παραμετρικότητας των οντοτήτων, ένα είδος μπορούσε να δημιουργήσει πολλά υπο-είδη και εκφάνσεις. Τέλος καθορίζονταν οι σχέσεις μεταξύ στοιχείων.



Εικόνα 3.3: Απόσπασμα του λογισμικού Radar CH (μετέπειτα ArchiCAD) 1984, η πρώτη έκδοση BIM για PC. Πηγή: <https://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim>

Ένα από τα πλέον δημοφιλή λογισμικά, το ArchiCAD αναπτύχθηκε από την Ουγγρική εταιρεία Graphisoft στις αρχές της δεκαετίας του 1980 ως σχεδιαστικό λογισμικό για το περιβάλλον του Apple Macintosh (Εικόνα 3.3), εισάγοντας τον όρο Virtual Building (Οιονεί Κτίριο, Βενέρης 2011), συγγενής του όρου BIM.

Η Parametric Technology Corporation (PTC) ιδρύθηκε το 1985 και κυκλοφόρησε το λογισμικό Pro/ENGINEER το 1988, που αποτελεί τη βάση για μετέπειτα εξέλιξη στην κατεύθυνση του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού και εμφάνιση του λογισμικού Revit, που αγοράζεται από την Autodesk το 2002. Βασικό σημείο της εξέλιξης του στον τομέα του BIM αποτελεί η πλατφόρμα οπτικού προγραμματισμού που χρησιμοποιεί, για τη δημιουργία παραμετρικών οικογενειών και δυνατότητα προσθήκης της διάστασης του χρόνου δημιουργώντας nD μοντέλα. Αυτό επιτρέπει τη δημιουργία χρονοδιαγράμματος κατασκευής με βάση τα μοντέλα BIM και προσομοίωση της διαδικασίας κατασκευής.

Σήμερα υπάρχουν πλέον πολλά λογισμικά που υπόκεινται στη φιλοσοφία του BIM, το κάθε ένα ανταποκρίνεται περισσότερο ή λιγότερο σε διαφορετικούς κλάδους του πεδίου των μηχανικών και αντίστοιχα αναπτύσσονται διαφορετικά εργαλεία στο περιβάλλον εργασίας τους. Η πληθώρα λογισμικών τύπου BIM, ανάλογα με τον τομέα στον οποίο εξειδικεύονται, δίνουν τη δυνατότητα εκτέλεσης προσομοιώσεων για την παρουσίαση της δομής, τον έλεγχο στατικής επάρκειας, τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης, καθώς και την εικονική εκτέλεση στρατηγικών επεμβάσεων για τη βελτιστοποίηση των εκάστοτε αποτελεσμάτων, εργαλείο που κατά μια έννοια ανταποκρίνεται στην ανάγκη καταγραφής και αναγνώρισης των κατασκευαστικών απαιτήσεων του κτιρίου που εξετάζεται (δομοστατική ανάλυση). Ενδεικτικά παρουσιάζονται ορισμένα στην Εικόνα 3.4.

Product Name	Manufacturer	BIM Use	Primary Function	Supplier Web Link
Revit Architecture	Autodesk	Creating and reviewing 3D models	Architectural Modelling and parametric design.	www.autodesk.com
Bentley Architecture	Bentley Systems	Creating and reviewing 3D models	Architectural Modelling	www.bentley.com
SketchUpPro	Google	Conceptual 3D Modelling	Conceptual Design Modelling	www.sketchup.google.com
ArchiCAD	Graphisoft	Conceptual 3D Architectural Model	Architectural Model Creation	www.graphisoft.com
TeklaStructures	Tekla	Conceptual 3D Modelling	Architectural 3D Model Application	www.tekla.com
DProfiler	Beck Technology	Conceptual Design and Cost Estimation	3D conceptual modelling with real-time cost estimating	www.beck-technology.com
Vectorworks Designer	Nemetschek	Conceptual 3D Modelling	Architectural Model Creation	www.nemetschek.net
Affinity	Trelligence	Conceptual 3D Modelling	A 3D Model Application for early concept design	www.trelligence.com
Edificius	AccaSoftware	Architectural BIM Design and 3D object CAD	Architectural Modelling	www.accasoftware.com
Vico Office	Vico Software	Conceptual 5D Modelling	5D conceptual model generate cost and schedule data	www.vicosoftware.com
Revit Structure	Autodesk	Structural	Structural Modelling and parametric design	www.autodesk.com
SDS/2	Design Data	Structural	3D Structural Modelling and Detailing	www.dsndata.com
RISA	RISA Technologies	Structural	Full Suite of Structural Design Applications	www.risatech.com
Robot	Autodesk	Structural Analysis	Bi-directional link with Autodesk Revit Structure	www.autodesk.com
Green Building Studio	Autodesk	Energy Analysis	Measure energy use and carbon footprint	www.autodesk.com
Ecotect	Autodesk	Energy Analysis	Weather, energy, water, carbon emission analysis	www.autodesk.com
Structural Analysis Design Detailing, Building Performance	Bentley Systems	Structural Analysis/Detailing, Quantity Take-off, Building Performance	Measure, assess and report building performance.	www.bentley.com
Solibri Model Checker	Solibri	Model Checking & Validation	Rules-based checking for compliance and validation of all objects in the model	www.solibri.com
TeklaBIMsight	Tekla	Model Viewer	Combine models, check for clashes and share information	www.teklabimsight.com
xBIMXplorer	Open BIM	IFC viewer	Open, view IFC files and navigate through a model	http://xbim.codeplex.com
Solibri Model Viewer	Solibri	Model Viewer	Open all Standard IFC Solibri Checker Files	www.solibri.com
Navisworks Freedom	Autodesk	3D Model Viewer	Open, view IFC files and navigate through a model	www.autodesk.com

Εικόνα 3.4: Παραδείγματα λογισμικών BIM (Logothetis 2015).

3.3 ΙΕΡΑΡΧΙΑ ΒΑΣΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ REVIT ARCHITECTURE ΤΗΣ AUTODESK

Στην παρούσα διπλωματική εργασία ως παράδειγμα συστήματος BIM παρουσιάζεται και εξετάζεται το εμπορικό λογισμικό Revit Architecture της Autodesk. Κάθε Project στο Revit είναι μια μοναδική βάση δεδομένων που περιλαμβάνει όλη την πληροφορία που προσθέτει ο χρήστης, γραφική απεικόνιση (συντεταγμένες και καθορισμό θέσης του υπό μελέτη θέματος, γεωμετρικά χαρακτηριστικά), μη γραφικά στοιχεία, δηλαδή πληροφορία που περιλαμβάνεται στην προαναφερθείσα απεικόνιση (ιδιότητες υλικών, φραστική πληροφορία που μπορεί να προσδιορίζει ιστορικά στοιχεία, ιδιοκτησιακό

καθεστώς, κατάσταση διατήρησης κλπ) και τέλος συντονίζεται η ολοκληρωμένη τεκμηρίωση και παρουσίαση ενός κτιρίου, μιας κατασκευής.

Για τη μοντελοποίηση εντός του λογισμικού Revit, είναι βασικό να γίνει μια αρχική σύντομη αποσαφήνιση των εργαλείων και στοιχείων σχεδιασμού, γι' αυτό γίνεται μια σύντομη παρουσίασή τους (Εικόνα 3.5) ανατρέχοντας στο εγχειρίδιο χρήσης του ίδιου του λογισμικού και στην απόδοση του (Βενέρη 2011). Αρχικά διακρίνονται τρία Γένη στοιχείων, τα οποία με τη σειρά τους διαιρούνται σε Είδη:

- *Στοιχεία Ομοιώματος (Model Elements)*: αναπαριστούν την τρισδιάστατη γεωμετρία του ομοιώματος κάθε στοιχείου του κτιρίου, όπως τοίχους, υποστυλώματα, δοκούς, πλάκες, και με βάση αυτά απεικονίζονται οι δισδιάστατες και τρισδιάστατες απόψεις τους.
- *Στοιχεία Ορισμού Γεωμετρίας (Datum Elements)*, περιλαμβάνουν τον κানাβο σχεδίασης, στάθμες, επίπεδα αναφοράς κλπ.
- *Στοιχεία Παρουσίασης και Τεκμηρίωσης (View-specific elements)*, όπως διαστάσεις, υπομνήματα, σχεδιασμό δισδιάστατων λεπτομερειών στοιχείων κλπ.

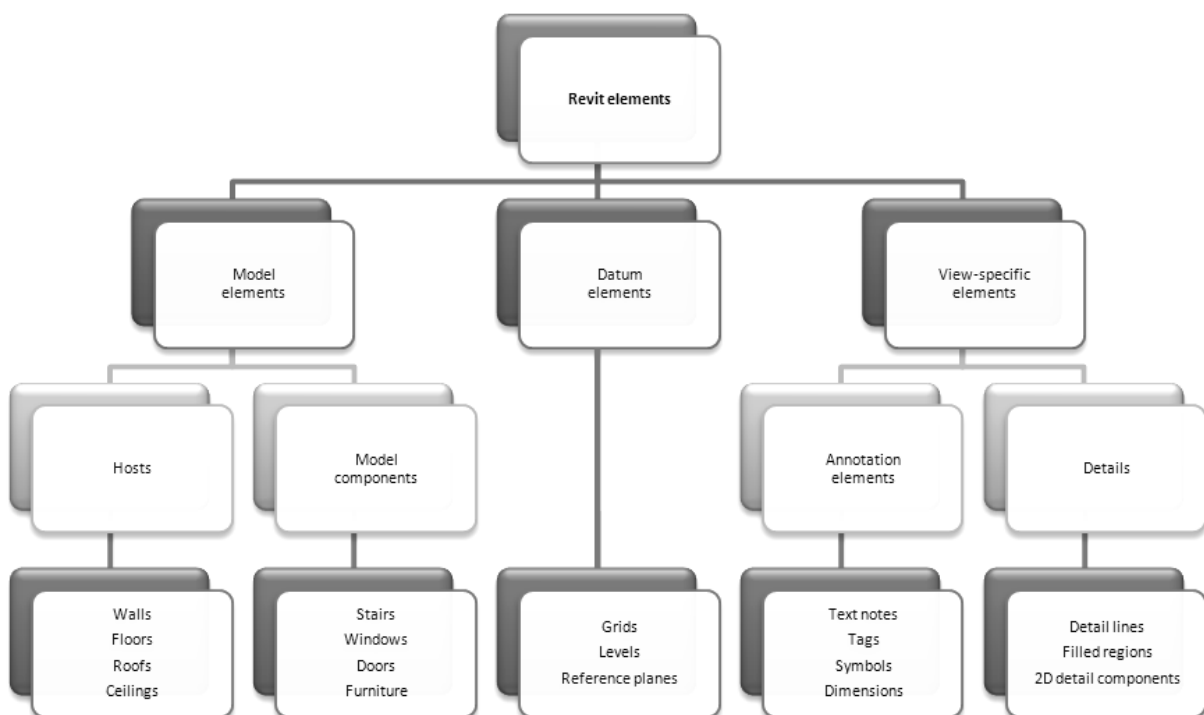
Επιπλέον, κάθε Γένος διαιρείται σε Είδη:

Το Γένος των *Στοιχείων Ομοιώματος* διαιρείται σε:

- *Ξενιστές (Hosts, host elements)*: ομοιώματα στοιχείων κατασκευασμένα στο εργοτάξιο.
- *Μέρη Ομοιώματος (Model components)*: όλα τα υπόλοιπα στοιχεία του πληροφορικού ομοιώματος, όπως δοκοί, σύνδεσμοι κλπ.

Το Γένος των *Στοιχείων παρουσίασης και τεκμηρίωσης* σε:

- *Στοιχεία σημειώσεων (Annotation Elements)*, διαστάσεις, υποσημειώσεις κλπ που προσαρμόζονται αυτόματα στην κλίμακα σχεδίασης.
- *Λεπτομέρειες (Details)*, δηλαδή 2D στοιχεία που βελτιώνουν την παρουσίαση λεπτομερειών στο ομοίωμα.



Εικόνα 3.5: Οντολογική ιεραρχία Στοιχείων του Revit (Πηγή: Revit).

Παρουσιάζεται και μια επιπλέον κατηγοριοποίηση των στοιχείων όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.6:

- *Κατηγορία (Category):* η «κατηγορία» ελέγχει βασικές παραμέτρους του αντικειμένου, όπως τη γραφική αναπαράσταση και τις ιδιότητες που το χαρακτηρίζουν (πχ έπιπλα).
- *Οικογένειες (Families):* πρόκειται για μια ομάδα 2D και 3D αντικειμένων με κοινές ιδιότητες (παραμέτροι) και κοινή γραφική αναπαράσταση (πχ στην κατηγορία «έπιπλα» υπόκεινται η βιβλιοθήκη, το τραπέζι κλπ). Απεικονίζεται γραφικά η ιεραρχική διαφοροποίηση μεταξύ αυτών (Εικόνα 3.5).
 - *Οικογένειες συστήματος (System Families):* προκαθορισμένα στοιχεία μιας Οικογένειας που περιλαμβάνονται στα βασικά αντικείμενα που συνήθως κατασκευάζονται στο εργοτάξιο (τοιχοί, πατώματα, σκάλες κλπ).
 - *Εξωτερικές Οικογένειες (Loadable/Component Families):* πρόκειται για Families που εισάγονται στο project ως εξωτερικά αρχεία και αφορούν κυρίως αντικείμενα που τοποθετούνται επί των System Families (για παράδειγμα κουφώματα επί του τοίχου).
 - *Ειδικές Οικογένειες (In-place families):* είναι μοναδικά Στοιχεία (Elements) που σχεδιάζονται επί τόπου στο Project εργασίας, σύμφωνα με τις ανάγκες του σχεδιαστή. Τα αντικείμενα αυτά παρουσιάζουν ένα τύπο και ένα στιγμιότυπο.
- *Τύποι (Types):* είναι οι παραλλαγές που μπορεί να εμφανίζει κάποιο Family όσον αφορά τις ιδιότητές του (διαστάσεις, υλικό, κατασκευαστής κλπ), όμως διατηρεί τα βασικά του Family (είδος και όνομα).
- *Εκφάνσεις (Instance):* κάθε τύπος του ίδιου Family μπορεί να παρουσιάζει διαφορετικά χαρακτηριστικά, άσχετα με τις παραμέτρους του Family, που συνήθως αφορούν στην τοποθέτησή του (πχ οι διαστάσεις ενός παραθύρου είναι Type Properties, η απόστασή του από την πλάκα Instance Properties).

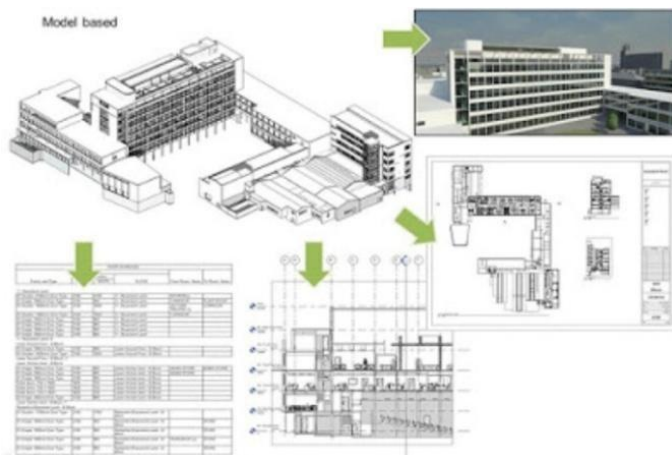
3.4 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ BIM ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Υπάρχει πλήθος παραδειγμάτων εφαρμογών που αποδεικνύει την εξοικονόμηση χρόνου με την χρήση του BIM σε μεγάλες κατασκευές όπως η περίπτωση του νοσοκομείου Augusta Maine στις ΗΠΑ (<https://www.autodesk.com/case-studies/mainegeneral-hospital>). Ο σχεδιασμός του βασίστηκε στην τεχνολογία BIM και ως αποτέλεσμα το έργο παραδόθηκε 10 μήνες νωρίτερα, εξοικονομώντας περίπου 20 εκατομμύρια δολάρια. Αντίστοιχα, η εφαρμογή BIM στα κτίρια της υπηρεσίας GSA των Η.Π.Α (Εικόνα 3.6) έδειξε πολύ σημαντικά οφέλη όπου η υπηρεσία δημιούργησε μία ψηφιακή βάση 10 κτιρίων και καταγραφή μέσω 3D Laser, που ενσωματώνουν πληροφορίες για την ασφάλεια, τη διαχείριση και την ανάλυση του αποθέματος των δημόσιων κτιρίων. Τα οφέλη του πιλοτικού αυτού προγράμματος βρίσκονται στην εξοικονόμηση εκατομμυρίων δολαρίων σε ετήσια βάση που σχετίζονται με ζητήματα γραφειοκρατίας και δομής μεταξύ των διάφορων υπηρεσιών (https://www.gsa.gov/cdnstatic/GSA_BIM_Guide_v0_60_Series01_Overview_05_14_07.pdf).



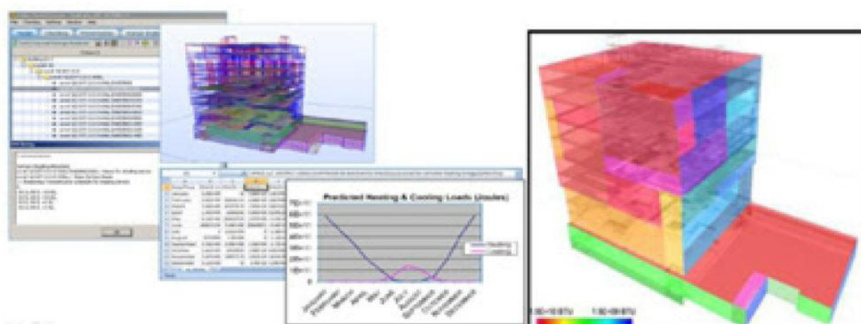
Εικόνα 3.6: Υπηρεσία GSA, ΗΠΑ. Πηγή:
https://www.gsa.gov/cdnstatic/GSA_BIM_Guide_v0_60_Series01_Overview_05_14_07.pdf

Το Πανεπιστήμιο Northumbria του Newcastle χρησιμοποίησε πρωτόκολλα BIM για την προσομοίωση 32 κτιρίων, με έκταση πάνω από 120.000 τμ. Τα ψηφιακά μοντέλα (Εικόνα 3.7) σχεδιάστηκαν με βάση τα υπάρχοντα αρχεία CAD και δίνουν πρόσβαση σε πληροφορίες που μπορούν να αναλύσουν τις συνθήκες λειτουργίας, όπως 3D γραφικά που διευκολύνουν την επικοινωνία και την διαχείριση κτιρίων (<http://www.openbim.org/case-studies/university-campus-facilities-management-bim-model>).



Εικόνα 3.7: Τα BIM σχέδια του πανεπιστημίου Northumbria, Newcastle.
Πηγή: <http://www.openbim.org/case-studies/university-campus-facilities-management-bim-model>

Στο κτιριακό συγκρότημα της NASA το «Ames Research Center», στην Silicon Valley (<https://simulationresearch.lbl.gov/sites/all/files/lbnl-6033e.pdf>), το BIM χρησιμοποιήθηκε ως εργαλείο ανάλυσης διαφόρων αιφώρων χαρακτηριστικών, όπως ένα πλαίσιο εξωσκελετού, η γεωθερμική ενέργεια, ο φυσικός εξαερισμός, η συλλογή των όμβριων υδάτων και των φωτοβολταϊκών πάνελ (Εικόνα 3.8).

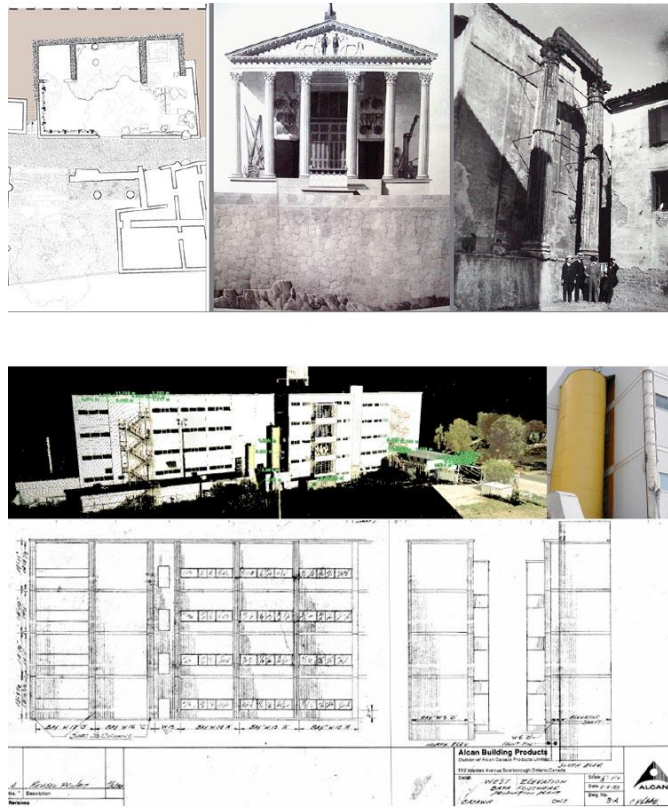


Εικόνα 3.8: Σχέδια ενεργειακής ανάλυσης του Ames research Center, Silicon Valley. Πηγή: <https://simulationresearch.lbl.gov/sites/all/files/lbnl-6033e.pdf>

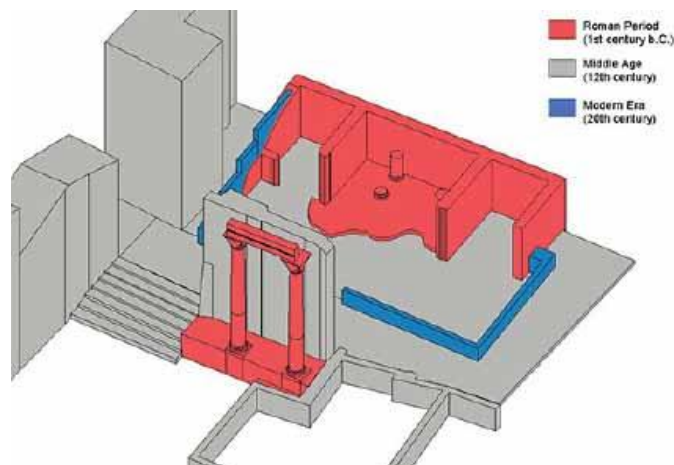
3.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ BIM ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ (HBIM)

Η χρήση του BIM στην απεικόνιση και διαχείριση της πολιτιστικής κληρονομιάς (Historic Building Information Modeling) αποτελεί πεδίο μελέτης και έρευνας πολλών δημοσιεύσεων, καθώς γίνεται προσπάθεια ενσωμάτωσης των πλεονεκτημάτων αυτής της μεθόδου απόδοσης. Όμως, αποδεικνύεται εύκολα η δυσκολία συνδυασμού μιας προσέγγισης βασισμένης στην κανονικότητα των μορφών (BIM), με την πραγματικότητα (υφιστάμενη κατάσταση μνημείων) και τα ιδιαίτερα στοιχεία που παρουσιάζει. Παρουσιάζονται στη συνέχεια ορισμένες προσεγγίσεις μέσω εφαρμογών που συναντώνται στη βιβλιογραφία, καθώς δεν υπάρχει συγκεκριμένη μεθοδολογία προσέγγισης, αλλά συνεχής πειραματισμός για τη βέλτιστη δυνατή λύση κατά περίπτωση. Η τρισδιάστατη απεικόνιση είναι το αποτέλεσμα της φάσης μοντελοποίησης, καθώς και άλλων παραγόντων, όπως η ακρίβεια της μοντελοποίησης, η γεωμετρική πολυπλοκότητα της αρχιτεκτονικής δομής, και τα προβλήματα των εμπορικών λογισμικών BIM. Γενικά εμφανίζονται σημαντικά πλεονεκτήματα παράλληλα με λειτουργικές και αντιληπτικές δυσκολίες λόγω BIM.

Στα πλεονεκτήματα αυτά εμπεριέχεται το βασικό χαρακτηριστικό του BIM, της δημιουργίας μιας κοινής **βάσης δεδομένων** αποτελούμενη από αρχειακό υλικό: σχέδια και ιστορικούς χάρτες, αρχεία τεκμηρίωσης που αφορούν την εξέλιξη της κατάστασης των ιδιαίτερων στοιχείων, τα υλικά και την τυπολογική οργάνωση, αρχεία CAD από νεότερες αποτυπώσεις και μελέτες, νέφη σημείων που προκύπτουν από έμμεσες μεθόδους γεωμετρικής τεκμηρίωσης (Φωτογραμμετρική μέθοδος, επίγεια σάρωση laser) ως υπόβαθρο για το σχεδιασμό (Εικόνα 3.9). Γενικά υπάρχουν διαφορετικοί τύποι μοντέλων που μπορούν να κατασκευαστούν από νέφη σημείων: είτε βασισμένα σε γεωμετρικά πρότυπα, είτε πλεγματικά (mesh) μοντέλα, είτε υβριδικές μορφές, και η επιλογή γίνεται βάσει του υπό μελέτη θέματος και των χαρακτηριστικών του. Τα ιστορικά κτίρια συγκεκριμένο συνδυάζουν καθαρές γεωμετρικές μορφές με οντολογικό περιεχόμενο, ακανόνιστα σχήματα (λόγω πραγματικής κατασκευής ή φθορών), καθώς και αρχιτεκτονικές λεπτομέρειες και ενίοτε περίτεχνα διακοσμητικά στοιχεία, γι' αυτό συνήθως επιλέγεται ο τρίτος τύπος μοντελοποίησης. Η διαδικασία scan-to-BIM προϋποθέτει (Macher 2017): τη μοντελοποίηση της γεωμετρίας των επί μέρους στοιχείων, κατηγοριοποίηση του αντικειμένου και απόδοση ιδιοτήτων υλικού σε αυτό και, τέλος, καθορισμό των σχέσεων μεταξύ των στοιχείων. Στην πλειοψηφία τους ολοκληρώνονται χειροκίνητα (manually) γεγονός που καθιστά τη διαδικασία χρονοβόρα, υποκειμενική και απαιτητική ως προς τις ικανότητες και γνώσεις του χειριστή. Το μοντέλο που προκύπτει αποτελεί επίσης εργαλείο **προσομοίωσης** για περαιτέρω ανάλυση στα χέρια κάθε **ενδιαφερόμενου μέρους / ειδικότητας**, για τον έλεγχο της στατικής επάρκειας, της ενεργειακής απόδοσης, υπολογισμό κόστους τόσο της υφιστάμενης κατάστασης, όσο και της οργάνωσης ενδεχόμενων επεμβάσεων. Επιπλέον το μοντέλο BIM είναι δυνατό να δημιουργείται με σκοπό να χρησιμοποιηθεί στην **εκπαιδευτική** διαδικασία, είτε ως ένα αρχείο κάποιου ιστορικού αντικειμένου ή θέματος που μπορεί να διασωθεί σε όλες τις κατασκευαστικές φάσεις του ψηφιακά, είτε δημιουργώντας μια προσομοίωση ενός μουσειακού χώρου στον οποίο μπορεί κάποιος να περιηγηθεί εικονικά. Στο πεδίο αυτό διαφαίνεται ο δυναμισμός του λογισμικού – στην περίπτωση δηλαδή συγκέντρωσης και μελέτης της πολιτιστικής κληρονομιάς υλικής όπως και άυλης. Συγκεκριμένα, η σύγκριση διαφορετικών **οικοδομικών φάσεων** (Εικόνα 3.10) όπως μαρτυρεί αρχειακό υλικό καταγράφεται εξίσου και ψηφιοποιείται δημιουργώντας το συγκεντρωτικό αποτέλεσμα της καταγραφής.



Εικόνα 3.9: Εισαγωγή ετερογενών δεδομένων για τη δημιουργία μοντέλου BIM (επάνω Simeone 2014, κάτω Fai 2011).



Εικόνα 3.10: Απόδοση οικοδομικών φάσεων ενός μνημείου μελέτης (Simeone 2014).

Αντιθέτως, μεταξύ των μειονεκτημάτων της χρήσης BIM στην απόδοση της τρισδιάστατης μετρικής πληροφορίας, διακρίνεται η δυσκολία χειρισμού των **ιδιαιτεροτήτων** κάθε αρχιτεκτονικού στοιχείου του μνημείου. Το BIM παρέχει απλές και γρήγορες μεθόδους δημιουργίας μοντέλων νέων κατασκευών και έτοιμες βιβλιοθήκες ορισμένων μόνο μορφών και γεωμετριών, που σε καμία περίπτωση δεν μπορούν να αποδώσουν την πολύπλοκη υφιστάμενη κατάσταση και χρειάζεται πολύς χρόνος για τη δημιουργία μη αυτόματου μοντέλου (Cheng 2015). Επιπλέον το επίπεδο **ακρίβειας** του τελικού

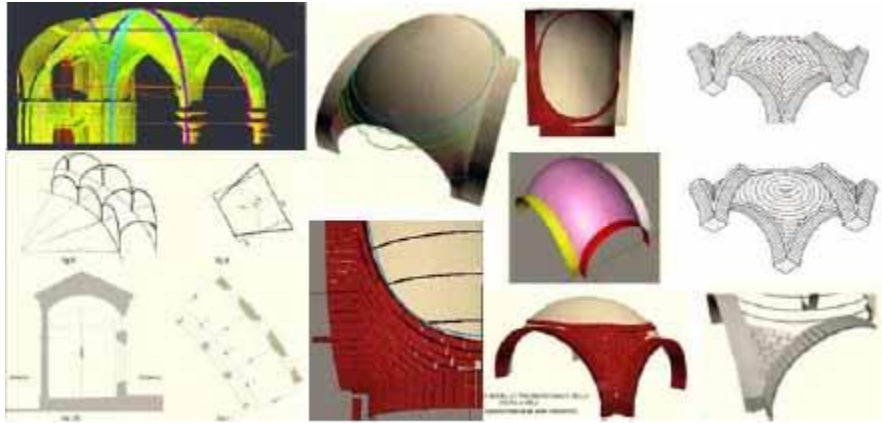
τρισδιάστατου μοντέλου αποτελεί εξίσου άλυτο ζήτημα, καθώς οι εφαρμογές που συναντώνται κατευθύνονται κυρίως στην τυπική εφαρμογή BIM, όπου το αντικείμενο είναι το αποτέλεσμα μιας νέας σχεδιαστικής ιδέας. Έτσι, στη μελέτη μιας υλοποιημένης κατασκευής, η οποία μάλιστα έχει υποστεί τις επιδράσεις του χρόνου και αποτυπώνεται με μέθοδο σάρωσης laser, οποιεσδήποτε αποκλίσεις του νέφους από την πραγματική κατάσταση (αποκρύψεις, λανθασμένη συνένωση κλπ) συσσωρεύονται. Επίσης, καθώς ο σαρωτής αδυνατεί να αποδώσει εννοιολογική πληροφορία στο νέφος, αλλά αποδίδει σημεία επί των σαρωμένων επιφανειών του θέματος, καλείται ο χειριστής να ολοκληρώσει την κατηγοριοποίηση του αντικειμένου σάρωσης και τα δομικά υλικά που το απαρτίζουν.

Στην εργασία (Adami 2017) τα δεδομένα της σάρωσης συλλέχθηκαν με τον σαρωτή Leica HDS 7000, γεω-αναφέρθηκαν σε κοινό σύστημα βάσει τοπογραφικού δικτύου. Κατά βάση κάθε δωμάτιο αποτυπώθηκε από μεμονωμένη σάρωση με ακρίβεια 5mm. Ταυτόχρονα ο σαρωτής λαμβάνει πανοραμική εικόνα του δωματίου κατά τη σάρωση, που λόγω όμως της χαμηλής ανάλυσης, χρησιμοποιείται μόνο για απόδοση χρωματικής RGB πληροφορίας στα σημεία του νέφους και όχι για εξαγωγή ορθοεικόνων. Η μοντελοποίηση των δεδομένων σε περιβάλλον Revit γίνεται υπό την άμεση καθοδήγηση του χειριστή επί του δεδομένου νέφους και κρίνοντας κάθε φορά την καλύτερη δυνατή επιλογή (Εικόνα 3.11). Επιπλέον, προστίθενται παράμετροι σε κάθε στοιχείο του μοντέλου, που βοηθούν στην κατηγοριοποίηση αυτών, ως προς τη δομή και τη λειτουργία τους, την υφιστάμενη κατάστασή τους, την επέμβαση που προτείνεται με κωδικοποιημένη φραστική πληροφορία. Γίνεται αντιληπτή, κατά τη σύγκριση του BIM με το περιβάλλον του AutoCAD, ότι το BIM εκτός από εργαλείο σχεδιασμού, είναι κατά βάση και ένα εργαλείο για τη **οργάνωση της ροής εργασιών** που σχετίζονται με το μνημείο. Προκειμένου να διατηρηθεί η πραγματική γεωμετρία και για να εκτιμηθεί η ποιότητα του μοντέλου που έχει δημιουργηθεί, είναι σημαντικό να ενσωματωθούν πληροφορίες σχετικά με τις αποκλίσεις του μοντέλου από τα δεδομένα σάρωσης laser (Adami 2017, Macher 2017).



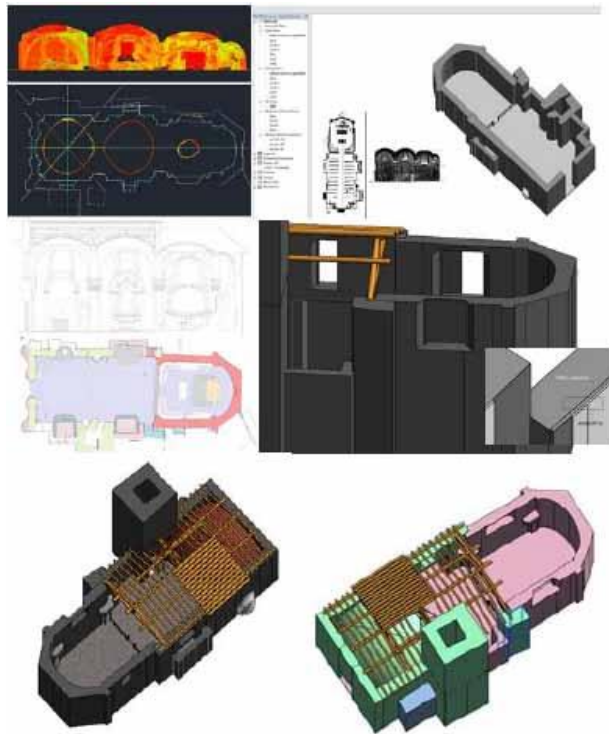
Εικόνα 3.11: Το ανακατασκευασμένο 3D και το νέφος σημείων (επάνω - αριστερά), εσωτερική άποψη 3D μοντέλου με νέφος (κάτω - αριστερά), προσεγγίσεις μοντελοποίησης θόλου (δεξιά) (Adami 2017).

Μια επιπλέον δημοσιευμένη εφαρμογή (Oreni 2013) παρουσιάζει τη μοντελοποίηση και διαχείριση σε περιβάλλον BIM, αρχιτεκτονικών δομών, όπως οι θολωτές κατασκευές, από οπτόπλινθο είτε από ξύλο. Η συγκεκριμένη τρισδιάστατη ανακατασκευή απαιτεί βαθιά γεωμετρική ανάλυση, ερμηνεία και ανακατασκευή των σχημάτων, καθώς και των δεδομένων που προκύπτουν από τη σάρωση laser, ώστε να αναπαραχθούν τόσο η τυπολογία των μορφών, όσο και τα δομικά στοιχεία που τις απαρτίζουν (τούβλο/ξύλινοι δοκοί κλπ).

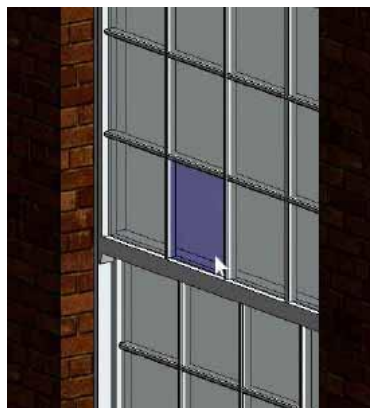


Εικόνα 3.12: Κατά την εφαρμογή (Oreni 2013) ανακατασκευάζεται η γεωμετρία του θόλου –εγγεγραμμένου σε τραπέζιο με αποτέλεσμα ωοειδούς μη σφαιρικού σχήματος.

Κατά την ίδια δημοσίευση επιχειρείται η μελέτη της εκκλησίας Santa Maria d' Intelvi. Η υψηλή ανάλυση των δεδομένων από τη σάρωση καθιστούν δυνατή τη μοντελοποίηση των τριών θόλων της επίστεψης, καθώς και των οικοδομικών φάσεων (Εικόνα 3.12) από τις οποίες έχει επέλθει η σημερινή μορφή του μνημείου. Το μοντέλο BIM που ανακατασκευάζεται εντός του λογισμικού GraphiSoft ArchiCAD, δημιουργείται από τομές (κατακόρυφες και οριζόντιες) του νέφους σημείων και απόδοση του μεμονωμένου οπτόπλινθου. Η μοντελοποίηση όφειλε να ακολουθήσει τη μη κανονικότητα των μορφών, αφού η γεωμετρική απλοποίηση και η χρήση αυτόματων εντολών δεν απέδωσε ικανοποιητικό αποτέλεσμα (Oreni 2013). Η μέθοδος που ακολουθήθηκε στη συγκεκριμένη περίπτωση ήταν η δημιουργία mesh από τομές του νέφους, επί του οποίου τοποθετούνται οι οπτόπλινθοι (διάταξη ψαροκόκαλο). Αναφέρεται δηλαδή στη δημιουργία **nested family**, δηλαδή δομή μιας οικογένειας (ο θόλος) στηριζόμενη σε άλλη οικογένεια (Family) του BIM (οπτόπλινθος). Παράλληλα με την εισαγωγή **παραμέτρων** που αφορούν στην διάστασή τους, μπορεί να μετατραπεί το πάχος του θόλου (Εικόνα 3.13). Η προσθήκη παραμέτρων αναφέρεται και στο παράδειγμα **καταγραφής παθολογίας** κτιρίου (Historic England 2017), στο οποίο κάθε μεμονωμένο τζάμι ενός υαλοπετάσματος επιδέχεται λεκτική καταχώρηση ή στην εξωτερική όψη εφαρμόζονται ενδεικτικοί χρωματισμοί επισήμανσης φθορών και παρατηρήσεων (Chiabrando 2017 - Εικόνες 3.14, 3.15 αντίστοιχα), μέσω παραμέτρου, που αφορά στην κατάσταση διατήρησής του. Η διαδικασία αυτή γίνεται χειροκίνητα από το χρήστη, τελικά όμως μπορούν αυτόματα να εξαχθούν πληροφορίες σε μορφή πίνακα του συνόλου των φθαρμένων για παράδειγμα τεμαχίων, υπολογισμού του ποσοστού αντικατάστασης αυτών, κ.ο.κ. Η μεθοδολογία αυτή μπορεί να διεξαχθεί σε κάθε nested family εντός του μοντέλου.



Εικόνα 3.13: Το νέφος σημείων της Santa Maria d' Intelvi και ανακατασκευή σε περιβάλλον BIM (Autodesk Revit), εξετάζοντας τη γεωμετρία, την κατασκευαστική δομή, τις οικοδομικές φάσεις (Oreni 2013).



Εικόνα 3.14: Καταχώρηση παραμέτρων σε κάθε μεμονωμένο στοιχείο εντός nested family (Historic England 2017).

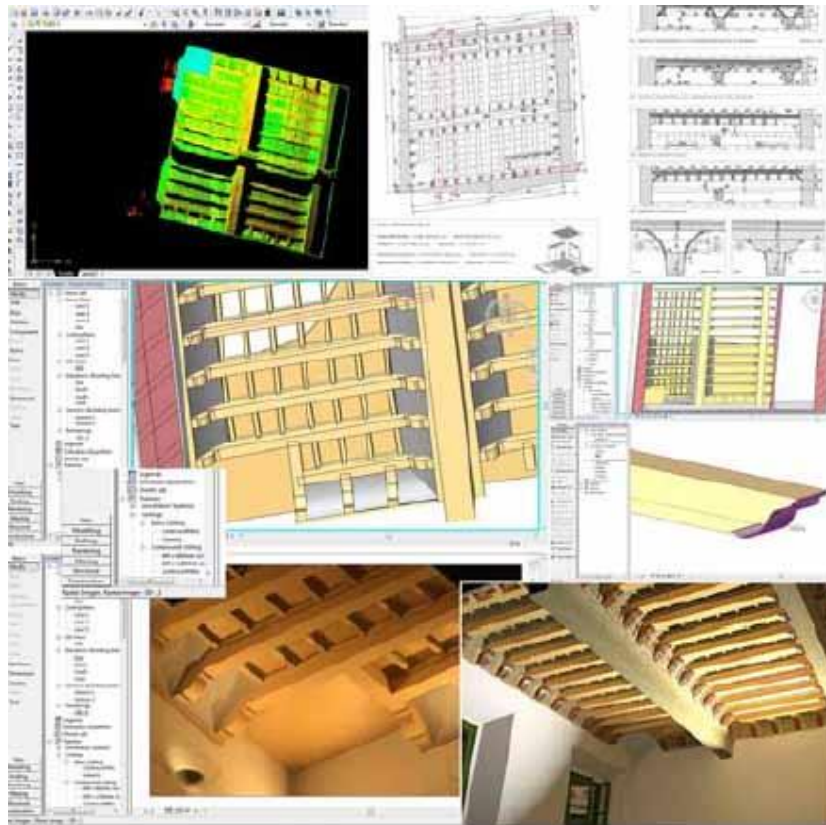


Εικόνα 3.15: Στις εξωτερικές όψεις του BIM μοντέλου επιλέγονται περιοχές στις οποίες εφαρμόζεται ενδεικτικός χρωματισμός και επιπλέον παράμετρος που σχετίζεται με τη φθορά που παρατηρείται στην όψη (Chiabrande 2017).

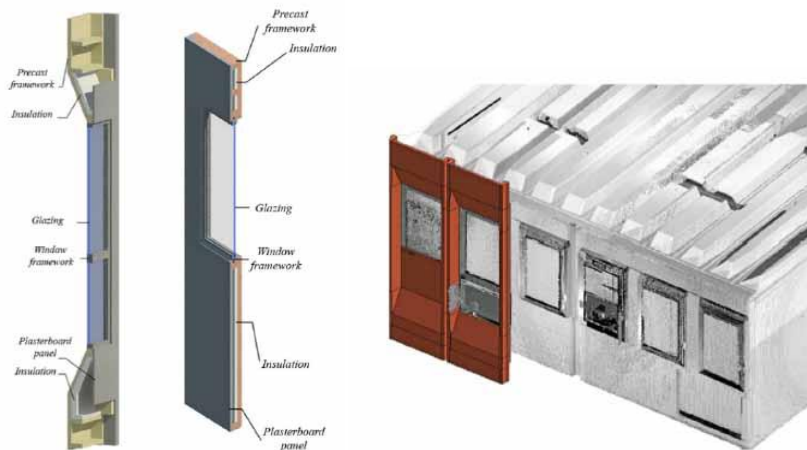
Ομοίως ακολουθείται και η ψηφιακή τρισδιάστατη ανακατασκευή ξύλινων θολωτών κατασκευών και επιστέψεων (Εικόνα 3.16, 3.17), προς παρουσίαση και μελέτη κατασκευαστικών τεχνικών που δεν χρησιμοποιούνται πλέον και υποστηρίζοντας διαδικασίες συντήρησης και αποκατάστασης. Είναι αναγκαία αρχικά η μελέτη της σχέσης μεταξύ των στοιχείων, ώστε να γίνει αντιληπτή η συμπεριφορά της κατασκευής, και εν συνεχεία η αποτύπωση μέσω σάρωσης των εξωτερικών επιφανειών της. Σε αυτή την εφαρμογή παρουσιάζεται η δυνατότητα του BIM να παρουσιάσει την αναλυτική δομή της κατασκευής που μελετάται, ανακατασκευάζοντας πρώτα αυτή και προσθέτοντας πληροφορίες για τα υλικά των διάφορων στοιχείων που την απαρτίζουν, την κατάσταση διατήρησής τους και τη μετρητική πληροφορία (διαστάσεις) τους σε κοινή βάση δεδομένων (Εικόνα 3.18). Αναφέρεται μόνο ότι υπάρχουν ορισμένα ζητήματα αναφορικά με την ποσότητα και την καταγραφή ποιότητας αυτών.



Εικόνα 3.16: HBIM (Autodesk Revit) ξύλινου θόλου Soldi Palace in Cremona, Ιταλία (Oreni 2013). Η διαδικασία μοντελοποίησης περιλαμβάνει πληροφορίες ως προς τα υλικά, τη στρωματογραφία και τη γεωμετρία των αρχιτεκτονικών στοιχείων σε κοινή βάση δεδομένων.

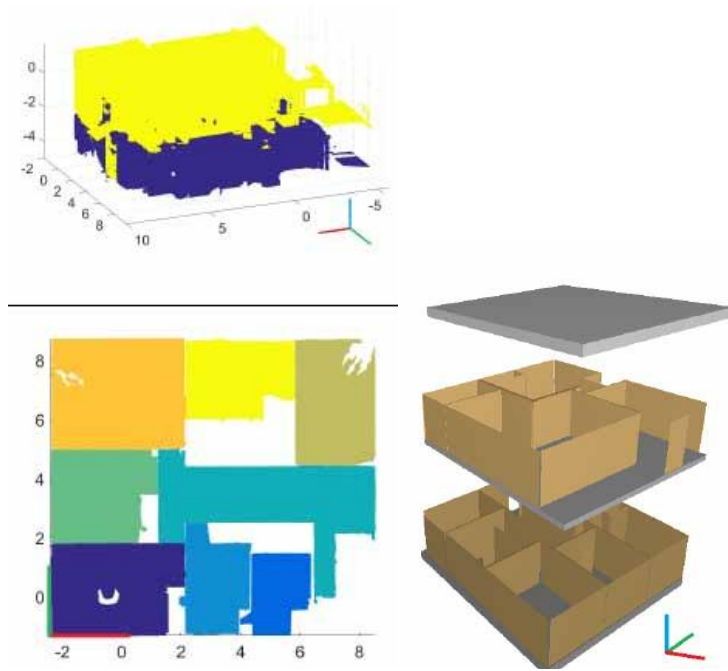


Εικόνα 3.17: HBIM (Autodesk Revit) ξύλινης οροφής του 15ου αιώνα Soldi Palace, Ceremona, Ιταλία (Oreni 2013): προσδιορισμός μέσω nested family της κατασκευαστικής δομής της κατασκευής.



Εικόνα 3.18: (αριστερά) μοντελοποίηση της δομής μερών της κατασκευής βάσει παλαιότερων και νέων αποτυπώσεων-παρατηρήσεων και με χρήση παραμέτρων, (δεξιά) τοποθέτηση των πάνελ επί του νέφους σημείων και έλεγχος του τελικού αποτελέσματος (Ciribini 2015).

Η δυνατότητα Διαλειτουργικότητας του BIM (συγκεκριμένα του λογισμικού Revit) και δημιουργίας κοινού περιβάλλοντος εργασίας για τις εμπλεκόμενες ειδικότητες του project, παρουσιάζεται στην παρακάτω εφαρμογή (Ciribini 2015). Τα δεδομένα τρισδιάστατης σάρωσης εισάγονται σε κοινή βάση εντός του λογισμικού επιτρέποντας την χρήση τους ακόμα και την ίδια χρονική στιγμή, επιτρέποντας



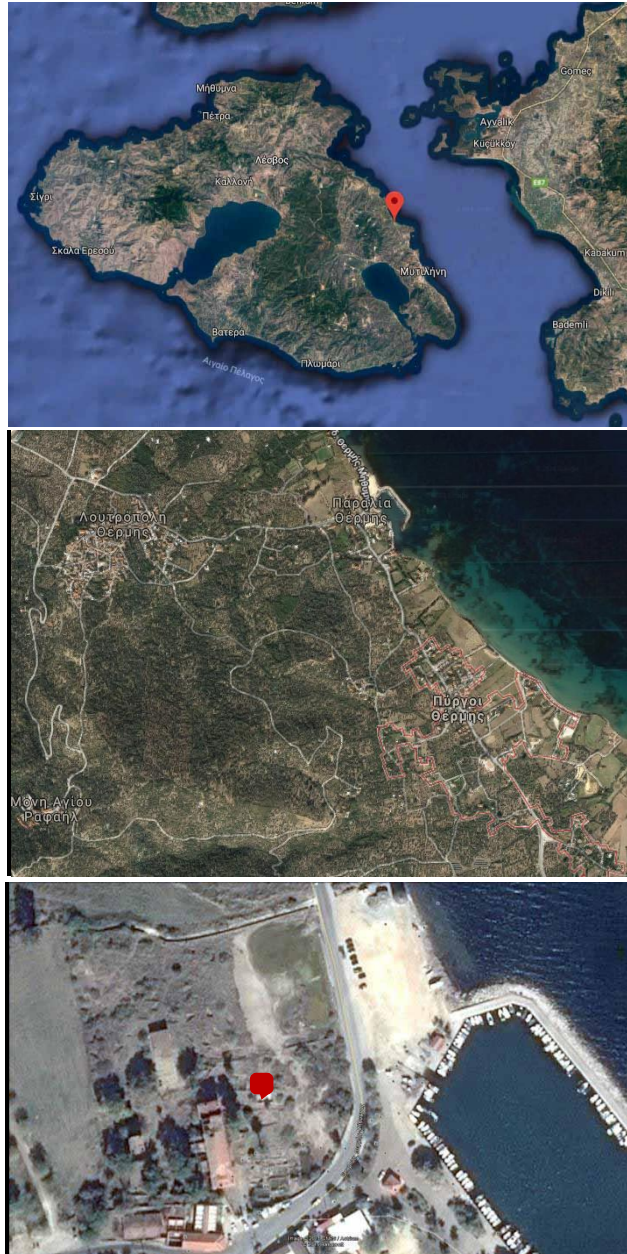
Εικόνα 3.20: Κατάμηση νέφους σημείων ανά όροφο και ανά χώρο σε ένα επίπεδο (αριστερά), αυτόματη μοντελοποίηση (δεξιά) (Macher 2017).

Κεφάλαιο 4. ΤΟ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟ «ΣΑΡΛΙΤΖΑ ΠΑΛΛΑΣ»

Τα στοιχεία της ιστορικής εξέλιξης του εν λόγω κτιρίου και τις ευρύτερης περιοχής στηρίζονται στην έρευνα που προηγήθηκε και παρουσιάστηκε στη βιβλιογραφία (Βουκλαρή 2015) και χρησιμοποιείται υλικό που συλλέχθηκε και δημιουργήθηκε από αυτή.

4.1 Η ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ

Στα ανατολικά παράλια της Λέσβου, επί του κεντρικού οδικού άξονα που οδηγεί από την Μυτιλήνη στο βόρειο τμήμα του νησιού, βρίσκεται η περιοχή της Θερμής με τους δύο κύριους οικισμούς της: τη Λουτρόπολη Θερμής (υψόμετρο 65μ.) και τους Πύργους Θερμής (υψόμετρο 16μ.). Πρόκειται για μια κατά κύριο λόγο πεδινή έκταση 20.000 στρεμμάτων, που ανατολικά βρέχεται από το Αιγαίο Πέλαγος, γέφυρα επικοινωνίας με τα μικρασιατικά παράλια, στα δυτικά οριοθετείται από τον ορεινό όγκο «Παλαμάς» και από μικρότερους λόφους στις άλλες διευθύνσεις. Διαθέτει μικρό λιμάνι, επαρκές για τις ανάγκες επαγγελματιών και ερασιτεχνών (Εικόνα 4.1). Η περιοχή πήρε την ονομασία της από τις θερμές πηγές που αναβλύζουν στο χώρο επί αιώνες. Τουρκικά ονομαζόταν Σάρλιτσα (Sarlıca), λέξη σύνθετη των Σαρή (Sar[i]), που σημαίνει κίτρινο χρώμα, και του Λίτζα, λέξη παραφθαρμένη του Ιλουτζά (İlica), δηλαδή υπόθερμο θεραπευτικό νερό, θερμοπηγή. Ονομάστηκε έτσι από το βαθύ κίτρινο χρώμα που αφήνει το νερό στις δεξαμενές και στα αυλάκια. Οι Πύργοι Θερμής έλαβαν το όνομά τους σχετικά πρόσφατα, λόγω της ύπαρξης αρκετών πυργόσπιτων, που άρχισαν να κτίζονται από εύπορους Οθωμανούς και χριστιανούς ήδη από τον 17^ο αιώνα.



Εικόνα 4.1: Απόψεις ευρύτερης περιοχής μελέτης από αέρος (Google Earth).

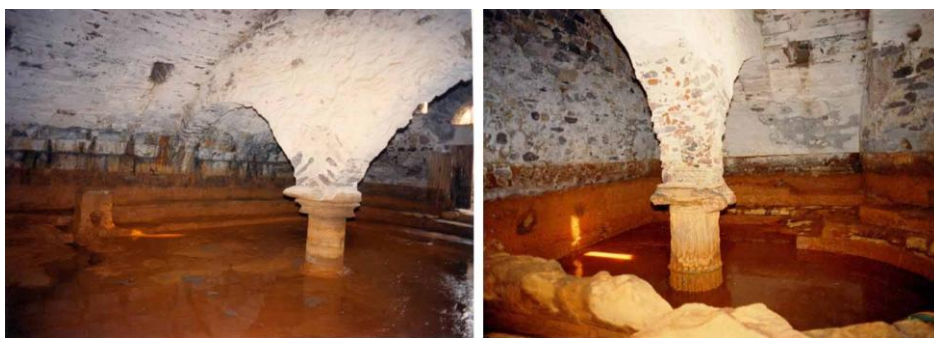


Εικόνα 4.2: Φωτογραφία από αέρος του οικοπέδου και του κτιρίου μελέτης (αριστερά). Άποψη των αρχαιολογικών ευρημάτων εντός του οικοπέδου (δεξιά) (Βουκλαρή 2015).

4.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΘΕΡΜΗΣ

Η ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου είναι αποτέλεσμα σημαντικότερων γεωλογικών μεταβολών που διεξήχθησαν πριν από εκατομμύρια χρόνια. Παράγοντες που συνέβαλλαν στην εμφάνιση ενός πρωίμου πολιτισμού αποτελούν το εύφορο έδαφος, η πλούσια βλάστηση, η γεωγραφική θέση, το ήπιο κλίμα. Τα αρχαία λείψανα της Λέσβου καταγράφηκαν στα πρώτα κείμενα επισκεπτών και χάρτες των αρχών του 15^{ου} αιώνα και έπειτα. Η συστηματικότερη αυτών καταγραφή προέρχεται από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε στη Θερμή από την Αγγλίδα αρχαιολόγο Lamb (1929-1933) και αποκαλύπτει ίχνη της διαστρωμάτωσης πέντε διαδοχικών πόλεων, οι οποίες είχαν κτιστεί η μια επάνω στην άλλη. Οι δύο πρώτες φάσεις υπολογίζεται ότι διήρκησαν από έναν αιώνα η κάθε μια, ενώ οι άλλες τρεις από διακόσια περίπου χρόνια.

Οι αιολόφωνοι πληθυσμοί, έθεσαν τα θεμέλια μιας νέας εποχής και ενός πολιτισμού που φτάνει στο απόγειό του κατά τους αρχαϊκούς χρόνους (7^{ος} και 6^{ος}π.Χ. αιώνας). Οι Αιολείς άποικοι μοίρασαν το νησί ανάμεσα στα κυριότερα γένη και η Θερμή συμπεριλήφθηκε στην επικράτεια της Μυτιληναίας. Την περίοδο αυτή συγκροτούνται οι πρώτες «κώμες». Συγκεκριμένα, η ύπαρξη των θερμοπηγών στην περιοχή (Εικόνα 4.3) και η διαπίστωση των φυσικών δυνατοτήτων τους, οδηγεί στη δημιουργία οικισμού και δημιουργία θεραπευτικών εγκαταστάσεων σε συνδυασμό με τη λατρεία της θεάς Άρτεμης, θεάς της ίασης. Στα κλασικά χρόνια (5^{ος}π.Χ. αιώνας) η εγκατάσταση στο χώρο παγιώνεται. Όστρακα, κομμάτια πήλινων ειδωλίων, μαρμάρινα μέλη, σωληνώσεις στο υπέδαφος, μαρτυρούν την παρουσία του ιερού υδροθεραπευτικού κέντρου.



Εικόνα 4.3: Εσωτερικές απόψεις των αρχαίων λουτρικών εγκαταστάσεων (Βουκλαρή 2015).

Στα ελληνιστικά χρόνια (323-31π.Χ.) η Θερμή παρουσιάζει σημαντική ανάπτυξη και η λατρεία της Άρτεμης αποκτά την εποχή αυτή ουσιαστική υπόσταση. Κατά το τέλος του 3^{ου}π.Χ. αιώνα, οι λεσβιακές πόλεις συνασπίστηκαν με άλλες του ανατολικού Αιγαίου, ενώ το 196π.Χ. αναβίωσε το «Κοινόν» των Λέσβιων, το οποίο είχε ιδρυθεί από τα μέσα του 6^{ου} π. Χ. αιώνα.

Η Ρωμαϊκή περίοδος (31π.Χ. – 4^{ος}μ.Χ. αιώνας) χαρακτηρίζεται ανθηρή και εύπορη, καθώς η Μυτιλήνη παρουσιάζει ιδιαίτερη ακμή, με λαμπρά δημόσια οικοδομήματα να κοσμούν την πόλη (πρυτανείο θέατρο, περικαλλείς ναοί και σπίτια). Ο Κικέρωνας εκφράζοντας το θαυμασμό του για τη Μυτιλήνη αναφέρει: *«Πόλη από τις σπουδαιότερες εξαιτίας των οικοδομημάτων της και των ωραίων και εύφορων χωραφιών της»*, ενώ ο Βιτρούβιος σχολιάζοντας τη ρυμοτομία της παρατηρεί: *«πόλη χτισμένη με μεγαλοπρέπεια και κομψότητα»* (Βουκλαρή 2015). Μέχρι την εποχή του Νέρωνα (58μ.Χ.-64μ.Χ.) οι πόλεις της Λέσβου διατήρησαν την αυτονομία τους. Την έχασαν όταν ο Βεσπασσιανός (69 μ.Χ.-79μ.Χ.) μετέτρεψε την Ελλάδα σε ρωμαϊκή επαρχία για να την αποκτήσουν πάλι το 124μ.Χ. με πρωτοβουλία του Αδριανού. Η αυτονομία των πόλεων περιορίστηκε χωρίς να εκμηδενιστεί, στο τέλος του 2^{ου}μ.Χ. αιώνα από την αυστηρότερη διάρθρωση της ρωμαϊκής επικράτειας, ενώ μέσα στον 3^ομ.Χ. αιώνα εξακολουθούσαν να διατηρούν κάποια αυτοτέλεια. Την εποχή η ακτινοβολία της Θερμής επεκτείνεται σε όλη τη Λέσβο και έξω από αυτή, με ένα λαμπρό υδροθεραπευτικό και θρησκευτικό κέντρο να αναπτύσσεται και να λειτουργεί έως την ύστερη Ρωμαϊοκρατία. Νεότερες ανασκαφές περιμετρικά του σημερινού ξενοδοχείου «Σάρλιτζα», πιστοποίησαν τη μεγάλη έκταση του κέντρου, καθώς αποκαλύφθηκε συγκρότημα λουτρικών εγκαταστάσεων, που ανάγεται στην Ρωμαϊκή περίοδο και διήλθε από δύο οικοδομικές φάσεις. Η ανασκαφή ανέσυρε επίσης πολλά κινητά ευρήματα. Κατά τα τέλη του 2^{ου}μ.Χ. αιώνα και κυρίως κατά τον 3^ομ.Χ. αιώνα εμφανίζονται τα πρώτα σημάδια παρακμής της Ρώμης (Εικόνα 4.2).

Η Λέσβος θα αποτελέσει τμήμα της Βυζαντινής αυτοκρατορίας (Βυζαντινή περίοδος 4^{ος}μ.Χ. -1355). Η παλαιοχριστιανική και πρώιμη Βυζαντινή περίοδος μαρτυρούν τη σημασία της Λέσβου λόγω στρατηγική θέση, εγγύτητα στην πρωτεύουσα Κωνσταντινούπολη. Ελάχιστα στοιχεία είναι γνωστά για το οικιστικό πλέγμα του νησιού αυτής της περιόδου, ωστόσο ο βυζαντινός ναός της Παναγίας της Τρουλωτής στους Πύργους Θερμής αποτελεί ένα από τα ελάχιστα δείγματα βυζαντινής ναοδομίας στη Λέσβο.

Στα 1355 η Λέσβος περνά στην κατοχή της οικογένειας Γενουατών Γατελούζων (1355-1462). Η Θερμή κατά την εποχή αυτή, μαρτυρείται σε συμβολαιογραφικά έγγραφα ως προάστιο της Μυτιλήνης. Επίσης ο φόβος πειρατικών επιδρομών ώθησε στην κατασκευή πύργων για την εποπτεία του ορίζοντα και άμεση ειδοποίηση σε περίπτωση εισβολής και τη δημιουργία οχυρών εγκαταστάσεων.

Το Σεπτέμβριο του 1462, εννέα μήνες μετά την άλωση της Πόλης, τα οθωμανικά στρατεύματα πολιορκούν και καταλαμβάνουν τη Μυτιλήνη, και κατ' επέκταση τη Λέσβο. Η εγκατάσταση των Οθωμανών στο νησί θα δημιουργήσει νέα κοινωνικοοικονομικά και οικιστικά δεδομένα. Οι πρώτοι δύο αιώνες χαρακτηρίζονται από την ύφεση των σφοδρών ανακατατάξεων, ενώ σημάδια ανάκαμψης θα φανούν μετά τα μέσα του 18^{ου} αιώνα. Η περιοχή των Πύργων Θερμής χαρακτηρίζεται από χαλαρό οικιστικό πλέγμα, λόγω του μεγέθους των γαιοκτησιών, ενώ επηρέασε και τη μορφή των κατοικιών με την ανάπτυξη του πυργόσπιτου. Πρόκειται για οχυρές εξοχικές κατοικίες, πολυώροφες και τετραγωνικής κάτοψης, όπου υψώνονται ελεύθερα μέσα σε αγροκτήματα, με τον τελευταίο όροφο να προεξέχει από μία ή περισσότερες πλευρές. Από μαρτυρίες περιηγητών του 19^{ου} αιώνα, οι κάτοικοι της ευρύτερης περιοχής θεωρούνται ως *«κατοικούντες σε μια ενιαία οικιστική κοινότητα»* με την ονομασία Θερμή. Ο πρώτος χάρτης όπου γίνεται μνεία του ονόματός της είναι του C. Gouffier του 1782, στον οποίο το χωριό σημειώνεται με την ονομασία Sarlidja – Keui (Σάρλιτζα Κίοι, το χωριό του κίτρινου νερού), ενώ στη θέση της παραλίας σημειώνεται η ένδειξη των θερμών υδάτων. Μόλις στα τέλη του

19^{ου} αιώνα (1885-1890) κατασκευάστηκαν από τον διοικητή του νησιού Φαχρή Βέη, εγκαταστάσεις με κάποιες ανέσεις για τους επισκέπτες των λουτρών, ενώ λίγο αργότερα οικοδομήθηκαν ξενώνες από τον Χουσεΐν Χιλμί Πασά, οι οποίοι συνέβαλαν στην ανάπτυξη της περιοχής. Μεγάλη ανάπτυξη σημειώνεται την πρώτη δεκαετία του 20^{ου} αιώνα καθώς στις ήδη υπάρχουσες εγκαταστάσεις προστίθεται ένα πολυτελές ξενοδοχείο από τον Χασάν Εφέντη, το «Σάρλιτζα Παλλάς» (Εικόνα 4.4).



Εικόνα 4.4: Το νεόδμητο ξενοδοχείο σε carte postale της εποχής (Βουκλαρή 2015).

Το τέλος του Β' Βαλκανικού πολέμου διαδέχτηκε σύντομα η έναρξη του Α' Παγκοσμίου πολέμου. Η Θερμή και τα υπόλοιπα παραλιακά χωριά πλημμύρισαν από μικρασιάτες πρόσφυγες. Σύμφωνα με δημοσιεύματα της εποχής, η διεύθυνση του ξενοδοχείου «Σάρλιτζα Παλλάς» αποφάσισε να παραμείνει το κτίριο ανοικτό καθ' όλη τη διάρκεια του χειμώνα σε μια προσπάθεια εξυπηρέτησης των οικογενειών, που λόγω της έκρυθμης κατάστασης δίσταζαν να επιστρέψουν στην πατρίδα τους. Το καλοκαίρι του 1922 ένα νέο κύμα προσφύγων κατακλύζει τα νησιά του Αιγαίου και την Ηπειρωτική Ελλάδα. Η Θερμή για δεύτερη φορά μέσα σε λίγα χρόνια δέχεται πλήθος προσφύγων από το Αϊβαλί, τα Μοσχονήσια, τη Σμύρνη κι άλλες μικρασιατικές περιοχές. Με απόφαση της πολιτείας επιτάχθηκαν τότε αρκετά άδεια σπίτια και όλα τα δωμάτια και οικήματα των λουτρών εκτός από το Ξενοδοχείο.

4.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟΥ

4.3.1 Αρχές του εικοστού αιώνα(1900-1922) – περίοδος ακμής

Το οδικό δίκτυο του νησιού την περίοδο αυτή επεκτάθηκε και ένωσε σχεδόν όλα τα χωριά, με αμαξιτούς δρόμους και ταυτόχρονα αυξήθηκαν οι λουτρικές εγκαταστάσεις και ενισχύθηκε η δημιουργία καταλυμάτων. Οι παράγοντες αυτοί, παράλληλα με την γενική οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη του νησιού, δημιούργησαν ευνοϊκές προϋποθέσεις εξέλιξης. Το πρώτο κτιριακό συγκρότημα δέκα δωματίων, κτίστηκε λίγα μέτρα νοτιανατολικά των λουτρών και το 1908 βρισκόταν στο στάδιο αποπεράτωσης. Έργο του Χουσεΐν Χιλμή Πασά, πρωθυπουργός του οθωμανικού κράτους την περίοδο εκείνη. Το δεύτερο συγκρότημα κτίστηκε στα 1909 «με σχέδια Γάλλων αρχιτεκτόνων» και πρόκειται για το μεγαλοπρεπές για εκείνη την εποχή ξενοδοχείο «Σάρλιτζα Παλλάς» (Εικόνα 4.4), ιδιοκτησίας του Χασάν εφέντη Μολλά Μουσταφά, αδερφού του Χιλμή Πασά, μόνιμου κάτοικου Θερμής. Τα δύο αυτά έργα άλλαξαν την όψη της παραλίας Θερμής και συντέλεσαν στη σύγχρονη για την εποχή λουτρόπολη. Το υψηλό επίπεδο υπηρεσιών που προσέφερε είχε ως αποτέλεσμα την προσέλκυση υψηλών εισοδηματικά στρωμάτων από τη Λέσβο, τα μικρασιατικά παράλια, την πρωτεύουσα και όλες τις μεγαλουπόλεις της αυτοκρατορίας.

Στις 8 Νοεμβρίου 1912 επέρχονται αλλαγές στη ζωή της Λέσβου λόγω της απελευθέρωσης και των εξελίξεων στου πολιτικού σκηνικού. Οι λουτροπηγές με βελτιωμένη εικόνα, χάρις τις δύο νεόδμητες

του 20^{ου} αιώνα, παρουσιάζει την όψη μιας πραγματικής λουτρόπολης καθώς παρουσιάζονται μονάδες, όπως το «Scanden», η «Καλλιθέα», τα παραθαλάσσια οικήματα των Γ. Χιωτέλλη, Δ. Βαλέκου, τα δωμάτια του Ε. Ζείμπέκη, ο ξενώνας των Κουρτζήδων και τα διάφορα καφενεία της παραλίας, που προσφέρουν τις υπηρεσίες τους στους πολυπληθείς επισκέπτες. Η τέταρτη δεκαετία του 20^{ου} αιώνα ξεκινά για τη Θερμή κάτω από το φάσμα της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης, αλλά και μιας έκθεσης του διευθυντή Οργανισμού Τουρισμού, Κ. Μελά που μιλά με επαινετικά λόγια για τις φυσικές ομορφιές της Θερμής και τα ιαματικά της λουτρά, αλλά καυτηριάζει την εκκρεμότητα ιδιοκτησιακού καθεστώτος του λουτρών και του ξενοδοχείου, επισημαίνοντας την κακή κτιριακή κατάστασή τους.

4.3.3 Το νέο ιδιοκτησιακό καθεστώς - Η περίοδος της παρακμής (1933-1980)

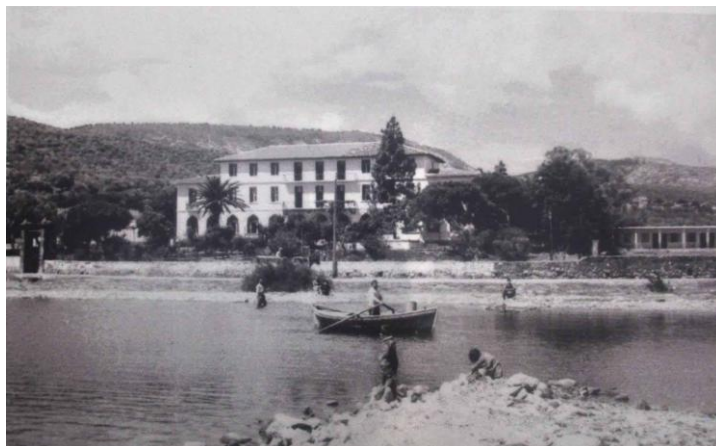
Το ιδιοκτησιακό καθεστώς των λουτρών και του ξενοδοχείου «Σάρλιτζα Παλλάς» θα βρει τη λύση του το 1933, καθώς η Εθνική Τράπεζα διεξάγει πλειοδοτική δημοπρασία για εκποίησή τους. Μεταξύ των διεκδικητών συμπεριλαμβάνεται ο Πανελλήνιος Ιατρικός Σύλλογος και Λέσβιοι αγοραστές. Η συμμετοχή του Ταμείου Συντάξεως και Αυτασφαλίσεως Υγειονομικών (Τ.Σ.Α.Υ.) στη δημοπράτηση υπήρξε καταλυτική. Η μεγάλη οικονομική επιφάνεια του Ταμείου, η αίγλη που περιέβαλλε τον Ιατρικό Σύλλογο, αλλά και ότι οι λουτροπηγές της Θερμής στο πρόσωπο των Υγειονομικών θα εύρισκαν τον καλύτερο ιδιοκτήτη, δημιούργησαν μια ευνοϊκή προς αυτό διάθεση. Το Τ.Σ.Α.Υ. όμως δεν ανταποκρίθηκε σε αυτές τις προσδοκίες, η διαχείριση των εγκαταστάσεων έγινε τελικά με το χειρότερο δυνατό τρόπο, καταλήγοντας «πο ονομαστότερο ξενοδοχείο της Ανατολής» στο μέγιστο σημείο μααρασμού, που θα οδηγήσει αρκετά χρόνια αργότερα στο οριστικό κλείσιμό του. Στα μέσα Σεπτεμβρίου 1936 φτάνει στη Μυτιλήνη αντιπροσωπεία από μέλη του διοικητικού συμβουλίου του Τ.Σ.Α.Υ. και άλλα στελέχη προκειμένου να γίνει επιτόπια μελέτη με σκοπό την ανάδειξη των εγκαταστάσεων. Η πρόταση αυτή περιελάμβανε οκτώ σημεία απ' τα οποία υλοποιούνται ελάχιστα: η εγκατάσταση δικτύου ποσίμου ύδατος και υδραυλικής εγκατάστασης στα δωμάτια του ξενοδοχείου, έργα επέκτασης του ισόγειου και πρώτου ορόφου (β' επέκταση), εγκατάσταση μηχανής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε χώρο ΝΔ των δεξαμενών (Εικόνα 4.7).



Εικόνα 4.7: Το κτίριο του ξενοδοχείου μετά την επέκταση σε επίπεδο ισόγειου και α' ορόφου (Βουκλαρή 2015).

Η γερμανική κατοχή που ακολούθησε έπληξε καίρια το λουτρικό συγκρότημα και το ξενοδοχείο. Ο θαυμάσιος κήπος που το μεσοπόλεμο φιλοξενούσε πλήθος κόσμου, μετατρέπεται σε βοσκότοπο και οι εγκαταστάσεις φθίνουν. Η απελευθέρωση βρήκε το Σάρλιτζα και τις λουτροπηγές σε άθλια κατάσταση. Την περίοδο 1952-1965 συντελείται τρίτη επέμβαση στο ξενοδοχειακό συγκρότημα, η οποία θα του δώσει τη σημερινή μορφή του. Ο νέος διαχειριστής, Λ. Τρουμπούνης, αναλαμβάνει μέσω σύμβασης την επέκταση του τρίτου ορόφου (γ' επέκταση), την κατασκευή στο ισόγειο πίσω μέρος του

ξενοδοχείου τεσσάρων επιπλέον λουτρών και την κατασκευή νέας πτέρυγας βορειοδυτικά του κεντρικού κτιρίου και ανακατασκευάζεται το κεντρικό κλιμακοστάσιο από οπλισμένο σκυρόδεμα (Εικόνα 4.8). Μετά το 1965 το Σάρλιτσα θα περιέλθει διαδοχικά σε διάφορους διαχειριστές οι οποίοι απλά θα παρατείνουν την υποτυπώδη λειτουργία του μέχρι το 1982, οπότε κλείνει οριστικά. Το ξενοδοχείο, που δέχτηκε στις αίθουσές του βασιλείς, πρίγκιπες, πρωθυπουργούς, πατριάρχες, παραδίδεται ολοκληρωτικά στη φθορά του χρόνου. Μόνο οι λουτροπηγές εξακολουθούν να λειτουργούν με σοβαρές ελλείψεις και απαρχαιωμένες εγκαταστάσεις.



Εικόνα 4.8: Carte postale της εποχής, όπου διαφαίνεται η τελευταία επέμβαση στο ξενοδοχείο (Βουκλαρή 2015).

4.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕΛΕΤΗΣ

Το ξενοδοχείο Σάρλιτσα βρίσκεται εντός περιτειχισμένου οικοπέδου συνολικής έκτασης 23.450τμ, με κύρια όψη προσανατολισμένη βόρειο-ανατολικά και επί της οδού που διατρέχει παραλιακά το νησί στα ανατολικά. Εντός οικοπέδου υπάρχουν δύο ακόμα προσαρτήματα σύγχρονα του κεντρικού κτιρίου, γενικών διαστάσεων (7,10x10,50μ.) και (9,35x13,80μ.), ένα αναβρυτήριο, ένα λουτρικό κατάστημα και ένα συγκρότημα οκτώ δωματίων, κατασκευασμένα το 1952 κατά την γ' επέκταση του ξενοδοχείου. Το κεντρικό κτίριο κρίθηκε διατηρητέο το 1987 (ΦΕΚ314/TB/22-6-1987), ενώ το 1995 κρίθηκαν εξίσου διατηρητέα και τα δύο βοηθητικά κτίρια (ΦΕΚ626/TB/95). Το ξενοδοχείο έχει υποστεί τρεις σημαντικές επεμβάσεις στην επέκταση του αρχικού του όγκου, οι οποίες μετέβαλαν την αρχική μορφή του. Η πρώτη επέκταση δεν τεκμηριώνεται βιβλιογραφικά, βασίζεται στην παρατήρηση χρονολογημένων φωτογραφιών εποχής (Βουκλαρή 2015). Χρονικά τοποθετείται στο διάστημα από την ημερομηνία κατασκευής (1909 περίπου) έως το 1925 και αφορά στην προσθήκη ενός ορόφου σε δύο τμήματα της ΝΔ όψης του κτιρίου. Κατά την προσθήκη αυτήν κατασκευάστηκαν τέσσερα υπνοδωμάτια και ένα (1) wc στον πρώτο όροφο. Η δεύτερη επέμβαση (β' επέκταση) γίνεται το 1936 με προσθήκη δύο τμημάτων πλευρικά στον αρχικό όγκο στη στάθμη του ισόγειου και στον πρώτο όροφο. Στο συμβόλαιο αγοράς του ακινήτου από το ΤΣΑΥ (20/08/1933), το κτίριο εμφανίζεται με γενικές διαστάσεις (29,30x10,60μ.), τριώροφο και κεραμοσκεπές. Το 1936 μετά από σύνταξη μελέτης από αντιπροσωπεία του ΤΣΑΥ που επισκέφθηκε το χώρο, εκτελέστηκαν οι εργασίες για την επέκταση των εγκαταστάσεων του ξενοδοχείου, προσδίδοντάς του τελικές διαστάσεις (42,60 x10,60μ.). Με την προσθήκη τμήματος στο ισόγειο επεκτάθηκε ο χώρος της τραπεζαρίας και η κουζίνα, ενώ δημιουργήθηκαν τέσσερα (4) νέα υπνοδωμάτια και ακόμη ένα (1) λουτρό. Στον πρώτο όροφο επεκτάθηκε κατά έξι (6) υπνοδωμάτια και δύο (2) λουτρά με wc. Τέλος, την περίοδο 1952-1965 συντελείται η τρίτη (γ' επέκταση) και τελευταία προσθήκη στο ξενοδοχειακό συγκρότημα, κατά την οποία επεκτάθηκε ο τρίτος όροφος και κατασκευάστηκαν στο ισόγειο πίσω μέρος του ξενοδοχείου

τέσσερα επιπλέον λουτρά (υπήρχαν ήδη τέσσερις λουτήρες απ' την αρχική κατασκευή του ξενοδοχείου προς χρήση των ενοικιαστών του). Παράλληλα η μεγάλη ξύλινη εσωτερική σκάλα ανακατασκευάστηκε από σκυρόδεμα. Την ίδια περίοδο κατασκευάστηκε νέα πτέρυγα, ΒΔ του κεντρικού κτιρίου, οκτώ (8) μικρών σύγχρονων διαμερισμάτων.

Οι γενικές διαστάσεις του «Σάρλιτζα Πάλλας» όπως αυτό παρουσιάζεται στη διπλωματική (Βουκλαρή 2015) είναι (42,60x10,60μ.) Το ισόγειο και ο πρώτος όροφος και (29,20x10,60μ.) ο τρίτος όροφος, ενώ το προέχον τμήμα του κλιμακοστασίου έχει εξωτερικές διαστάσεις (3,60x1,20μ.).

Το ξενοδοχείο παρουσιάζει στη σημερινή του κατάσταση έναν επιμήκη όγκο, τριώροφο στο κεντρικό τμήμα του. Η κύρια είσοδος βρίσκεται σε εσοχή (στεγασμένη βεράντα) και στη στάθμη του υπερυψωμένου ισόγειου. Εκατέρωθεν της εισόδου εκτυλίσσονται συμμετρικά δύο διώροφες πτέρυγες. Το κεντρικό κλιμακοστάσιο σχηματίζει προέχον τμήμα στη νότιο-δυτική όψη και λειτουργεί εξίσου με τη βεράντα ως άξονας συμμετρίας, επιλύοντας το ζήτημα των προσβάσεων μαζί με το κεντρικό χώρο εισόδου (Hall) σε όλο το κτίριο καθ' ύψος, καθώς και στα λουτρά της νότιο-δυτικής πλευράς (σε υποβάθμιση σε σχέση με τη στάθμη του ισόγειου) και το υπόγειο (μη προσβάσιμο). Εκατέρωθεν του Χωλ διατάσσονται ΝΑ η τραπεζαρία σε δύο στάθμες και ΒΔ ο χώρος του σαλονιού. Εκατέρωθεν του κλιμακοστασίου τοποθετούνται χώροι γραφείων. Ένας τοίχος από λιθοδομή ίσου πάχους με τους εξωτερικούς χωρίζει το κτίριο κατά μήκος σε δύο μέρη μη συμμετρικά. Η τομή αυτή χρησιμεύει ταυτόχρονα στο ισόγειο για τον διαχωρισμό των χρήσεων, αφού πίσω του τοποθετείται η κουζίνα και ένας μικρός αποθηκευτικός χώρος. Δίπλα στην κουζίνα μια δευτερεύουσα ξύλινη κλίμακα διευκολύνει την πρόσβαση τόσο στο υπόγειο όσο και στον πρώτο όροφο. Στο τμήμα του κτιρίου βόρειο-δυτικά του κεντρικού κλιμακοστασίου ξεκινά ένας διάδρομος πλάτους 1,40μ. κατά μήκος του οποίου αναπτύσσονται δύο (2) γραφεία, τέσσερα (4) δωμάτια και δύο (2) wc. Ο χώρος του σαλονιού δεν έχει πρόσβαση από τον διάδρομο αλλά από το χωλ εισόδου ενισχύοντας την εντύπωση ενός τυπικού διαχωρισμού ανάμεσα στους κοινόχρηστους και στους «ιδιωτικούς» χώρους του ξενοδοχείου. Τα εσωτερικά χωρίσματα των δωματίων είναι ένα από τα χαρακτηριστικά που διαφοροποιούν και χρονολογούν τις επεμβάσεις επέκτασης - ελαφρά ξύλινα χωρίσματα στην αρχική κατασκευή, ενώ κατά τις νεότερες επεμβάσεις οι εσωτερικοί διαχωριστικοί τοίχοι διαμορφώνονται με οπτοπλινθοδομή από διάτρητους οπτόπλινθους. Στον πρώτο όροφο εμπρός απ' το κεντρικό κλιμακοστάσιο υπάρχει ένας διάδρομος σε αντιστοιχία με αυτόν του ισόγειου, ο οποίος αναπτύσσεται σ' όλο το μήκος του ορόφου, γύρω απ' τον οποίο διατάσσονται εικοσιένα (21) δωμάτια και τρία (3) wc. Ο δεύτερος όροφος παρουσιάζει ανάλογη διάταξη. Η λιθοδομή του ημιυπόγειου αντιστοιχεί περιμετρικά στον όγκο του ισόγειου, μονάχα ένα κεντρικό τμήμα όμως γίνεται προσβάσιμο με καθαρά βοηθητική χρήση. Τέλος παρατηρείται λίθινος εξώστης στην κεντρική όψη του πρώτου ορόφου και μικρότεροι εκατέρωθεν, τοποθετημένοι σε μεταγενέστερη επέμβαση.

Στο Σάρλιτζα χρησιμοποιήθηκαν μορφολογικές αναφορές οι οποίες προβάλλουν τα οθωμανικά στοιχεία, γεγονός που συνδέεται με την ανάδυση του κινήματος των Νεότουρκων την περίοδο ανέγερσής του. Στον αντίποδα του νεοκλασικισμού, με τον οποίο η ορθόδοξη κοινότητα επιχειρεί να προβάλει την εθνική σχέση της με την Ελλάδα, η ανάπτυξη της οθωμανικής αναβίωσης αποτέλεσε ένα όχημα για την προβολή των εθνικών στοιχείων της οθωμανικής κοινότητας. Η μορφολογία των όψεων είναι δυνατόν να ενταχθεί στον εκλεκτικισμό με οριενταλιστικά στοιχεία, με προσεκτικότερη ανάγνωση όψης εντάσσεται και στην περίοδο του πρώτου εθνικού στυλ (Βουκλαρή 2015). Η χάραξη των τόξων στα ανοίγματα του ισόγειου εμφανίζει συγγένεια με πρώιμα ισλαμικά τόξα, ενώ η απλή διάρθρωση των ανοιγμάτων στους ορόφους τα προβάλλει ως κυρίαρχο μορφολογικό χαρακτηριστικό του κτιρίου. Σήμερα είναι δύσκολο ν' αντιληφθεί κανείς τις αρχικές εύρυθμες αναλογίες του κτιρίου οι οποίες ανεδείκνυαν την τριμερή διάταξη των όγκων και προέβαλλαν τα τόξα του ισόγειου. Παρά τις αλλαγές

το κτίριο ακόμα παρουσιάζει τριμερή διάρθρωση βάσης, κορμού, στέψης, που επηρεάζεται επιπλέον από οριζόντιες ζώνες στις ποδιές και στέψεις των παραθύρων.

Κεφάλαιο 5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ

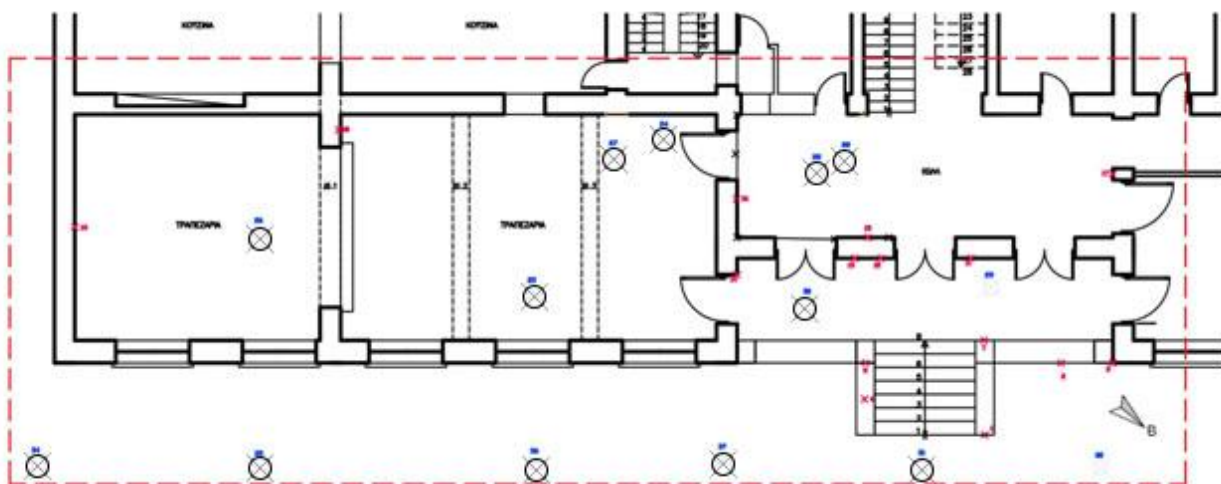
Έχοντας ως θέμα μελέτης το διατηρητέο ξενοδοχείο Σάρλιτζα Παλλάς που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, ακολουθεί η ανάπτυξη μιας μεθοδολογίας προσέγγισης της απόδοσης της υφιστάμενης κατάστασής του, χρησιμοποιώντας ως εργαλείο το θεωρητικό υπόβαθρο των κεφαλαίων 2 και 3, που αφορούν την επίγεια τρισδιάστατη σάρωση laser και την επεξεργασία και οργάνωση των δεδομένων που προκύπτουν μέσω BIM.



Εικόνα 5.1: Φωτογραφική λήψη τμήματος του ξενοδοχείου. Η πρακτική εφαρμογή αφορά στο ισόγειο τμήμα της κεντρικής όψης.

5.1 ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ

Από το αρχείο προηγούμενης αποτύπωσης (Βουκλαρή 2015), το κτίριο αναμένεται να έχει συνολικό μήκος 42.60 μ και καθώς είναι τριώροφο, η συνολική αποτύπωσή του θα χρειαζόταν σύνθετες μεθόδους ώστε να καταγραφεί ολόκληρο το κτίριο και ενδεχομένως από αέρος όσον αφορά την εξωτερική αποτύπωση, τη λήψη των όψεων και της στέγης. Στο μεγάλο όγκο του ξενοδοχείου προστίθεται ένας επιπλέον παράγοντας, η αδυναμία πρόσβασης σε σημεία του ορόφου, καθώς τμήματα του φέροντος οργανισμού του πατώματος παρουσιάζουν σήψη και ακόμα τμήματα αυτού και της στέγης έχουν καταρρεύσει εντελώς. Παρότι σε τέτοιες περιπτώσεις προτείνονται έμμεσες μέθοδοι αποτύπωσης - «καθώς δεν απαιτεί να έρχεται κανείς σε επαφή με ευπαθή αντικείμενα ή να καταλαμβάνει επί πολύ τον χώρο τους» (Πατιάς 1991) - κρίνεται επιπλέον ότι στο συγκεκριμένο παράδειγμα, δεδομένης της ελλιπούς συντήρησης του κτιρίου και της επικινδυνότητας, ο θόρυβος των δεδομένων θα είναι αυξημένος. Για τους παραπάνω λόγους η εφαρμογή επιλέχθηκε να υλοποιηθεί με τρισδιάστατη σάρωση laser σε συγκεκριμένο τμήμα του κτιρίου (Εικόνα 5.1), που όμως να καλύπτει αρκετά ζητήματα που αφορούν τόσο τη μέθοδο καταγραφής (καταγραφή και σύνδεση σαρώσεων στο εσωτερικό και εξωτερικό χώρο του κτιρίου, εκτίμηση αποτελεσμάτων, ακρίβεια, θόρυβος κλπ), όσο αρχιτεκτονικά ζητήματα του κτιρίου (γεωμετρική τεκμηρίωση, καταγραφή και απόδοση παθολογίας, μορφολογικών στοιχείων, κλπ). Καλύπτεται τμήμα της ανατολικής (κύριας όψης) και νότιας όψης του κτιρίου εξωτερικά, καθώς και σύνδεση αυτών με το αντίστοιχο εσωτερικό (Εικόνα 5.2).



Εικόνα 5.2: Σκαρίφημα υλοποιημένων στάσεων σαρωτή (μπλε) και τοποθετημένων αυτοκόλλητων στόχων (κόκκινο) στο τμήμα μελέτης του κτιρίου.

Η αποτύπωση του υπό μελέτη κτιρίου ξεκίνησε στις 23 Ιουνίου 2018 πρωινή ώρα και ολοκληρώθηκε εντός διάρκειας έξι περίπου ωρών, με χρήση επίγειου σαρωτή Laser Time of Flight (TOF) και συγκεκριμένα του μοντέλου Leica BLK360 (<https://lasers.leica-geosystems.com/blk360>). Η τεχνολογία Time of Flight είναι κατάλληλη για αποτυπώσεις μεγάλων αντικειμένων, κτιρίων και γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών, καθώς οι συγκεκριμένοι σαρωτές έχουν τη δυνατότητα αποτύπωσης μεγάλων αποστάσεων ακόμα και της τάξης μερικών χιλιομέτρων. Ο συγκεκριμένος σαρωτής διαθέτει δυνατότητα περιστροφής 360° γύρω από τον οριζόντιο άξονα και 300° γύρω από τον κατακόρυφο. Η ακρίβεια μέτρησης, από τα χαρακτηριστικά του οργάνου σύμφωνα με την εταιρεία είναι 4mm για εμβέλεια μέχρι 10m και 7mm μέχρι 20m. Η μέγιστη εμβέλεια σάρωσης είναι 60m και παρέχεται η επιλογή τριών τύπων σάρωσης βάσει της πυκνότητας των σημείων. Ο ρυθμός σάρωσης ανέρχεται στα 360'000pts/sec και δίδεται χρόνος ολοκλήρωσης μιας πλήρους σάρωσης και λήψης εικόνας (πανοραμική και θερμική) μικρότερη των 3 λεπτών.

Υλοποιήθηκαν συνολικά 14 σαρώσεις 360° από κάθε στάση (Εικόνα 5.2), καλύπτοντας εξωτερικά και εσωτερικά το υπό μελέτη τμήμα του κτιρίου. Επιπλέον χρησιμοποιήθηκαν για τις ανάγκες τις αποτύπωσης τετραγωνικής διατομής αυτοκόλλητοι στόχοι διαστάσεων 0.10x0.10 m (Εικόνα 5.3), ώστε να μην φθείρουν το μνημείο, για τη δημιουργία δηλαδή χαρακτηριστικών σημείων για ένωση των σαρώσεων μεταξύ τους, καθώς και την λήψη μετρήσεων αποστάσεων και γωνιών με χρήση γεωδαιτικού σταθμού (Leica Total Station - TS02), για την γεωαναφορά του νέφους και τον έλεγχο της εξωτερικής ακρίβειάς του. Επιπλέον να σημειωθεί ότι οι σαρώσεις υλοποιήθηκαν από σχεδόν σταθερό ύψος ίσο με το ύψος οργάνου, καθώς ο σαρωτής μικρών διαστάσεων και βάρους μετακινείται μετά το πέρας κάθε σάρωσης στην επόμενη επάνω σε τρίποδο. Τέλος οι στάσεις των σαρώσεων πραγματοποιήθηκαν με τέτοιο τρόπο, ώστε να πληρούνται ορισμένα κριτήρια. Όσον αφορά τις εξωτερικές μετρήσεις (το εξωτερικό περιβλημά), οι σαρώσεις είναι αναγκαίο να καλύπτουν όσο γίνεται συνολικά το θέμα μελέτης και να υπάρχει μεγάλη επικάλυψη (>35%), ώστε να διατηρείται και ομοιόμορφη πυκνότητα του νέφους σημείων. Στις εσωτερικές σαρώσεις (στο εσωτερικό του κτιρίου) ο σχεδιασμός των σαρώσεων πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργούνται αρκετές ομολογίες, τουλάχιστον 5 ομολόγα σημεία. Εκτός από την κάλυψη της γεωμετρίας του εσωτερικού χώρου, έναν επιπλέον προβληματισμό δημιουργούν οι εσωτερικοί διαχωριστικοί τοίχοι και η αποφυγή

αποκρύψεων εξαιτίας αυτών, καθώς επίσης και η αναζήτηση κοινών ομόλογων σημείων εμφανών από τις εξωτερικές και εσωτερικές σαρώσεις για τη συνένωση του τελικού νέφους.



Εικόνα 5.3: Τοποθέτηση αυτοκόλλητων στόχων στο εξωτερικό και εσωτερικό του τμήματος σάρωσης.

Η συνένωση των νεφών, δηλαδή η ένταξη των σαρώσεων σε ενιαίο σύστημα αναφοράς, διαδικασία που περιγράφεται εκτενώς στο κεφάλαιο 2.3, έγινε στο λογισμικό Cyclone της Leica Geosystems το οποίο χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο Iterative Closest Point (ICP). Ο αλγόριθμος αυτός χρησιμοποιείται για την ταύτιση δύο νεφών σημείων σε ένα με κοινό σύστημα αναφοράς. Ο μετασχηματισμός βελτιώνεται επαναληπτικά με διαδοχική ελαχιστοποίηση της απόστασης των κοντινότερων σημείων των νεφών. Για τη σωστή ταύτιση των νεφών επιλέχθηκαν κατ' ελάχιστο 5 ομόλογα σημεία καλά κατανομημένων. Επιπλέον έχουν οριστεί ως χαρακτηριστικά – γνωστά σημεία επί του αντικειμένου καθώς και ειδικοί αυτοκόλλητοι στόχοι που τοποθετήθηκαν στο πεδίο μελέτης (Εικόνα 5.3). Για τη βελτιστοποίηση της ακρίβειας συνένωσης των επιμέρους νεφών, το λογισμικό σε δεύτερο επίπεδο χρησιμοποιεί αλγορίθμους ελαχιστοτετραγωνικής διόρθωσης (global registration) του συνενωμένου νέφους. Η διαδικασία της συνένωσης εκτελείται σταδιακά ώστε να προστεθούν όλες οι επί μέρους σαρώσεις, ορθά προσανατολισμένες σε ένα κοινό νέφος σημείων.

Οι παράμετροι που επιλέχθηκαν για τον αλγόριθμο της γεωαναφοράς είναι:

- Μέγιστη απόσταση εύρεσης γειτονικών σημείων: 0.1m,
- Ποσοστό τυχαίων σημείων συνένωσης: 10%,
- Μέγιστος αριθμός επαναλήψεων: 100.

Τα αποτελέσματα της τελικής συνένωσης των επιμέρους νεφών μεταξύ τους – έχοντας υποδείξει και τα σημεία των στόχων ως επιπλέον γραμμικούς περιορισμούς - δίνουν τα παρακάτω αποτελέσματα:

```

Status: VALID Registration

Mean Absolute Error:

    for Enabled Constraints = 0.005 m

    for Disabled Constraints = 0.000 m
Date: 2018.07.02 10:51:26

Database name : SARLIZA

ScanWorlds
st-s1-georef.txt (Leveled)
ScanWorld [Registration 1]

Constraints
Constraint ID  ScanWorld                ScanWorld                Type                Status  Weight  Error  Error Vector                Horz  Vert
unlabeled - 16  st-s1-georef.txt (Leveled) ScanWorld [Registration 1] Coincident: Vertex - Vertex On      1.0000  0.007 m (-0.005, 0.005, 0.001) m  0.007 m  0.001 m
unlabeled - 19  st-s1-georef.txt (Leveled) ScanWorld [Registration 1] Coincident: Vertex - Vertex On      1.0000  0.004 m (-0.002, 0.002, -0.003) m  0.003 m -0.003 m
unlabeled - 18  st-s1-georef.txt (Leveled) ScanWorld [Registration 1] Coincident: Vertex - Vertex On      1.0000  0.004 m (-0.001, 0.003, 0.003) m  0.003 m  0.003 m
unlabeled - 7   st-s1-georef.txt (Leveled) ScanWorld [Registration 1] Coincident: Vertex - Vertex On      1.0000  0.003 m ( 0.000, -0.003, 0.001) m  0.003 m  0.001 m
unlabeled - 15  st-s1-georef.txt (Leveled) ScanWorld [Registration 1] Coincident: Vertex - Vertex On      1.0000  0.004 m (-0.001, -0.004, 0.002) m  0.004 m  0.002 m
unlabeled - 17  st-s1-georef.txt (Leveled) ScanWorld [Registration 1] Coincident: Vertex - Vertex On      1.0000  0.010 m ( 0.008, -0.003, -0.004) m  0.009 m -0.004 m

ScanWorld Transformations
st-s1-georef.txt (Leveled)
translation: (0.000, 0.000, 0.000) m
rotation: (0.0000, 1.0000, 0.0000):0.000 deg

ScanWorld [Registration 1]
translation: (0.095, -0.007, 1.405) m
rotation: ( 0.0004, 0.0000, 1.0000):62.973 deg

```

Εικόνα 5.4: Απόσπασμα αποτελεσμάτων συνένωσης νεφών σημείων.

Καθώς η ενεργοποίηση του στόχου 17 εμφανίζει σφάλμα 0.01μ, και έχοντας εξασφαλίσει επάρκεια κοινών σημείων, κρίνεται ότι μπορεί να απενεργοποιηθεί από τον γραμμικό περιορισμό. Επομένως η συνένωση (Registration) επανεκτελείται δίνοντας τα παρακάτω αποτελέσματα.

```

Status: VALID Registration

Mean Absolute Error:

    for Enabled Constraints = 0.004 m

    for Disabled Constraints = 0.014 m
Date: 2018.07.02 10:59:18

Database name : SARLIZA

ScanWorlds
st-s1-georef.txt (Leveled)
ScanWorld [Registration 1]

Constraints
Constraint ID  ScanWorld                ScanWorld                Type                Status  Weight  Error  Error Vector                Horz  Vert
unlabeled - 19  st-s1-georef.txt (Leveled) ScanWorld [Registration 1] Coincident: Vertex - Vertex On      1.0000  0.001 m (-0.001, 0.000, -0.001) m  0.001 m -0.001 m
unlabeled - 17  st-s1-georef.txt (Leveled) ScanWorld [Registration 1] Coincident: Vertex - Vertex Off      1.0000  0.014 m ( 0.010, -0.003, -0.008) m  0.011 m -0.008 m
unlabeled - 7   st-s1-georef.txt (Leveled) ScanWorld [Registration 1] Coincident: Vertex - Vertex On      1.0000  0.004 m ( 0.003, -0.003, 0.001) m  0.004 m  0.001 m
unlabeled - 16  st-s1-georef.txt (Leveled) ScanWorld [Registration 1] Coincident: Vertex - Vertex On      1.0000  0.006 m (-0.003, 0.005, -0.001) m  0.006 m -0.001 m
unlabeled - 18  st-s1-georef.txt (Leveled) ScanWorld [Registration 1] Coincident: Vertex - Vertex On      1.0000  0.002 m ( 0.000, 0.002, 0.001) m  0.002 m  0.001 m
unlabeled - 15  st-s1-georef.txt (Leveled) ScanWorld [Registration 1] Coincident: Vertex - Vertex On      1.0000  0.005 m ( 0.001, -0.004, 0.000) m  0.005 m  0.000 m

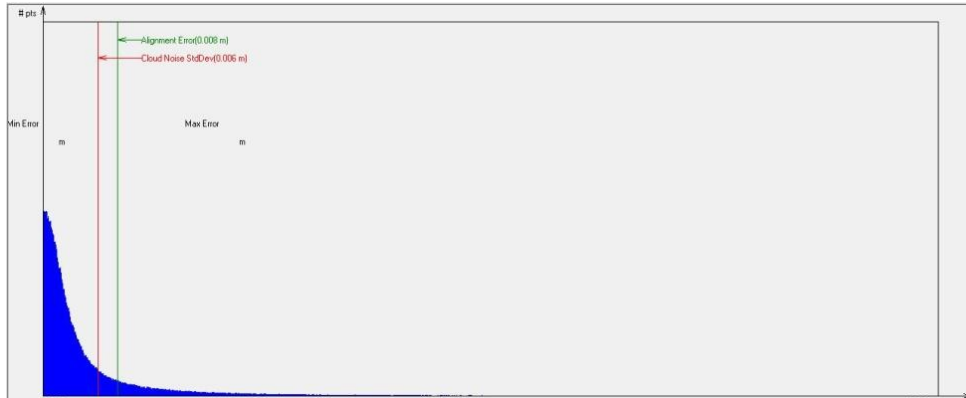
ScanWorld Transformations
st-s1-georef.txt (Leveled)
translation: (0.000, 0.000, 0.000) m
rotation: (0.0000, 1.0000, 0.0000):0.000 deg

ScanWorld [Registration 1]
translation: (0.097, -0.007, 1.401) m
rotation: (-0.0003, -0.0017, 1.0000):62.973 deg

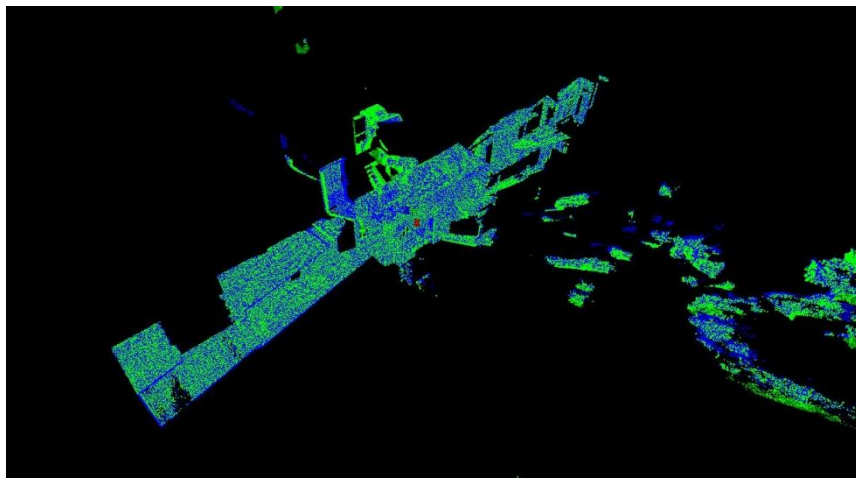
```

Εικόνα 5.5: Αποτελέσματα συνένωσης νεφών σημείων μετά την αφαίρεση του στόχου 17.

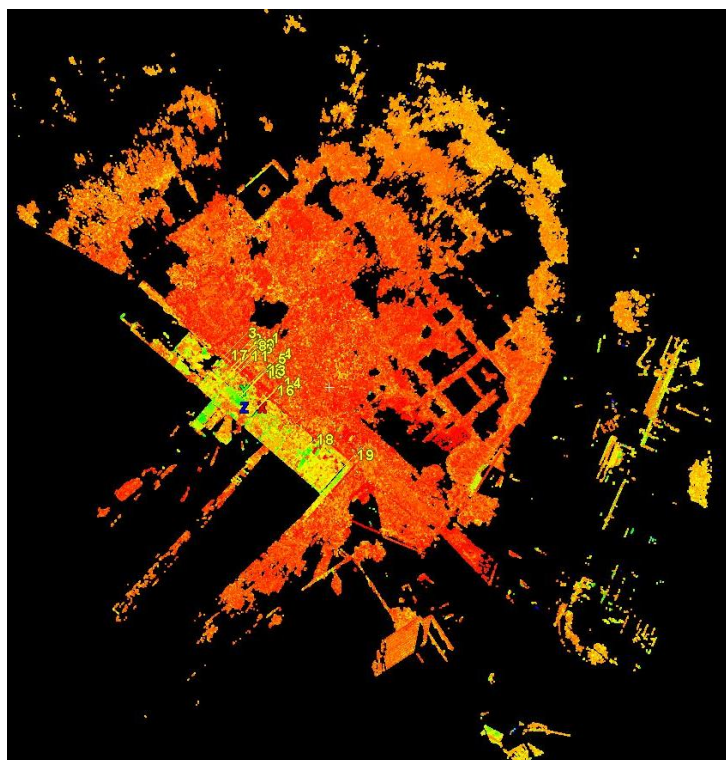
Όλες οι παράμετροι και τα αποτελέσματα της συνένωσης ανά δύο νεφών σημείων παρουσιάζονται στον πίνακα Cloud Constraint Diagnostics και εξάγεται από το λογισμικό (Παράρτημα). Αποσπάσματα από τα σφάλματα των συνενώσεων, τα ιστογράμματα σφαλμάτων και την επικάλυψη επιμέρους σαρώσεων παρουσιάζονται στις Εικόνες 5.6, 5.7.



Εικόνα 5.6: Ιστόγραμμα σφαλμάτων συνένωσης.



Εικόνα 5.7: Επικάλυψη επιμέρους σαρώσεων.



Εικόνα 5.8: Παρουσίαση τελικής συνένωσης νεφών πριν την επεξεργασία.

Από την διαδοχική συνένωση ανά δύο των νεφών σημείων προκύπτει το τελικό νέφος της υπό μελέτης περιοχής, όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.8, το οποίο χρήζει μετέπειτα επεξεργασίας, όπως παρουσιάζεται στη συνέχεια.

Τέλος, στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η τιμή των αποστάσεων των σημείων που ελέγχθηκαν, συγκρίνοντας τις αποστάσεις μεταξύ των στόχων βάσει συντεταγμένων, όπως καταγράφηκαν με τον γεωδαιτικό σταθμό και όπως προκύπτει η απόσταση από το νέφος της σάρωσης. Παρατηρούμε ότι η μικρότερη διαφορά είναι 0.00026 m. και η μέγιστη 0.0109 m., φυσιολογικές και αναμενόμενες από την ονομαστική ακρίβεια του σαρωτή βάσει κατασκευαστή 6mm/10m & 8mm/20m.

Στόχοι στο εσωτερικό του κτιρίου	Απόσταση (από νέφος) (m)	Απόσταση (βάσει συντεταγμένων) (m)	Διαφορά (απόλυτη τιμή) (m)
S19-18	6.874	6.871	0.00343
S18-17	18.953	18.963	0.0109
S16-15	3.348	3.353	0.00451
S16-17	9.213	9.220	0.00729
S15-17	6.183	6.187	0.00384

S15-7	3.844	3.843	0.00068
Στόχοι στο εξωτερικό του κτιρίου	Απόσταση (από νέφος) (m)	Απόσταση (βάσει συντεταγμένων) (m)	Διαφορά (απόλυτη τιμή) (m)
S14-11	6.720	6.719	0.00066
S14-5	4.038	4.032	0.00618
S14-4	5.007	5.000	0.00666
S4-13	4.212	4.212	0.00026
S1-3	3.954	3.958	0.00412
S4-1	3.034	3.038	0.0044

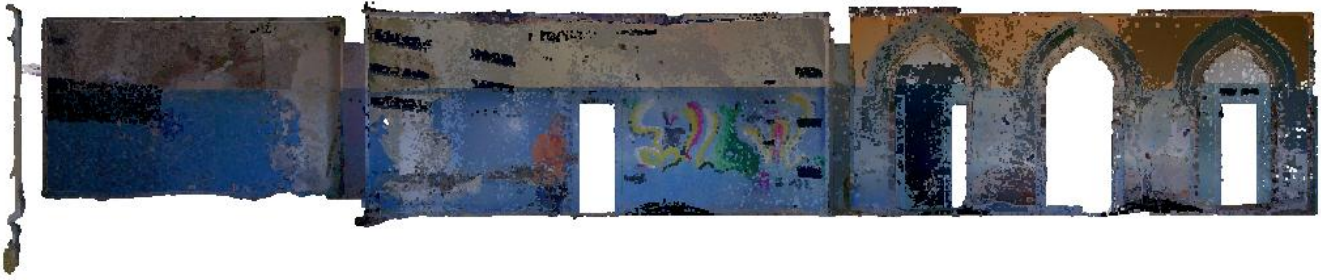
Στη συνέχεια ακολουθεί «καθαρισμός» του νέφους σημείων που αποκτήθηκε (Εικόνες 5.8, 5.9), δηλαδή η απομάκρυνση των περιττών σημείων. Λόγω της αυτόματης σάρωσης 360 μοιρών, ο σαρωτής έχει αποδώσει και σημεία του εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος εκτός του επιθυμητού τμήματος και καθότι τα σημεία αυτά κρίνονται λόγω αποκρύψεων και θορύβου λανθασμένα, απομακρύνονται. Επιπλέον, γίνεται τμηματοποίηση του νέφους κατά τμήματα ή στοιχεία ενδιαφέροντος, για την καλύτερη και γρηγορότερη δυνατή επεξεργασία λόγω όγκου δεδομένων (Εικόνα 5.9). Τέλος είναι απαραίτητη η εξαγωγή του .pts αρχείου του νέφους σε .rcp, μέσω του λογισμικού Autodesk ReCap για την μετέπειτα εισαγωγή και επεξεργασία στο λογισμικό Revit.



Εικόνα 5.9: Το τελικό συνενωμένο νέφος σημείων του τμήματος μελέτης με μετρική πληροφορία και πληροφορία χρώματος RGB.



Εικόνα 5.10: Άποψη τμήματος νέφους. Κεντρική είσοδος ξενοδοχείου Σάρλιτσα. Γίνεται κατάτμηση του αρχικού νέφους σε επιμέρους στοιχεία ενδιαφέροντος για τη διευκόλυνση της μοντελοποίησης.



Εικόνα 5.11: Διαμήκης τομή συνενωμένου νέφους και ορθή προβολή του εσωτερικού.



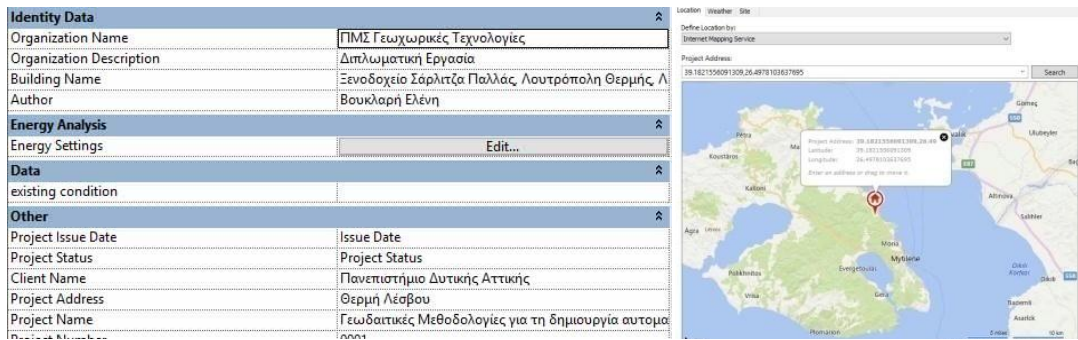
Εικόνα 5.12: Εγκάρσια τομή συνενωμένου νέφους σημείων.

5.2 BIM ΚΑΙ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΝΗΜΕΙΟΥ

Για την ανάπτυξη του μοντέλου BIM επιλέχθηκε το λογισμικό Autodesk Revit 2018 (<https://www.autodesk.com/products/revit/overview>). Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αρχικά μια προσέγγιση της γεωμετρικής μορφής του κτιρίου, δηλαδή δημιουργείται το μοντέλο βάσει των σχεδιαστικών εργαλείων του λογισμικού. Στη συνέχεια ακολουθεί μια προσέγγιση χρήσης αυτού του μοντέλου ως εργαλείου για τη διαχείριση, παρακολούθηση και ολοκληρωμένη παρουσίαση της υφιστάμενης κατάστασης του μνημείου.

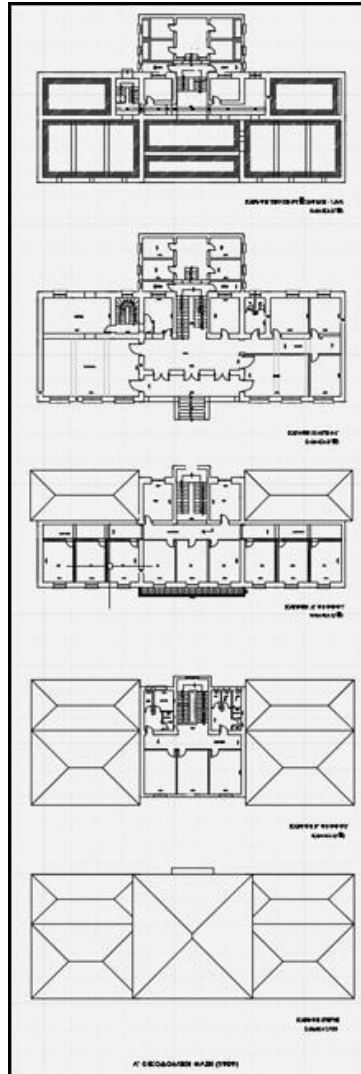
5.2.1 Δημιουργία μοντέλων BIM

Ξεκινώντας το Project της παρούσας εργασίας γίνονται κάποιες αρχικές ρυθμίσεις (Project Setup), όπου εισάγονται πληροφορίες σχετικά με το είδος μελέτης, την τοποθεσία, τις μονάδες σχεδιασμού κλπ (Εικόνα 5.13).



Εικόνα 5.13: Project Setup.

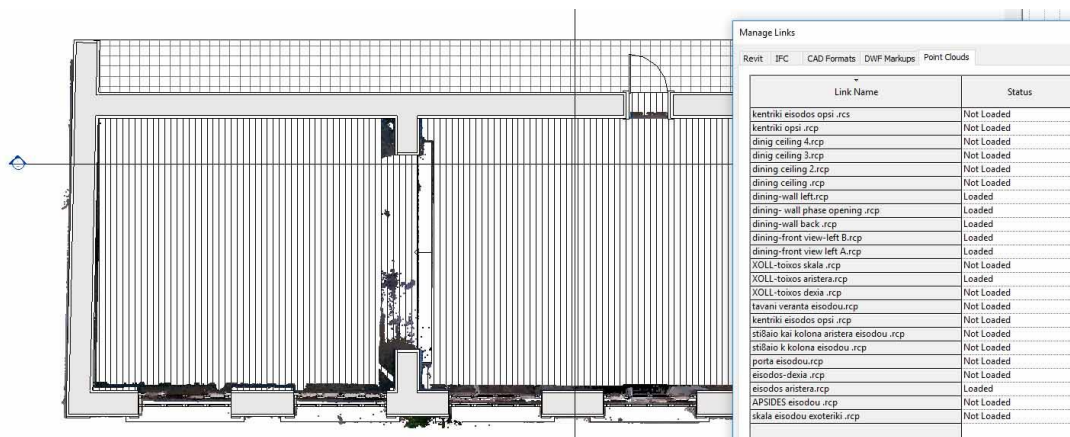
Ακολουθεί η διαδικασία σχεδιασμού και προσεγγίζονται μάλιστα δύο μέθοδοι. Στην πρώτη περίπτωση, εκτελείται δημιουργία μοντέλου από την πληροφορία που συλλέχθηκε από την παρούσα εφαρμογή τρισδιάστατης σάρωσης laser. Στη δεύτερη περίπτωση γίνεται μοντελοποίηση βάσει BIM από την ήδη υπάρχουσα αποτύπωση (Βουκλαρή 2015), δηλαδή από πλήρη σχέδια CAD κατόψεων (Εικόνα 5.14), όψεων και τομών. Και στις δύο περιπτώσεις τα αρχεία των αποτυπώσεων παρά τη διαφορετική μορφή των αρχείων που τις αποτελούν (.rcp, .dwg αντίστοιχα), εισάγονται στο λογισμικό Revit και χρησιμοποιούνται ως υπόβαθρο για απευθείας σχεδιασμό.



Εικόνα 5.14: Απόσπασμα .dwg αρχείου αποτύπωσης (Βουκλαρή 2015) που αφορά στην πρώτη οικοδομική φάση του κτιρίου Σάρλιτσα, χρονολογία ανέγερσης 1909.

5.2.1.1 Δημιουργία μοντέλου BIM από νέφος σημείων

Στην πρώτη περίπτωση μοντελοποίησης εισάγεται το νέφος σημείων τμηματικά (Εικόνα 5.15), για διευκόλυνση της διαδικασίας εξαιτίας του μεγάλου όγκου δεδομένων όπως προαναφέρθηκε. Τα ακόλουθα νέφη που εισάγονται τοποθετούνται βάσει των συντεταγμένων, της θέσης δηλαδή, του προηγούμενου τμήματος νέφους εντός του project. Ορίζοντας το ύψος στο οποίο γίνεται η οριζόντια τομή, μετράται από το νέφος και δημιουργείται family τοίχου που να ανταποκρίνεται στις διαστάσεις του ίχνους του νέφους (πάχος τοίχου) και πάνω σε αυτό γίνεται η μοντελοποίηση. Υπάρχουν διαφορές πάχους και υλικών, που προκύπτουν και από την επί τόπια παρατήρηση και από την μέτρηση των αντίστοιχων νεφών. Για κάθε τέτοια περίπτωση δημιουργείται και αντίστοιχο family ή type αυτού, καθώς επίσης διαφοροποιείται και η διαστρωμάτωση των υλικών –γεγονός που προκύπτει από παρατήρηση και σύγκριση με προηγούμενη καταγραφή (Βουκλαρή 2015) (βλ. Εικόνα 5.16).



Εικόνα 5.15: Απόσπασμα σχεδιασμού κάτοψης. Διακρίνεται η εισαγωγή του νέφους που αφορά στον τοίχο της κύριας όψης βάσει του οποίου ανακατασκευάζεται.

Function	Material	
Finish 1 [4]	ασβεστοκονίαμα	0,0500
Core Boundary	Layers Above Wrap	0.0000
Structure [1]	wall λιθοδομή	0,4200
Core Boundary	Layers Below Wrap	0.0000
Finish 2 [5]	ασβεστοκονίαμα	0,0500

Εικόνα 5.16: Διαστρωμάτωση υλικών. Πρόκειται για δυνατότητα του λογισμικού, όπου κάθε family ενός τοίχου μπορεί να αποτελείται από συγκεκριμένα υλικά συγκεκριμένου πάχους. Τα υλικά αυτά με τη σειρά τους έχουν οριστεί από τον χρήστη βάσει παρατήρησης να φέρουν δικές τους ιδιότητες (τεχνικά χαρακτηριστικά και στοιχεία εμφάνισης).

Στην περίπτωση των πατωμάτων, είναι δυνατό να διακριθεί από το νέφος το ίχνος την επάνω επιφάνειας του πατώματος, αυτή δηλαδή που μπορεί να καταγράψει ο σαρωτής. Επομένως σε ορισμένη εγκάρσια ή διαμήκη τομή υπολογίζεται στη συνέχεια το ύψος στο οποίο πρέπει να τοποθετηθεί. Να σημειωθεί ότι στη συγκεκριμένη εφαρμογή, καθώς επιλέχθηκε να αποτυπωθεί τμήμα του υπερυψωμένου ισογείου, κάτω από το οποίο υπάρχουν μη προσβάσιμοι χώροι, επιλέχθηκε για την ολοκλήρωση της ψηφιακής ανακατασκευής του κτιρίου να συμπληρωθεί η κατασκευαστική δομή με ξύλινες δοκούς 0.09x0.24 πάνω στις οποίες εδράζεται το ξύλινο σανίδωμα 30mm (Εικόνα 5.17) (Βουκλαρή 2015). Επιπλέον, όπου κρίθηκε ότι βάσει θορύβου ήταν αδύνατη η καταγραφή (συγκεκριμένα στο χωλ εισόδου, όπου παρατηρήθηκε επί τόπου η ύπαρξη μωσαϊκού δαπέδου με διακοσμητικές χρωματικές διαφοροποιήσεις), γίνεται η παραδοχή να χρησιμοποιηθούν στοιχεία βάσει βιβλιογραφίας – εμφανή στην τελική απόδοση, ώστε να παρουσιαστούν ολοκληρωμένα τα τελικά προϊόντα.



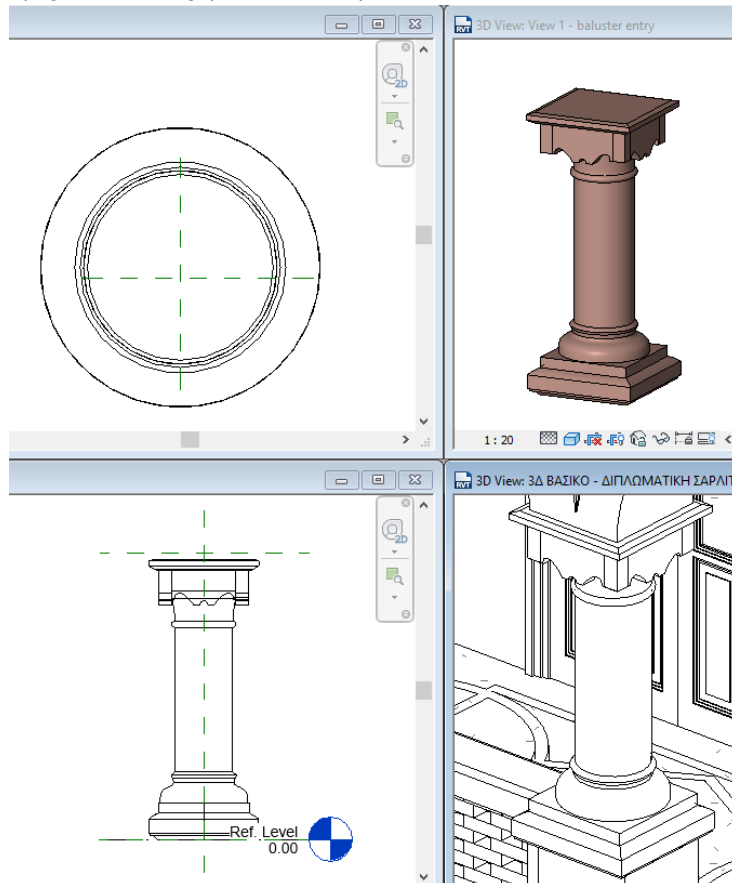
Εικόνα 5.17: Άποψη ανακατασκευασμένου μοντέλου BIM σύμφωνα με το ίχνος του νέφους σημείων.

Ομοίως ακολουθείται και η διαδικασία ψηφιακής ανακατασκευής των ταβανιών. Από τομές στο νέφος, προκύπτει το καθαρό ύψος του ισογείου, δηλαδή η απόσταση από την επάνω επιφάνεια του πατώματος μέχρι την κάτω επιφάνεια του ταβανιού, τις οποίες αποδίδουν τα σημεία του νέφους. Στο ύψος αυτό, αφού δημιουργηθεί πάλι σχετικό family ταβανιού (ceilings) που να εμπεριέχει τη διαστρωμάτωση των υλικών, τοποθετείται στο επιθυμητό ύψος. Στην περίπτωση αυτή να επισημανθεί επίσης ότι, αρχικά, η διαστρωμάτωση προέρχεται από επί τόπια παρατήρηση, καθώς σε σημεία του ταβανιού υπάρχει αποφλοιώση του επιχρίσματος και αποκάλυψη της κατασκευής (είτε ξύλινο μπαγδατί, είτε πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος), και τα πάχη καθεμιάς λαμβάνονται από το νέφος, ενώ παράλληλα ελέγχονται βάσει γνώσεων υλικών και συνήθων πρακτικών κατασκευής.

Πέρα από τα βασικά δομικά στοιχεία του κτιρίου που ανακατασκευάζονται (τοιχοί, πατώματα, ταβάνια), μεγαλύτερη πολυπλοκότητα παρουσιάζουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του, τα οποία κατά κύριο λόγο δεν μπορούν να αναπαρασταθούν με τα ήδη υπάρχοντα Families του Revit. Παρουσιάζεται συνοπτικά ο τρόπος αντιμετώπισης ορισμένων από αυτών παρακάτω:

- Περιμετρικό γείσο από τούβλο και τραβηχτό κονίαμα: διατρέχει την κύρια όψη του κτιρίου στο επίπεδο του υπερυψωμένου ισογείου, εντείνοντας το διαχωρισμό βάσης-κορμού. Εκτελώντας ορισμένες εγκάρσιες τομές στο νέφος είναι εφικτό να διακριθεί – με ορισμένες αποκλίσεις λόγω απόπλυσης ή θραύσματος τούβλων κατά τόπους- η διατομή του και βάσει αυτής δημιουργείται in place family, για την υλοποίηση του οποίο σχεδιάζεται σε τομή η διατομή (sweep profile) και στη συνέχεια ορίζεται η πορεία (path) επί της τοιχοποιίας. Επιπλέον στις ιδιότητες, ορίζεται ως subcategory wall sweep-cornice και υλικό τούβλο (Εικόνα 5.17, λεπτομέρεια Λ2).
- Σκάλα εισόδου: πρόκειται για λίθινη σκάλα που οδηγεί από τη στάθμη του περιβάλλοντα χώρου στην κεντρική σκεπαστή βεράντα της εισόδου του κτιρίου. Δημιουργήθηκε ως family με το εργαλείο δημιουργίας σκάλας, λαμβάνοντας από τομή του νέφους τις διαστάσεις για το πάτημα και ριχτι. Εκατέρωθεν της σκάλας υπάρχει λίθινο στηθαίο με αναβαθμούς, για την ψηφιοποίηση του οποίου από το νέφος δημιουργήθηκε εκ νέου family τύπου column, και εισήχθη στο συνολικό μοντέλο (Εικόνα 5.19).

- Στηθαίο βεράντας: αποτελείται από λίθινα κολωνάκια, πλήρωση από διακοσμητικούς οπτόπλινθους, επάνω στα οποία εδράζεται λίθινο στοιχείο εν είδει κουπαστής και εξίσου λίθινες κολώνες. Τα λίθινα κολωνάκια αποτελούν παραμετροποιημένα στοιχεία των ήδη υπαρχόντων στο λογισμικό, ώστε να ανταποκρίνονται στο μέγεθος και το υλικό. Η πλήρωση από οπτόπλινθους αποτελεί nested family, όπου σχεδιάστηκε το τούβλο ως μονάδα και στη συνέχεια με αυτό το μοτίβο που ακολουθεί σε επανάληψη. Επίσης, έχοντας σχηματίσει τις κολώνες βάσει του νέφους (σε family κολώνας), εισάγονται μαζί με την κουπαστή ως railing στο ύψος που ορίζει το νέφος (Εικόνα 5.18).

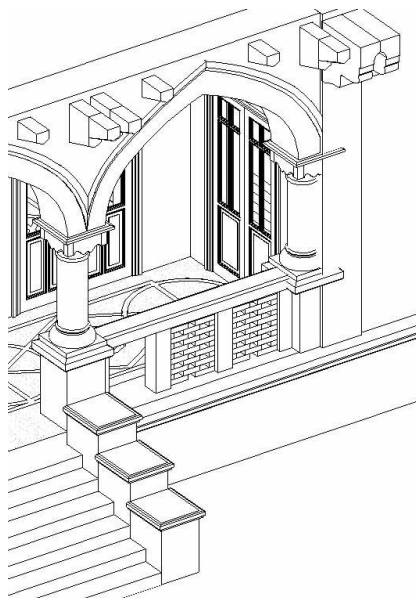


Εικόνα 5.18: Απόσπασμα επεξεργασίας στο λογισμικό Revit. Δημιουργία κολώνας σε family (type column) με χρήση διαφορετικών απόψεων και εισαγωγή στο project (κάτω δεξιά) ως Railing για τη δημιουργία της κουπαστής και τοποθέτηση των κολώνων σε σταθερό βήμα.

- Η όψη της εισόδου με τα οξυκόρυφα ανοίγματα σχεδιάστηκε ως τοίχος ενιαίος όπου αφαιρούνται σε όψη, βάσει νέφους, τα κενά.
- Οι τρεις τύποι λίθινων φουρουσιών (Εικόνα 5.17, λεπτομέρεια Λ1) δημιουργήθηκαν σε μεμονωμένα families (Structural Framing) στα οποία ορίστηκαν εκτός από τη μορφή και το υλικό κατασκευής, και εισήχθησαν όσες φορές επαναλαμβάνονται στο τελικό μοντέλο και στο επιθυμητό ύψος και θέση που ορίζει το νέφος.
- Τα διακοσμητικά γείσα που πλαισιώνουν τα παράθυρα, είτε τα οριζόντια που εμφανίζονται στο εσωτερικό, δημιουργήθηκαν ως In Place στοιχεία, όπου σχεδιάστηκε βάσει νέφους η διατομή και ορίστηκε η πορεία επανάληψης.
- Τα κουφώματα, παράθυρα και πόρτες, σχεδιάστηκαν με αντίστοιχα Families, και παρουσιάζουν ορισμένες διαφοροποιήσεις, πέρα από το σχήμα, ως προς τις διαστάσεις. Στην

περίπτωση αυτή προστέθηκαν διαφορετικοί τύποι του ίδιου Family. Αποδόθηκαν επίσης υλικά (ξύλινο επιχρωματισμένο, τζάμι, ξύλινα κλείστρα κλπ).

- Τέλος με τα εργαλεία Split Face και Paint προσεγγίζονται οι χρωματισμοί του κτιρίου εσωτερικά (κυρίως) λόγω του έντονου μπλε χρώματος που έχει περαστεί επί της τοιχοποιίας.



Εικόνα 5.19: Απόσπασμα 36 μοντέλου από νέφος. Είναι εμφανή τα ιδιαίτερα στοιχεία μορφολογικού ενδιαφέροντος τα οποία δημιουργήθηκαν τμηματικά σε ξεχωριστά families και εισάγονται σε κοινό μοντέλο.

Από τα παραπάνω βήματα προέρχεται το τελικό μοντέλο από το νέφος σημείων της παρούσας αποτύπωσης. Στη συνέχεια ορίζονται οι επιθυμητές τελικές απόψεις, και αυτόματα με ορισμένες τροποποιήσεις-διορθώσεις δημιουργούνται τα δισδιάστατα σχέδια αυτών. Στα σχέδια αυτά είναι δυνατόν μετέπειτα να προστεθούν συμβολισμοί και επιπλέον στοιχεία ολοκλήρωσής τους (Annotation Symbols, διαστασιολόγηση, 2D σχεδιασμός λεπτομερειών).

Ακόμα, επί του παραγόμενου μοντέλου και κυρίως των τελικών δισδιάστατων απόψεων – που είναι περισσότερο συνηθισμένο- είναι δυνατό να επισημανθεί και η παθολογία του κτιρίου. Αυτό αρχικά γίνεται με την προσθήκη μιας παραμέτρου (Existing Condition) από τον χειριστή για κάθε στοιχείο που έχει σχεδιαστεί, στην οποία καταγράφεται λεκτική πληροφορία σχετικά με την κατάσταση διατήρησης του στοιχείου αυτού ή το είδος της φθοράς. Επίσης σε δισδιάστατη άποψη μπορούν να περιγραφούν με εργαλεία annotation περιοχές και να επισημανθεί το είδος της φθοράς. Σε τρισδιάστατη απεικόνιση μπορούν επίσης με το εργαλείο Paint – δημιουργώντας ένα νέο υλικό που θα υποδηλώνει τις φθορές - να σχεδιαστούν σε τρισδιάστατη μορφή επί του μοντέλου.



Εικόνα 5.20: Απόσπασμα τελικού παραγόμενου μοντέλου BIM από το νέφος σημείων. Παρουσίαση της κεντρικής εισόδου με επιχρωματισμό κάθε στοιχείου.

5.2.1.2 Δημιουργία μοντέλου BIM από CAD

Στη δεύτερη περίπτωση μοντελοποίησης χρησιμοποιείται το αρχείο καταγραφής των οικοδομικών φάσεων του Σάρλιτζα σε CAD (Βουκλαρή 2015), το οποίο εισάγεται ως υπόβαθρο σχεδιασμού στο Revit. Συγκεκριμένα χρησιμοποιείται η δυνατότητα του λογισμικού, και του BIM εν γένει, να παρακολουθεί χρονικά την εξέλιξη του θέματος, μέσω του εργαλείου Phasing. Συγκεκριμένα δημιουργούνται οι πέντε φάσεις που εμφανίζονται στη βιβλιογραφία, οι οποίες τοποθετούνται και χρονικά: Structural Phase A(1909), Structural Phase B (1925), Structural Phase C (1936), Structural Phase D (1952-1965), και τέλος, η υπάρχουσα κατάσταση από το 1965 και έπειτα. Στην τελική φάση δεν υπάρχει κάποια προσθήκη, όμως έτσι ορίζεται η ύπαρξη (existing) και μη κατεδάφιση.

Ως προς την εισαγωγή του σχεδιαστικού υπόβαθρου δίνονται δύο επιλογές. Αφενός η εισαγωγή αυτών και αφετέρου η σύνδεση (link) κάποιου αρχείου CAD, κατά την οποία δίνεται η δυνατότητα αφού τροποποιηθεί το δισδιάστατο σχέδιο σε περιβάλλον AutoCAD, να ενημερωθεί αυτόματα στο Revit. Από τη στιγμή όμως που αυτό δεν γίνεται στην παρούσα εφαρμογή, ακολουθείται η πρώτη περίπτωση εισόδου.

Επιπλέον, εισάγονται διαδοχικά τα σχέδια των κατόψεων, ανά φάση και ανά όροφο, ολοκληρώνοντας έτσι καθ' ύψος το κτίριο με το πέρασμα του χρόνου. Τέλος να σημειωθεί ότι τοποθετούνται κάθε φορά στο κέντρο του project κλειδώνοντας κάποια κοινά ανά όροφο σημεία, καθότι είναι σχεδιασμένα σε αυθαίρετο σύστημα και δεν υπάρχει αυτόματη αναγνώριση και προσανατολισμός αυτών – σε αντίθεση με την εισαγωγή τμημάτων κοινού νέφους σημείων, όπως παραπάνω.

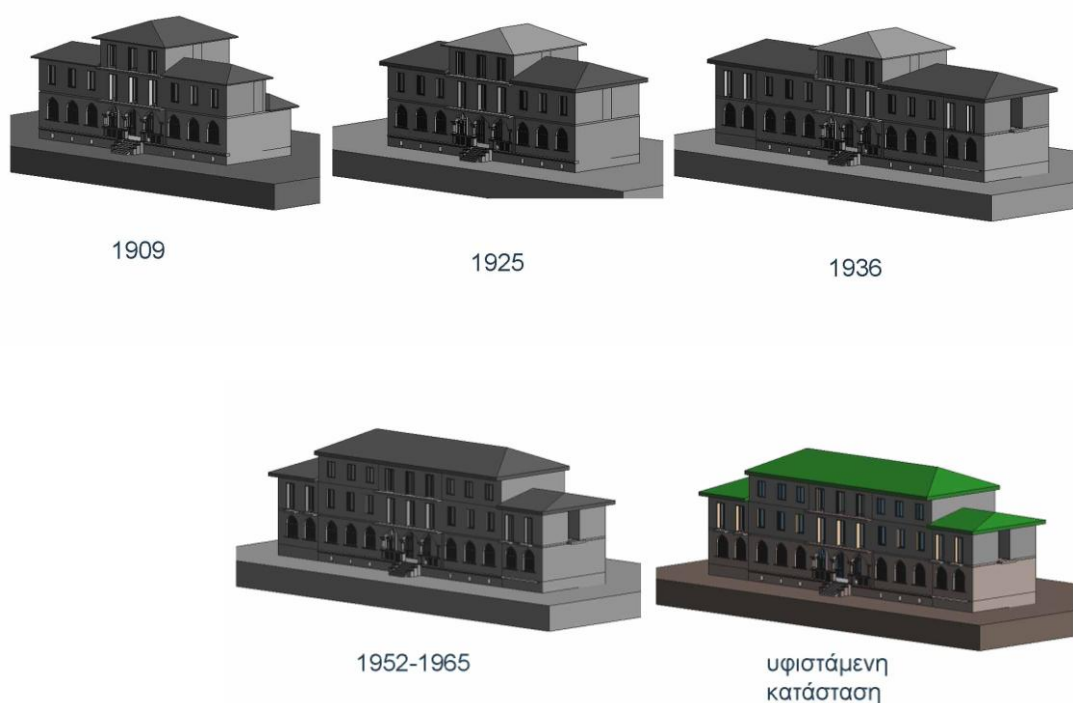
Ακολουθεί η ψηφιακή ανακατασκευή του μοντέλου, χρησιμοποιώντας τα ίδια εργαλεία, που αναφέρονται και στην προηγούμενη διαδικασία, συγκρίνοντας και ελέγχοντας διαστάσεις και στάθμες από αντίστοιχες τομές και όψεις σε CAD. Εδώ, καθαρά για λόγους συντόμευσης της διαδικασίας, γίνεται αφαίρεση της λεπτομέρειας των δεδομένων σχεδίων κατά τη μεταφορά σε Revit, καθότι το τελικό παραγόμενο έχει ως στόχο να χρησιμοποιηθεί σαν επικουρικό εργαλείο παρουσίασης των φάσεων και της ογκοπλασίας του ξενοδοχείου καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του (Εικόνα 5.21).

5.2.2 Ολοκληρωμένη βάση δεδομένων για το μνημείο

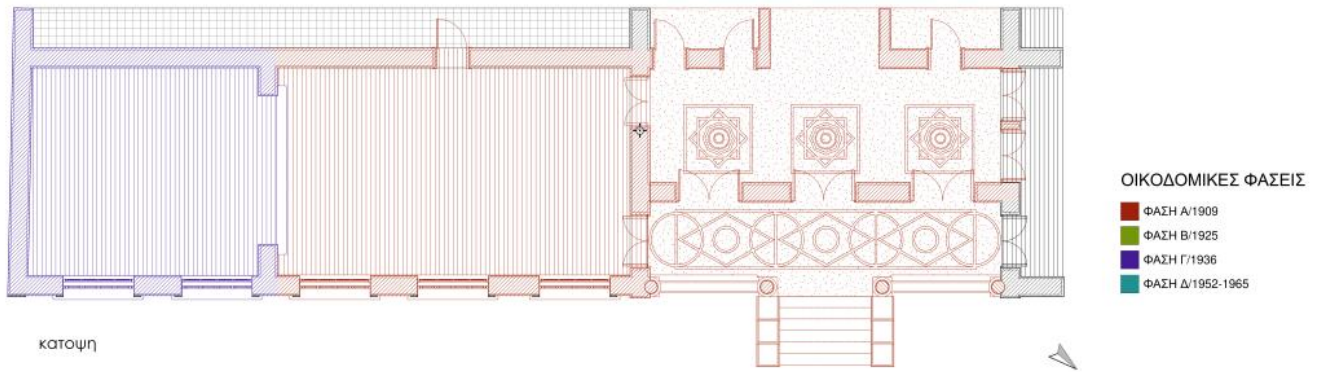
Στο σημείο αυτό γίνεται μια προσπάθεια να συγκεντρωθούν βάσει της φιλοσοφίας του BIM, χρησιμοποιώντας ως εργαλείο το Revit, όλα εκείνα τα στοιχεία που έχουν έως τώρα συλλεχθεί και δημιουργηθεί για το ξενοδοχείο Σάρλιτζα, ώστε να ολοκληρωθεί μια ψηφιακή βάση δεδομένων που δυνητικά θα καλύπτει τη διαχρονική εξέλιξη του έως τη σημερινή κατάσταση και θα μπορούσε να φανεί ένα εργαλείο για τις μελλοντικές επεμβάσεις ή προσθήκες και παρακολούθηση αυτών. Ακολουθείται η δομή της μεθοδολογίας (Νομικός 2004) για την αποκατάσταση-επανάχρηση των ιστορικών κτιρίων, δηλαδή τα πέντε βασικά κεφάλαια εξέτασης ενός κτιρίου-μνημείου, όπως προαναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 2.

Όσον αφορά τη σχέση του κτιρίου με την ευρύτερη περιοχή, παρότι η έρευνα επιφέρει ιστορικά και αρχιτεκτονικά στοιχεία εξέλιξης αναπόσπαστα από την εξέλιξη του κτιρίου αυτού καθαυτού και ως αρχείο οφείλουν να συλλέγονται και να μελετώνται, εν προκειμένω το ζήτημα επικεντρώνεται στην πρακτική απόδοση του περιβάλλοντα χώρου του κτιρίου και κρίνεται από τις ανάγκες, τα μέσα και την ευχέρεια του μηχανικού. Επομένως μπορούν να συγκεντρωθούν και να ψηφιοποιηθούν σε περιβάλλον BIM χωρικά δεδομένα, όπως για παράδειγμα το στίγμα του κτιρίου στο χάρτη (Εικόνα 5.13), τα όρια του οικοπέδου, η γειτνίαση με οδικούς άξονες ή παρακείμενα οικόπεδα και ιδιοκτησίες, η μορφολογία του εδάφους (εργαλείο Massing & Site, Toposurface), κ.α.

Τα ιστορικά δεδομένα για το κτίριο, καθότι πρόκειται για άυλη πληροφορία, μπορούν απλά μέσω παραμετρικών προσδιορισμών να συμπληρώνουν λεκτικά το ψηφιακό μοντέλο, περισσότερο όμως σαν επί μέρους σχολιασμός σε σχέση με κάποιο συγκεκριμένο υλικό δεδομένο. Επιπλέον, οι οικοδομικές φάσεις από τις οποίες έχει επέλθει μπορούν να διαχωριστούν και να παρουσιαστούν εξίσου (Εικόνα 5.21, 5.22).



Εικόνα 5.21: Απόδοση οικοδομικών φάσεων Σάρλιτζα Παλλάς. Παρακολούθηση κύκλου ζωής τους κτιρίου.



κατοψη

<ΦΑΣΕΙΣ >		M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909
A	B	M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909
Family and Type	φάση/ετος ανενεργ	M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909
brick tall balcony: διατηρητο στηθαίο	A/1909	M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909
brick tall balcony: διατηρητο στηθαίο	A/1909	M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909
brick tall balcony: διατηρητο στηθαίο	A/1909	M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909
brick tall balcony: διατηρητο στηθαίο	A/1909	M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909
brick tall balcony: διατηρητο στηθαίο	A/1909	M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909
entrance hall door: width 1.33: en	A/1909	M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909
entrance hall door: entrance hall	A/1909	M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909
entrance hall door: entrance hall	A/1909	M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909
inside- single door: 900 x 2400m	A/1909	M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909
inside- single door: 900 x 2400m	A/1909	M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909
inside- single door: 900 x 2400m	A/1909	M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909
inside- single door: 900 x 2400m	A/1909	M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909
M_Concrete-Rectangular Beam:	A/1909	M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909
M_Concrete-Rectangular-Column:	A/1909	main front door: main front door
M_Concrete-Rectangular-Column:	A/1909	main front door: main front door
M_Concrete-Rectangular-Column:	A/1909	main front door: main front door
M_Concrete-Rectangular-Column:	A/1909	main windows: Window Saridja
M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909		main windows: Window Saridja
M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909		main windows: Window Saridja Γ/1936
M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909		main windows: Window Saridja Γ/1936
M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909		side balcony outside door: side b
M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909		side balcony outside door: side b
M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909		skala-toixos dexia: skala-toixos d
M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909		skala-toixos dexia: skala-toixos d
M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909		stoned corbel A type: stoned cor
M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909		stoned corbel A type: stoned cor
M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909		stoned corbel B: stoned corbel B
M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909		stoned corbel B: stoned corbel B
M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909		stoned corbel B: stoned corbel B
M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909		stoned corbel B: stoned corbel B
M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909		stoned corbel C: stoned corbel C
M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909		stoned corbel C: stoned corbel C
M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909		stoned corbel C: stoned corbel C
M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909		stoned corbel C: stoned corbel C
M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909		stoned corbel C: stoned corbel C
M_Glulam-Western Species: 0.09 A/1909		stoned corbel C: stoned corbel C

Εικόνα 5.22: Παρακολούθηση οικοδομικών φάσεων σε επίπεδο κάτοψης (πάνω) και απόδοσης λίστας (Schedule) αυτόματης παρουσίασης χρονολόγησης εκάστοτε στοιχείου που έχει μοντελοποιηθεί για την παραγωγή του BIM μοντέλου (εδώ απόσπασμα-κάτω).

Κατά τη διαδικασία της αρχιτεκτονικής τεκμηρίωσης και ανάλυσης εκπονείται εκ νέου γεωμετρική αποτύπωση με την πλέον εξελιγμένη μέθοδο. Τα αποτελέσματα της σάρωσης ψηφιοποιούνται, όπως περιγράφηκε προηγουμένως, δημιουργώντας το τρισδιάστατο μοντέλο και τις διδιάστατες απεικονίσεις του. Η απόδοση αυτή γίνεται στη βασική σειρά σχεδίων (γενικές κατόψεις, όψεις, τομές) του τμήματος που σαρώθηκε σε κλίμακα 1/50 όπως είναι σύνηθες. Η κλίμακα αυτή δίνει τη δυνατότητα της εις βάθος κατανόησης του συγκεκριμένου τύπου κτιρίου και παράλληλα με ορισμένες επιπλέον λεπτομέρειες μεγαλύτερης κλίμακας μπορεί να οδηγήσει στην πρόταση τεκμηριωμένων επεμβάσεων. Όμως να σημειωθεί ότι, όπως είναι φυσικό, εκτελείται μια αφαίρεση της πραγματικής 1/1 κατάστασης σε κάθε κλίμακα σχεδιασμού. Έτσι και εδώ το μοντέλο που δημιουργείται σε πρώτη φάση (Εικόνα 5.19) παρουσιάζει την ιδεατή κατάσταση των δεδομένων. Σε δεύτερη ανάγνωση, όπως προβλέπεται από τη βιβλιογραφία και αναγνωρίζεται η διαφορά μεταξύ αρχιτεκτονικής τεκμηρίωσης και καταγραφής

παθολογίας, σημειώνονται και καταγράφονται οι αποκλίσεις του δεδομένου νέφους σημείων από την «κανονική» μορφή. Στο σημείο αυτό γίνεται κατανόηση των εξαιρετικών δυνατοτήτων της επίγειας σάρωσης για το σκοπό αυτό, καθώς με ακρίβεια εκατοστού μπορούν να καταγραφούν στον τρισδιάστατο χώρο οι φθορές και αποκλίσεις και ανά πάσα στιγμή να ανατρέξει ο μηχανικός σε αυτή την πληροφορία. Παρόλα αυτά, η ψηφιοποίηση ή μοντελοποίηση των δεδομένων αυτών στο σύνολό τους κρίνεται ότι δεν πρέπει να γίνεται αυτοσκοπός. Στο παράδειγμα των ταβανιών του κτιρίου (Εικόνα 5.23), όπου ακόμα και από επιτόπια παρατήρηση είναι εμφανής η κάμψη που έχει προκληθεί στον φέροντα οργανισμό και στο μπαγδατί, ο σαρωτής καταγράφει και αποθηκεύει κάθε σημείο της επιφάνειας αυτού. Οι δισδιάστατες αποδόσεις της παθολογίας οφείλουν να παρουσιάζουν την υφιστάμενη παραμόρφωση του σημείου που παρουσιάζουν, η μοντελοποίηση για την παρουσίαση όμως της αρχιτεκτονικής μορφής/δομής ολοκληρώνεται με αφαίρεση, ενώ πάντα υπάρχει δυνατότητα εισαγωγής παραμέτρου για σχολιασμό (λεκτική πληροφορία – επεξήγηση). Κάθε φορά η απόδοση εξαρτάται από τον τύπο του μνημείου, το σκοπό της έρευνας και εκτελείται υπό κλίμακα καθώς πρόκειται για χρονοβόρα διαδικασία και οφείλει να εκτελείται στοχευμένα.



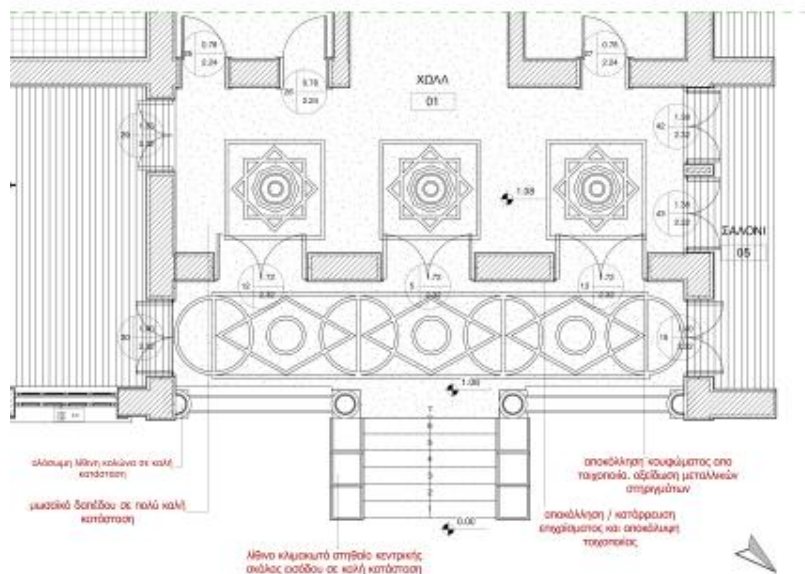
Εικόνα 5.23: Νέφος σημείων επί του δημιουργημένου μοντέλου. Εμφάνιση μετρίσιμων αποκλίσεων της παρούσας κατάστασης (νέφος) από την κανονική μορφή του ψηφιακού μοντέλου.

Εν συντομία η διαδικασία αυτή εντός του Revit μπορεί εν μέρει (καθότι υπάρχουν πλέον εξειδικευμένα λογισμικά για το σκοπό αυτό πχ Tekla Structures, Ecotect Autodesk κλπ) να προσεγγιστεί από τη μορφή του κατασκευαστικού φορέα (κυρίως από την καρτέλα Structure της γραμμής εργαλείων) και των υλικών που αποδίδονται σε αυτόν, τα οποία μπορούν να φέρουν συγκεκριμένα τεχνικά χαρακτηριστικά φυσικής και ενεργειακής απόδοσης, που προκύπτουν από τους κατασκευαστές ή έτοιμες βιβλιοθήκες του λογισμικού. Φυσικά πρόκειται για ένα εργαλείο μιας πρώτης ανάγνωσης και καταγραφής για τον αρχιτέκτονα και σε βάθος εκτελείται υπό την καθοδήγηση του πολιτικού μηχανικού.

Επίσης, τα δεδομένα που εισάγονται και τα προϊόντα αυτών εντός λογισμικού, είναι ανά πάσα στιγμή διαθέσιμα στο χρήστη. Αποτελούν μια βάση δεδομένων, από την οποία μπορούν να προκύψουν ποιοτικά και ποσοτικά συμπεράσματα. Εν ολίγοις πέρα από τα 2D, 3D σχέδια (Εικόνα 5.24), αποδίδονται εξίσου πίνακες (διαδικασία Schedule) με τα στοιχεία αυτά (Εικόνα 5.25).



εγκάρσια τομή ββ



Εικόνα 5.24: Με την εισαγωγή παραμέτρων για τη δημιουργία πεδίου σχολιασμού των επιμέρους αρχιτεκτονικών ή ιστορικών στοιχείων, καταγραφή της παθολογίας κλπ, παρουσιάζεται λεκτική πληροφορία σε επίπεδο τομής, κάτοψης.

<σχολιασμός κατάστασης διατήρησης στοιχείων μοντέλου>

A	B	C	D
existing condition	Family	Family and Type	Category
συνθετο κούφωμα "γαλλικού τύπου". αποφλοίωση χρώματος λόγω έλλειψης συντήρησης.	main windows	main windows: Window Sarlidja	Windows
ξύλινος ΦΟ πατώματος. παρατήρηση τοπική σήψη και θραύση των ξύλινων δοκών	M_Concrete-Rectangul	M_Concrete-Rectangular Beam: 0.22x0.44	Structural Framing
ξύλινες ταμπλαδοειδές εξώθυρες. αποφλοίωση χρώματος και θραύση υαλοπινάκων τοπικά. τ	main front door	main front door	Doors
μέτρια κατάσταση διατήρησης.	main windows	main windows: Window Sarlidja	Windows
λίθινη κλίμακα σε καλή κατάσταση	skala-toixos dexia	skala-toixos dexia: skala-toixos dexia	Columns
λίθινα φουρούσια σε καλή κατάσταση διατήρησης που φέρουν λίθινο εξώστη	stoned corbel A type	stoned corbel A type: stoned corbel A type	Structural Framing
λίθινα φουρούσια σε καλή κατάσταση που φέρουν λίθινο εξώστη του ορόφου.	stoned corbel B	stoned corbel B: stoned corbel B	Structural Framing
εσωτερικά ταμπλαδοειδή κουφώματα σε καλή κατάσταση	entrance hall door wid	entrance hall door width 1.33: entrance hall door	Doors
εξωτερικά ταμπλαδοειδή κουφώματα σε καλή κατάσταση διατήρησης.	side balcony outside d	side balcony outside door: side balcony outside	Doors
αποφλοίωση χρώματος λόγω έλλειψης συντήρησης κουφώματος	main windows	main windows: Window Sarlidja	Windows
σποκώληση κουφώματος από τοιχοποιία. οξείδωση μεταλλικών στηριγμάτων	main front door	main front door: main front door	Doors

Εικόνα 5.25: Παράδειγμα Schedule σε περιβάλλον Revit. Εδώ εισάγεται παράμετρος για τον σχολιασμό της κατάστασης διατήρησης συγκεκριμένων families και παρουσιάζεται στο χρήστη σε μορφή πίνακα.

Τέλος, καθώς το BIM είναι εργαλείο σχεδιασμού και αφορά κατά κόρον νέες κατασκευές, είναι δυνατή και χρήσιμη η επέμβαση εντός του ίδιου project, προσθέτοντας νέα στοιχεία στο υπάρχον κτίριο, είτε «κατεδαφίζοντας» εικονικά και αντικαθιστώντας τμήματα αυτού. Η δυνατότητα δημιουργίας νέας φάσης κατασκευής που αντιστοιχεί στην επέμβαση αυτή, συγκεντρώνει όλα τα νέα στοιχεία, τα διαχωρίζει και ταυτόχρονα τα προβάλλει σε αρμονία με το υφιστάμενο τμήμα ως σύνολο (Εικόνα 5.27).



Εικόνα 5.26: Πρόταση αποκατάστασης και επανάχρησης του Σάρλιτσα Παλλάς καθώς και ανάδειξης, αξιοποίησης του περιβάλλοντος χώρου με προσθήκη νέας ξενοδοχειακής μονάδας. Η δημιουργία της άποψης είναι προϊόν σχεδιασμού BIM, ArchiCAD Graphisoft (Βουκλαρή 2015).

5.3 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΕΛΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Στο σημείο αυτό παρουσιάζονται οι τελικές αποδόσεις της τεκμηρίωσης και σχεδιασμού μέσω BIM που αφορούν στο τμήμα του κτιρίου που μελετήθηκε. Πρόκειται για καρτέλες 2D και 3D απόψεων του θέματος, καθώς και θεματικές αποδόσεις ζητημάτων που αφορούν την καλύτερη κατανόηση του μνημείου χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες του BIM. Φυσικά οι παρακάτω αποδόσεις είναι ενδεικτικές και το τελικό προϊόν διατίθεται προς περαιτέρω επεξεργασία και τροποποίηση ανάλογα με τις ανάγκες ανάδειξης που προκύπτουν κάθε φορά. Τέλος να σημειωθεί ότι τα σχέδια και οι πληροφορίες που φέρουν, πέρα από τη γεωμετρική πληροφορία που στηρίχθηκε στην τρισδιάστατη σάρωση που υλοποιήθηκε επί τούτω, εμπλουτίστηκαν με στοιχεία από επί τόπια παρατήρηση και σύγκριση με προηγούμενη αποτύπωση (Βουκλαρή 2015).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως στόχο την μελέτη των γεωδαιτικών μεθόδων και εργαλείων για την ολοκληρωμένη τεκμηρίωση μνημείων και την μετέπειτα επεξεργασία μέσω της μεθοδολογίας BIM για την ψηφιοποίηση και παρακολούθηση των μνημείων αυτών καθώς και σχεδιασμό και οργάνωση μελλοντικών επεμβάσεων. Από την παραπάνω εφαρμογή και το σύνολο της σειράς σχεδίων που δημιουργήθηκε κατά την εκτέλεσή της, δίνεται μια ολοκληρωμένη εικόνα για το μνημείο στην παρούσα κατάστασή του, ενώ οι τεχνικές που ακολουθήθηκαν κατά την αποτύπωση και επεξεργασία των δεδομένων κρίνεται ότι συνέβαλλαν θετικά στη διαδικασία αυτή.

Πιο συγκεκριμένα, αρχικά η τρισδιάστατη σάρωση με laser απέδωσε με μεγάλη ταχύτητα και υψηλή ακρίβεια τα πρωτογενή δεδομένα της αποτύπωσης του κτιρίου μελέτης. Εντός ολίγων ωρών της ίδιας ημέρας, και παρά τις όποιες απρόβλεπτες καιρικές μεταβολές παρουσιάστηκαν, το υπό μελέτη τμήμα σαρώθηκε, και αποδόθηκε επί τόπου το νέφος σημείων για κάθε σάρωση, ορατό στο εξωτερικό μέσο ελέγχου (ipad). Η ποιότητα κάθε σάρωσης, παρότι ορίζεται αρχικά, μπορεί να ελεγχθεί επί τόπου κατά το πέρας αυτής και αν κρίνεται απαραίτητο να επαναληφθεί. Φυσικά τα λεπτομερή αποτελέσματα της ποιότητας των νεφών και της συνένωσης αυτών δίνονται μετά από επεξεργασία στο εργαστήριο/γραφείο. Η χρήση του συγκεκριμένου σαρωτή (Leica BLK 360) παρέχει ευελιξία στη διαδικασία, γεγονός που οφείλεται στις μικρές διαστάσεις και υψηλές αποδόσεις του οργάνου. Όμως για την ολοκλήρωση της διαδικασίας, καθώς δεν μπορεί να γίνει οριζοντίωση του οργάνου, είναι απαραίτητη η λήψη ορισμένων συντεταγμένων σημείων (στόχων) με χρήση Γεωδαιτικού Σταθμού. Επιπλέον, όπως προαναφέρθηκε η ποιότητα και φωτεινότητα σάρωσης ορίζονται επί τόπου μέσω του εξωτερικού μέσου ελέγχου ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες του περιβάλλοντος, επομένως διαφοροποιούνται ανάλογα με το τμήμα σάρωσης. Έτσι στο εσωτερικό του κτιρίου που σαρώθηκε πρώτα δεν υπάρχει έντονος φωτισμός καθώς τα περισσότερα κουφώματα της πρόσοψης φέρουν επικάλυψη από ξύλινες σανίδες, και σίγουρα προέρχεται μόνο από φυσικά μέσα. Ως αποτέλεσμα διακρίνονται περιοχές του νέφους με παρουσία θορύβου ή σκιών (τοπικών κενών του νέφους που οφείλονται σε αποκρύψεις), οι οποίες όμως είναι διακριτές, δεν εμποδίζουν την τρισδιάστατη μοντελοποίηση και κατανόηση του χώρου και των δομικών στοιχείων από το νέφος αφενός. Η συγκεκριμένη αδυναμία θα μπορούσε να βρει λύση μέσω της Φωτογραμμετρικής μεθόδου, όμως κρίθηκε ότι θα υπερέβαινε το πλαίσιο της παρούσας εργασίας. Γι' αυτό κατά τη δημιουργία των δισδιάστατων τομών με απόδοση χρωματικής υφής (ουσιαστικά πρόκειται για εναπόθεση του νέφους σημείων επί του BIM μοντέλου) χρειάστηκε να επεξεργαστούν επιπλέον ορισμένα σημεία (Εικόνα 6.1). Αντιθέτως κατά τη σάρωση της εξωτερικής όψης του τμήματος μελέτης η φωτεινότητα είναι έντονη, και γενικά πέρα από αποκρύψεις στη βάση του κτιρίου λόγω βλάστησης, δεν παρατηρείται άλλο σημαντικό κενό που έχει να κάνει με τη σάρωση.



Εικόνα 6.1: διακρίνονται ορισμένα τμήματα του νέφους με χαμηλότερη φωτεινότητα (αριστερά, χώρος τραπεζαρίας) καθώς και τμήματα με παρουσία θορύβου επί της επιφάνειας του τοίχου. Κατά τη δημιουργία

αντίστοιχων οφωτομών οι περιοχές αυτές επεξεργάζονται σε περιβάλλον
Photoshop για την ορθότερη ανάγνωση των δεδομένων.

Ως προς τη χρήση λογισμικών BIM στην καταγραφή και διαχείριση μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς, έχοντας ήδη αναφέρει τα πλεονεκτήματα μια τέτοιας διεργασίας, γίνεται στην εφαρμογή αντιληπτό πως καθώς τα λογισμικά αυτά αναπτύχθηκαν για σύγχρονες κατασκευές, παρουσιάζουν ορισμένους περιορισμούς στον τομέα αυτό. Η πολύπλοκη γεωμετρία που παρουσιάζουν τα μνημεία από τη φύση τους, απαιτεί υψηλό επίπεδο εξοικείωσης αφενός με τα εργαλεία του BIM, καθώς και ακριβή στόχο της καταγραφής, ώστε να γίνει η διαδικασία αυτή λιγότερο προβληματική ή χρονοβόρα. Το λογισμικό Revit εν προκειμένω δίνει τη δυνατότητα διαφορετικής μεθοδολογίας σχεδιασμού από τις συνήθεις πρακτικές (δισδιάστατης σχεδίασης ή δημιουργίας 3d μοντέλου επιφάνειας), μέσω παραμετροποίησης έτοιμων Families αντικειμένων, δημιουργίας νέων Families, μοντελοποίησης με στοιχεία In place κοκ, και έτσι ανταποκρίνεται στις εκάστοτε απαιτήσεις του θέματος, χρησιμοποιώντας ως υπόβαθρο δεδομένη πληροφορία σε μορφή νέφους ή CAD. Να σημειωθεί όμως ότι σε ορισμένες περιπτώσεις, όπου ενδεικνύται η σχεδίαση τυποποιημένων Families (κουφώματα, φουρούσια, υποστυλώματα κλπ), ώστε να χρησιμοποιηθούν σε επανάληψη εντός του τελικού project πρακτικά η χρήση υποβάθρου είναι ανέφικτη και αποτελεί αδυναμία του λογισμικού. Στις περιπτώσεις αυτές για το σχεδιασμό των Families, δημιουργήθηκαν κάποιοι βοηθητικοί άξονες μεταφέροντας τις διαστάσεις από το νέφος εντός του project, γεγονός που καθυστέρησε τη διαδικασία μοντελοποίησης.

Επιπλέον, οφείλει εξ αρχής να γίνεται αποσαφήνιση του σκοπού της εκάστοτε μελέτης τεκμηρίωσης, της κλίμακας απόδοσης και κατά συνέπεια επεξεργασίας εντός λογισμικού BIM. Όπως παρουσιάζεται και στη βιβλιογραφία (Μπούρας 2010) η συνηθισμένη μορφή απόδοσης της υφιστάμενης κατάστασης μιας κατασκευής είναι δύο διαστάσεων, μέσο αρκετά ευέλικτο αφενός, που όμως χρησιμοποιώντας ένα κοινό λεξιλόγιο μεταξύ των μηχανικών είναι δυνατό σε μια σειρά σχεδίων και θεματικών χαρτών, με πλήθος τομών και κατόψεων σε χαρακτηριστικά σημεία, να αποδοθεί η πληροφορία που ζητείται. Φυσικά η τρισδιάστατη άποψη του θέματος μελέτης βοηθάει επιπλέον στην κατανόηση της κατασκευής, όμως σε ορισμένες περιπτώσεις η καταγραφή της παθολογίας ενός μνημείου δεν σημαίνει και την τρισδιάστατη ανακατασκευή του. Ξανά εδώ τίθεται ως προβληματισμός η ψηφιοποίηση της ιδιαίτερης μορφολογίας ενός μνημείου, λόγω των αρχιτεκτονικών στοιχείων που συχνά διαφέρουν από τα σύγχρονα τυποποιημένα στοιχεία –τα οποία κατά κόρον καλείται να αποδώσει το BIM- και επιπλέον των παραμορφώσεων που προκαλούνται σε αυτό λόγω φθοράς, που συνήθως υπάρχει λόγω παλαιότητας είτε και πλήρους εγκατάλειψης, όπως στην παρούσα εφαρμογή. Το BIM ως εργαλείο απόδοσης στηρίζεται στην τρισδιάστατη σχεδίαση και την αυτόματη ενημέρωση όλων των απόψεων (κατόψεων, τομών, όψεων, τρισδιάστατου μοντέλου). Κρίνεται δόκιμο επομένως στην παρούσα εργασία να γίνει αρχικά η προσέγγιση της υφιστάμενης κατάστασης του κτιρίου, ανακατασκευάζοντάς το με τα δομικά στοιχεία του Revit, ακολουθώντας το νέφος σημείων, δημιουργώντας έτσι το τρισδιάστατο πληροφορικό μοντέλο και όλες τις ενδεχόμενες 2D αποδόσεις αυτού, αναπαράγοντας το δομικό σύστημα αρχικά, και έπειτα προσθέτοντας λεπτομέρειες ορατές στην τελική κλίμακα απόδοσης (1/50). Στη συνέχεια τα σημεία που παρουσιάζουν μεγάλη παραμόρφωση και συνεπώς απόκλιση μεταξύ νέφους και μοντέλου, όπως ορισμένα ταβάνια, ξύλινα φέροντα δοκάρια, θραύση και απόπλυση λίθινων τμημάτων κλπ, σημειώνονται μόνο τοπικά σε δύο διαστάσεις χωρίς να επηρεάσουν το υπόλοιπο μοντέλο. Τέλος, ο μηχανικός μπορεί ανά πάσα στιγμή να ανατρέξει στο νέφος σημείων που έχει εισαχθεί στο Project, ως μέσο σύγκρισης της ιδεατής – ορθής κατάστασης ανακατασκευής του 3D σε σχέση με το νέφος και να μετρήσει την απόκλιση μεταξύ τους.

Τα διαθέσιμα παράγωγα – θεματικοί χάρτες, σχέδια - της παρούσας εργασίας είναι αποτέλεσμα του λογισμικού Revit, καθώς διαθέτει τη δυνατότητα και τα εργαλεία για την οργάνωση της τελικής

παρουσίασης, χρησιμοποιώντας ενεργές απόψεις του μοντέλου και των δισδιάστατων απόψεων αυτού, συμβάλλοντας στην οργάνωση και την ταχύτητα της διαδικασίας εκτύπωσης-παρουσίασης.

Όπως προαναφέρθηκε, αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη μιας μεθοδολογίας τεκμηρίωσης, επομένως όσον αφορά την γενική κατάσταση του κτιρίου μελέτης, η παρούσα εργασία δεν μπορεί από μόνη της να προβεί σε συνολικά συμπεράσματα για το μνημείο, καθώς αποτυπώθηκε ενδεικτικά μεμονωμένο τμήμα αυτού, το οποίο μάλιστα τυχαίνει να εμφανίζεται σε μέτρια κατάσταση. Οι περισσότερες φθορές συγκεντρώνονται στους παραπάνω ορόφους και οφείλονται και επιβαρύνονται εξίσου σε μεγάλο βαθμό στην καταστροφή τμήματος της στέγης, γεγονός που κατατάσσει το κτίριο σε κακή κατάσταση. Όμως η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία θα μπορούσε δυνητικά να αποτελέσει βάση για την ταχεία και ακριβή τεκμηρίωση ενός σημαντικού μνημείου, στο οποίο δυστυχώς μέχρι στιγμής δεν έχει υλοποιηθεί οποιαδήποτε παρέμβαση για την ανάδειξη και προστασία του. Επιπλέον θα ήταν εφικτή και προτείνεται η δημιουργία ψηφιακής πλατφόρμας τόσο για την οργάνωση εργασιών αποκατάστασης, όσο και την προβολή με εύληπτο τρόπο (3d μοντέλο, νέφος σημείων, καθώς και απόψεις της ενδεχόμενης μελλοντικής μορφής του συνόλου), σε μη εξοικειωμένα άτομα ή στην τοπική κοινωνία.

Συμπερασματικά, από την παραπάνω εφαρμογή τεκμηρίωσης τμήματος του ξενοδοχείου Σάρλιτζα Παλλάς και το θεωρητικό υπόβαθρο που προηγήθηκε, διαπιστώνεται ότι η συμβολή αφενός της τρισδιάστατης σάρωσης laser και η μετέπειτα επεξεργασία μέσω λογισμικού BIM οδηγεί στην ολοκληρωμένη μελέτη και διαχείριση ενός μνημείου. Πρόκειται για τις πλέον σύγχρονες και δυναμικές λύσεις ως προς την αποτύπωση μιας υφιστάμενης κατασκευής – μνημείου αρχικά, και της ψηφιακής ανακατασκευής και διαχείρισής της σε βάθος χρόνου στη συνέχεια. Συνδυάζοντας τα πλεονεκτήματα αυτά, υπό την επίβλεψη και την καθοδήγηση των κατάλληλων μηχανικών, είναι δυνατόν να εξαχθούν ορθά και εύχρηστα συμπεράσματα για οποιοδήποτε θέμα μελέτης και να δημιουργηθεί μια βάση δεδομένων για την παρακολούθηση αυτού σε όλο τον κύκλο ζωής του.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΠΗΓΕΣ

- Ε. Βουκλαρή* (2015). Διπλωματική εργασία: Αποκατάσταση και επανάχρηση του «Σάρλιτσα Παλλάς» στη Θερμή Μυτιλήνης. Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών.
- Ι. Βενέρης* (2011). Πληροφορική και Αρχιτεκτονική. Έννοιες και Τεχνολογίες. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.
- Λ. Γραμματικόπουλος, Η. Καλησπεράκης, Γ. Καρράς Γ., Δ. Μαυρομάτη, Ε. Πέτσα*, «Σύγχρονες ψηφιακές τεχνικές τεκμηρίωσης στην επίγεια φωτογραμμετρία», 2006.
- Λ. Γραμματικόπουλος* (2007). Διδακτορική διατριβή: Γεωμετρική πληροφορία από μεμονωμένες εικόνες στη Φωτογραμμετρία και την Όραση Υπολογιστών. Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, ΕΜΠ.
- Ι. Καραδέδος* (2009). Ιστορία και Θεωρία της Αποκατάστασης, Μέθεξις, Θεσσαλονίκη.
- Χ. Μπούρας* (1983). Σημειώσεις του μαθήματος «Αποκαταστάσεως των μνημείων Ι», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σπουδαστήριο Ιστορίας της Αρχιτεκτονικής, Αθήνα.
- Χ. Μπούρας, Π. Τουρνικιώτης* (2010). Συντήρηση, αναστήλωση και αποκατάσταση μνημείων στην Ελλάδα 1950-2000, Πολιτιστικό Ίδρυμα Ομίλου Πειραιώς, Αθήνα.
- Μ. Νομικός* (2004). Αποκατάσταση Επανάχρηση Ιστορικών Κτιρίων και Συνόλων. Μεθοδολογία – Εφαρμογές. Τμήμα Αρχιτεκτόνων ΑΠΘ.
- Π. Πατιάς* (1991). Εισαγωγή στη Φωτογραμμετρία, εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη.
- Ε. Δ. Πέτσα* (2011). Συστήματα αναπαραστάσεων και επίλυση προβλημάτων αρχιτεκτονικού σχεδιασμού. Διδακτορική διατριβή. Αθήνα: ΕΜΠ. Σχολή Αρχιτεκτόνων. Τομέας 1 Αρχιτεκτονικού Σχεδιασμού.
- Ε. Πέτσα* (2000). Θεμελιώδης Έννοιες και Θεμελιώδη Προβλήματα της Φωτογραμμετρίας, Σημειώσεις Τμήμα Τοπογραφίας ΤΕΙ Αθήνας.
- Α. Πορτελάνος* (1987). Συμβολή στη μελέτη της παθολογίας των κτηρίων, Διαχρονική παρακολούθηση φωτογραμμετρικά αρχεία, Προστασία Μνημείων και Συνόλων, τόμος Β, τεχνική περιοδική έκδοση ΥΠΠΟ, Αθήνα.
- Ν. Χαρκιολάκης* (2011). Η σωστή αποτύπωση ως αναγκαίος όρος της σωστής αναστήλωσης των μνημείων. ΕΜΠ Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας, καθηγητής Δρ. Α. Γεωργόπουλος, κύκλος μεταπτυχιακών μαθημάτων ακαδημαϊκού έτους 2011-2012, Αθήνα.
- A COTAC Report* (2014). Integrating Digital Technologies in Support of Historic Building Information Modelling: BIM4Conservation (HBIM), Ingvál Maxwell OBE DADun RIBA FRIAS CAABC ACA FSAScot, Chairman: Conference on Training in Architectural Conservation (COTAC), April 2014.

C. Achille, N. Lombardini, C. Tommasi (2015). BIM and cultural heritage: compatibility tests in an archaeological site. Building Information Modelling (BIM) in Design, Construction and Operations, 3D Survey Group, ABC Department, Politecnico di Milano, Italy.

A. Adami, B. Scala, A. Spezzoni (2017). Modelling And Accuracy In A Bim Environment For Planned Conservation: The Apartment Of Troia Of Giulio Romano. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W3, 2017, 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, 1–3 March 2017, Nafplio, Greece.

Y. Arayici, (2008). Towards building information modeling for existing structures. University of Salford, UK.

Blake B.,CIPA, Metric Survey for Heritage documentation, A manual for teaching Metric Survey Skills.

A. Bregianni (2013). Diploma Thesis: BIM Development for Cultural Heritage Management. National Technical University of Athens, School of Rural & Surveying Engineering, Lab of Photogrammetry - Politecnico di Milano School of Architecture, B.E.S.T Department.

H. Cheng, W. Yang, Y. Yen (2015). BIM applied in historical building documentation and refurbishing. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-5/W7, 2015, 25th International CIPA Symposium 2015, 31 August – 04 September 2015, Taipei, Taiwan.

F. Chiabrando, M. Lo Turco, F. Rinaudo, (2017). Modeling The Decay In An Hbim Starting From 3d Point Clouds. A Followed Approach For Cultural Heritage Knowledge. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W5, 2017 26th International CIPA Symposium 2017, 28 August–01 September 2017, Ottawa, Canada.

A. Ciribini, S. Mastrolembo Ventura, M. Paneroni, (2015). BIM methodology as an integrated approach to heritage conservation management, Department of Civil Engineering and Architecture (DICATAM), University of Brescia, Italy.

C. Eastman, D. Fisher, G. Lafue, J. Lividini, D. Stoker, C. Yessios (1974). An Outline of the Building Description System. Research Report No. 50, Carnegie – Mellon Univ., Pittsburg, Institute of Physical Planning.

S. Fai, K. Graham, T. Duckworth, N. Wood, R. Attar (2011). Building Information Modelling And Heritage Documentation. CIPA 2011 Conference Proceedings: XXIIIrd International CIPA Symposium.

Y. Furukawa, R. Szeliski (2009). Reconstructing Building Interiors from Images. IEEE 12th International Conference on Computer Vision, 29 September-2 October 2009, Kyoto, Japan.

Historic England (2017). BIM for Heritage: Developing a Historic Building Information Model. Swindon. Historic England.

ICOMOS, Guide to Recording Historic Buildings, London: Butterworth ISBN 0 7506 1210 X.

K. Khoshelham, L. Diaz-Vilarino (2014). 3D Modeling of interior spaces: Learning the language of indoor Architecture, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial

Information Sciences, Volume XL-5, 2014, ISPRS Technical Commission V Symposium, 23-25 June 2014, Riva del Garda, Italy.

S. Logothetis, A. Delinasiou, E. Stylianidis (2015). Building Information Modelling For Cultural Heritage: A Review. Aristotle University of Thessaloniki, Faculty of Engineering, School of Spatial Planning & Development, Thessaloniki, Greece, ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume II-5/W3, 2015, 25th International CIPA Symposium 2015, 31 August – 04 September 2015, Taipei, Taiwan.

H. Macher, T. Landes, P. Grussenmeyer (2017). From Point Clouds to Building Information Models: 3D Semi-Automatic Reconstruction of Indoors of Existing Buildings. www.mdpi.com/journal/applsci

D. Oreni, R. Brumana, A. Georgopoulos, B. Cuca (2013). HBIM for conservation and management of built heritage: towards a library of vaults and wooden beam floors. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume II-5/W1, XXIV International CIPA Symposium, 2 – 6 September 2013, Strasbourg, France.

E. Petsa, L. Grammatikopoulos, I. Kalisperakis, G. Karras, V. Pagounis (2007). Laser scanning and automatic multi-image texturing of surface projections. Proc. XXI CIPA International Symposium, Athens, 1-6 October, pp. 579-584.

D. Pocobelli, J. Boehm, P. Bryan, J. Still, J. Bove (2018). BIM for heritage science: a review. Springer Open, <https://doi.org/10.1186/s40494-018-0191-4> .

D. Pritchard , J. Sperner, S. Hoepner, R. Tenschert (2017). Terrestrial laser scanning for heritage conservation: the Cologne Cathedral documentation project. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume IV-2/W2, 26th International CIPA Symposium 2017, 28 August–01 September 2017, Ottawa, Canada.

Y. Reshetyuk (2006). Calibration of terrestrial laser scanners for the purpose of geodetic engineering. 3rd IAG / 12th FIG Symposium, Baden, May 22-24.

Y. Reshetyuk (2009). Self-calibration and direct georeferencing in terrestrial laser scanning. KTH, Department of Transport and Economics, Division of Geodesy, Stockholm.

D. Simeone, S. Cursi, I. Toldo, G. Carrara, (2014). BIM and Knowledge Management for Building Heritage. Sapienza University of Rome, <https://www.researchgate.net/publication/268034993>.

T. Schulz (2007). Calibration of a terrestrial laser scanner for engineering geodesy. ETH Zurich.

M. Zheliazkova, R. Naboni, I. Paoletti (2016). A parametric-assisted method for 3D generation of as-built BIM models for the built heritage. Structural Studies, Repairs and Maintenance of Heritage Architecture XIV, ACTLAB, Department ABC, Politecnico di Milano, Italy.

<https://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim>

<https://lasers.leica-geosystems.com/blk360>

Παράρτημα



LEICA BLK360 IMAGING SCANNER

3D REALITY. NOW.



BLK360 PRODUCT SPECIFICATIONS

GENERAL

Imaging scanner 3D scanner with integrated spherical imaging system and thermography panorama sensor system

DESIGN & PHYSICAL

Housing Black anodized aluminium
Dimensions Height: 165 mm / Diameter: 100 mm
Weight 1kg
Transport cover Hood with integrated floorstand
Mounting mechanism Button-press quick release

OPERATION

Stand-alone operation One-button operation
Remote operation iPad app, Apple iPad Pro® 12.9"/iOS 10 or later
Wireless communication Integrated wireless LAN (802.11 b/g/n)
Internal memory Storage for > 100 setups
Instrument orientation Upright and upside down

POWER

Battery type Internal, rechargeable Li-Ion battery (Leica GEB212)
Capacity Typically >40 setups

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) / 300° (vertical)
Range* min. 0.6 - up to 60 m
Point measurement rate up to 360'000 pts / sec
Ranging accuracy* 4mm @ 10m / 7mm @ 20m
Measurement modes 3 user selectable resolution settings

IMAGING

Camera System 15 Mpixel 3-camera system, 150Mpx full dome capture, HDR, LED flash Calibrated spherical image, 360° x 300°
Thermal Camera FLIR technology based longwave infrared camera
Thermal panoramic image, 360° x 70°

PERFORMANCE

Measurement speed < 3 min for complete full dome scan, spherical image & thermal image
3D point accuracy* 6mm @ 10m / 8mm @ 20m

ENVIRONMENTAL

Robustness Designed for indoor and outdoor use
Operating temperature +5 to +40° C
Dust/Humidity Solid particle/liquid ingress protection IP54 (IEC 60529)

DATA ACQUISITION

Live image and scanned data streaming
Live data viewing and editing
Automatic tilt measurements

All specifications are subject to change without notice.
All accuracy specifications are one sigma unless otherwise noted.
* at 78% albedo
Copyright Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Switzerland 2017.



Leica FlexLine TS02plus

ANGLE MEASUREMENT (HZ, V)	
Accuracy ¹⁾	3" (1 mgon) / 5" (1.5 mgon) 7" (2 mgon)
Method	Absolute, continuous, diametrical: at all models
Display resolution	0.1" / 0.1 mgon / 0.01 mil
Compensation	Quadruple Axis compensation: at all models
Compensator setting accuracy	1" / 1.5" / 2"
Compensator range	0.07 gon
Endless Drives	Smooth movements with no de- layed response time
DISTANCE MEASUREMENT WITH REFLECTOR	
Range ²⁾ Round prism (Leica GPR1)	3.500 m
Range ²⁾ Reflective tape (60 mm x 60 mm)	250 m > 500 m ⁴⁾
Accuracy ³⁾	Precise+: 1.5 mm + 2.0 ppm Precise Fast: 2.0 mm + 2.0 ppm Tracking: 3.0 mm + 2.0 ppm
Typical Measurement time ⁴⁾	2.0 s
Measurement time while in "Precise+" mode	2.4 s
DISTANCE MEASUREMENT WITHOUT REFLECTOR ⁷⁾	
Range ³⁾ PinPoint R500	500 m
Accuracy ⁴⁾	2 mm + 2 ppm
Laser dot size	At 30 m: approx. 7 x 10 mm At 50 m: approx. 8 x 20 mm
DATA STORAGE / COMMUNICATION	
Internal memory	Max.: 24,000 fixpoints, Max.: 13,500 measurements
Interfaces	Serial (Baudrate up to 115 200)
Data formats	GS / DKF / LandXML / CSV / user definable ASCII formats
TELESCOPE	
Magnification / Resolving power	30 x / 3"
Field of View	1° 30' (1.66 gon) 2.7 m at 100 m
Focusing range	1.7 m to infinity
Reticle	Illuminated, 10 brightness levels
KEYBOARD AND DISPLAY	
Keyboard and Display	Simple alpha-numerical keyboard with high resolution, Black & white display, Graphics, 160 x 288 pixels, display illuminated, 5 brightness levels
Position	Face I, Face II
OPERATING SYSTEM	
Windows CE	5.0 Core
LASERPLUMMET	
Type	Laser point, 5 brightness levels
Centering accuracy	1.5 mm at 1.5 m
BATTERY	
Type	Lithium-Ion
Operating time ⁴⁾	Approx. 30 hours
Battery charging time	2.3 hours
WEIGHT	
TS including GE8211 and tribrach	5.1 kg
ENVIRONMENTAL	
Temperature range (operation)	-20° C to +50° C (-4° F to +122° F) Arctic Version -35° C to 50° C (-31° F to +122° F)
Dust / Water (IEC 60529) Humidity	IP55, 95%, non condensing
LEICA FLEXFIELD PLUS ONBOARD SOFTWARE	
Included Application Programs:	Survey; Stake Out; Station Setup Including: Resection, Local Resection, Helmert Resection, Orientation (Angles & Coordinates), Height Transfer, Area (Plan & Surface); DTM Volume calculati- on; Tie Distance (M/M); Remote Height; Hidden Point; Backsight Check; Off- set; Reference Line;
Extra Application Programs:	Reference Arc; Reference Plane; COGO; Road 2D
THEFT PROTECTION	
	mySecurity, PIN/PUK code

Model Comparison: Configurations & Options of Manual Total Stations

	TS02PLUS	TS06PLUS	TS09PLUS	VIVA TS11
1" angular accuracy	-	○	○	○
Enhanced measurement accuracy to prism	1.5 mm + 2 ppm	1.5 mm + 2 ppm	1.5 mm + 2 ppm	1.0 mm + 1.5 ppm
Reflectorless measurement range	500 m option	500 m included/1000 m option	500 m included/1000 m option	500 m included/1000 m option
Display with graphics and display illumination	Black & White high resolution	Black & White high resolution	Q-VGA Colour & Touch	Full-VGA Colour & Touch
Full alpha-numerical keyboard with function keys	-	✓	✓	✓
Second Keyboard	○	○	○	○
Keyboard illumination	-	-	✓	✓
Electronic Guide Light	○	○	✓	✓
USB Type A and mini B	-	✓	✓	✓
Bluetooth® Wireless	-	✓	✓	✓
SD Card	-	-	-	✓
Imaging capability	-	-	-	○
Smart Station GNSS capability	-	-	-	○
Onboard software (package content)	FloxFeld plus (standard)	FloxFeld plus (advanced)	FloxFeld plus (full)	SmartWork Viva (pro)

Legend:

- 1) Standards deviation ISO-17123-3
2) Overcast, no haze, visibility about 40 km,
no heat shimmer.
3) Standards deviation ISO-17123-4
4) Prism Precise Fast mode

- 5) Under optimal conditions on Kosax
Grey Card (90% reflective). Maximum range
varies with atmospheric conditions, target
reflectivity and surface structure.

- 6) Single measurement every 30 seconds at 25° C. Battery time
may be shorter if battery is not new. Internal battery GE8222.

- 7) Reflectorless measurement time may vary according
to measuring objects, observation situations and envi-
ronmental conditions.
8) With R500 option using non-prism mode

- ✓ Included
○ Optional
- Not available



Cover picture:
Los Angeles skyline

Illustrations, descriptions and technical data are not binding. All rights reserved.
Printed in Switzerland - Copyright Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Switzerland
2013. 000010m - 06.10

Leica Geosystems AG
leica-geosystems.com



- when it has to be right



cloud constraint diagnostics

Cloud/Mesh 1 [BLK360_3502029_Setup22 : BLK360_3502029_Setup28]

Alignment 11 of 11:

Translation: (0.025, 0.081, 0.005) m
Rotation: (-0.0003, -0.0013, 1.0000):-73.384 deg

Objective Function Value: 2.10289e-05 sq m

Iterations: 39

Overlap Point Count: 363570

Overlap Error Statistics

RMS: 0.00822671 m

AVG: 0.00484323 m

MIN: 4.70791e-09 m

MAX: 0.0492981 m

Overlap Center: (2.173, 0.475, 0.470) m

Filter Parameters

Max Search Distance: 0.100 m

Subsample Percentage: 50.00

Stopping Criteria

Max Iterations: 100

Alignment 10 of 11:

Translation: (0.025, 0.081, 0.005) m
Rotation: (-0.0003, -0.0013, 1.0000):-73.384 deg

Objective Function Value: 2.18492e-05 sq m

Iterations: 41

Overlap Point Count: 362840

Overlap Error Statistics

RMS: 0.00818087 m

AVG: 0.00482495 m

MIN: 1.36674e-08 m

MAX: 0.0492635 m

Overlap Center: (2.165, 0.448, 0.474) m

Filter Parameters

Max Search Distance: 0.100 m

Subsample Percentage: 50.00

Stopping Criteria

Max Iterations: 100

Alignment 9 of 11:

Translation: (0.025, 0.081, 0.005) m
Rotation: (-0.0003, -0.0013, 1.0000):-73.383 deg

Objective Function Value: 2.12388e-05 sq m

Iterations: 20

Overlap Point Count: 364048

Overlap Error Statistics

RMS: 0.00820038 m

AVG: 0.00486113 m

MIN: 3.95079e-08 m

MAX: 0.0494395 m

Overlap Center: (2.176, 0.473, 0.475) m

Σελίδα 1

cloud constraint diagnostics

Filter Parameters
Max Search Distance: 0.100 m
Subsample Percentage: 50.00
Stopping Criteria
Max Iterations: 100

Alignment 8 of 11:

Translation: (0.025, 0.081, 0.005) m
Rotation: (-0.0003, -0.0013, 1.0000):-73.383 deg

Objective Function Value: 2.99993e-05 sq m
Iterations: 22

Overlap Point Count: 363234

Overlap Error Statistics

RMS: 0.00820627 m
AVG: 0.00485125 m
MIN: 1.45077e-08 m
MAX: 0.0496909 m

Overlap Center: (2.169, 0.474, 0.472) m

Filter Parameters

Max Search Distance: 0.100 m
Subsample Percentage: 50.00

Stopping Criteria

Max Iterations: 100

Alignment 7 of 11:

Translation: (0.025, 0.081, 0.005) m
Rotation: (-0.0003, -0.0013, 1.0000):-73.384 deg

Objective Function Value: 2.11147e-05 sq m
Iterations: 47

Overlap Point Count: 363980

Overlap Error Statistics

RMS: 0.00818319 m
AVG: 0.00482592 m
MIN: 3.02876e-08 m
MAX: 0.049302 m

Overlap Center: (2.145, 0.453, 0.477) m

Filter Parameters

Max Search Distance: 0.100 m
Subsample Percentage: 50.00

Stopping Criteria

Max Iterations: 100

Alignment 6 of 11:

Translation: (0.025, 0.081, 0.005) m
Rotation: (-0.0003, -0.0013, 1.0000):-73.383 deg

Objective Function Value: 2.12524e-05 sq m
Iterations: 20

Overlap Point Count: 363140

Overlap Error Statistics

cloud constraint diagnostics

RMS: 0.00823155 m
AVG: 0.00487661 m
MIN: 2.62211e-08 m
MAX: 0.0496621 m
Overlap Center: (2.173, 0.458, 0.471) m
Filter Parameters
Max Search Distance: 0.100 m
Subsample Percentage: 50.00
Stopping Criteria
Max Iterations: 100

Alignment 5 of 11:

Translation: (0.025, 0.081, 0.005) m
Rotation: (-0.0003, -0.0013, 1.0000):-73.384 deg

Objective Function Value: 2.10696e-05 sq m
Iterations: 38
Overlap Point Count: 362488
Overlap Error Statistics
RMS: 0.00820864 m
AVG: 0.00484085 m
MIN: 1.23925e-08 m
MAX: 0.0492967 m
Overlap Center: (2.165, 0.468, 0.471) m
Filter Parameters
Max Search Distance: 0.100 m
Subsample Percentage: 50.00
Stopping Criteria
Max Iterations: 100

Alignment 4 of 11:

Translation: (0.025, 0.081, 0.005) m
Rotation: (-0.0003, -0.0013, 1.0000):-73.383 deg

Objective Function Value: 2.12196e-05 sq m
Iterations: 19
Overlap Point Count: 363718
Overlap Error Statistics
RMS: 0.00823328 m
AVG: 0.00486767 m
MIN: 2.40591e-09 m
MAX: 0.0725218 m
Overlap Center: (2.196, 0.499, 0.471) m
Filter Parameters
Max Search Distance: 0.100 m
Subsample Percentage: 50.00
Stopping Criteria
Max Iterations: 100

Alignment 3 of 11:

Translation: (0.025, 0.081, 0.005) m
Rotation: (-0.0003, -0.0013, 1.0000):-73.384 deg

Σελίδα 3

cloud constraint diagnostics

Objective Function Value: 2.11272e-05 sq m
Iterations: 50
Overlap Point Count: 362662
Overlap Error Statistics
RMS: 0.00820751 m
AVG: 0.00483498 m
MIN: 2.44452e-08 m
MAX: 0.0492965 m
Overlap Center: (2.162, 0.466, 0.473) m
Filter Parameters
Max Search Distance: 0.100 m
Subsample Percentage: 50.00
Stopping Criteria
Max Iterations: 100

Alignment 2 of 11:

Translation: (0.025, 0.081, 0.005) m
Rotation: (-0.0003, -0.0013, 1.0000):-73.384 deg

Objective Function Value: 2.16876e-05 sq m
Iterations: 38
Overlap Point Count: 363836
Overlap Error Statistics
RMS: 0.00820306 m
AVG: 0.00483649 m
MIN: 4.29711e-09 m
MAX: 0.0493293 m
Overlap Center: (2.169, 0.469, 0.475) m
Filter Parameters
Max Search Distance: 0.100 m
Subsample Percentage: 50.00
Stopping Criteria
Max Iterations: 100

Alignment 1 of 11:

Translation: (0.025, 0.081, 0.005) m
Rotation: (-0.0003, -0.0013, 1.0000):-73.383 deg

Objective Function Value: 2.52409e-05 sq m
Iterations: 42
Overlap Point Count: 361006
Overlap Error Statistics
RMS: 0.00809067 m
AVG: 0.00478225 m
MIN: 1.86035e-08 m
MAX: 0.0496863 m
Overlap Center: (2.067, 0.433, 0.477) m
Filter Parameters
Max Search Distance: 0.100 m
Subsample Percentage: 50.00
Stopping Criteria

cloud constraint diagnostics
Max Iterations: 100

final registration diagnostics

Status: VALID Registration

Mean Absolute Error:

for Enabled Constraints = 0.004 m

for Disabled Constraints = 0.014 m

Date: 2018.10.08 13:07:36

Database name : SARLIZA

ScanWorlds

st-s1-georef.txt (Leveled)

ScanWorld [Registration 1]

Constraints

Constraint ID	ScanWorld	Status	Weight	Error	ScanWorld	Error Vector	Type	Horz
Vert								
unlabeled - 19	st-s1-georef.txt (Leveled)	ScanWorld [Registration 1]						
Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m	(-0.001, 0.000, -0.001) m				
0.001 m	-0.001 m							
unlabeled - 17	st-s1-georef.txt (Leveled)	ScanWorld [Registration 1]						
Coincident: Vertex - Vertex	Off	1.0000	0.014 m	(0.010, -0.003, -0.008) m				
0.011 m	-0.008 m							
unlabeled - 7	st-s1-georef.txt (Leveled)	ScanWorld [Registration 1]						
Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.004 m	(0.003, -0.003, 0.001) m				
0.004 m	0.001 m							
unlabeled - 16	st-s1-georef.txt (Leveled)	ScanWorld [Registration 1]						
Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.006 m	(-0.003, 0.005, -0.001) m				
0.006 m	-0.001 m							
unlabeled - 18	st-s1-georef.txt (Leveled)	ScanWorld [Registration 1]						
Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.000, 0.002, 0.001) m				
0.002 m	0.001 m							
unlabeled - 15	st-s1-georef.txt (Leveled)	ScanWorld [Registration 1]						
Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.005 m	(0.001, -0.004, 0.000) m				
0.005 m	0.000 m							

ScanWorld Transformations

st-s1-georef.txt (Leveled)

translation: (0.000, 0.000, 0.000) m

rotation: (0.0000, 1.0000, 0.0000):0.000 deg

ScanWorld [Registration 1]

translation: (0.097, -0.007, 1.401) m

rotation: (-0.0003, -0.0017, 1.0000):62.973 deg

Unused ControlSpace Objects

ScanWorld [Registration 1]:

Vertex : unlabeled

Σελίδα 1

final registration diagnostics

Vertex : TargetID : 9
Vertex : TargetID : 10
Vertex : TargetID : 8
Vertex : unlabeled
Vertex : unlabeled
Vertex : unlabeled
Vertex : TargetID : 19
Vertex : unlabeled
Vertex : TargetID : 11
Vertex : TargetID : 13
Vertex : TargetID : 14
Vertex : TargetID : 12
Vertex : unlabeled
Vertex : TargetID : 6
Vertex : TargetID : 9
Vertex : unlabeled
Vertex : TargetID : 5
Vertex : TargetID : 4
Vertex : TargetID : 1
Vertex : TargetID : 2
Vertex : TargetID : 3
Vertex : unlabeled
Vertex : TargetID : 1
Vertex : unlabeled
Vertex : unlabeled
Vertex : unlabeled
Vertex : unlabeled
Vertex : unlabeled
Vertex : unlabeled