



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

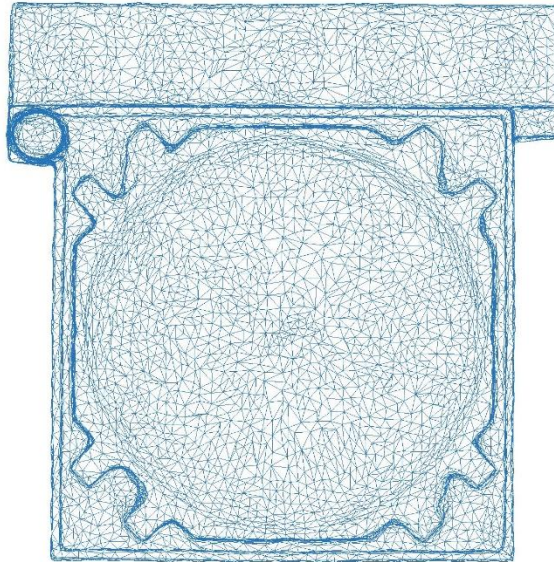
Σχολή Μηχανικών
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
Αρχιτεκτονική και Δομοστατική Αποκατάσταση
Ιστορικών Κτιρίων και Συνόλων



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Συγκριτική ανάλυση μεθοδολογιών γεωμετρικής τεκμηρίωσης
του Οθωμανικού Τεμένους του Οσμάν Σαχ



Μεταπτυχιακός Φοιτητής
Στέλιος Α. Μαλέτσικας

Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ Αθανάσιος Κ. Μωυσιάδης

ΤΡΙΚΑΛΑ 2019

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Συγκριτική ανάλυση μεθοδολογιών γεωμετρικής τεκμηρίωσης
του Οθωμανικού Τεμένους του Οσμάν Σαχ

Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
Σχολή Μηχανικών - Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
Αρχιτεκτονική και Δομοστατική Αποκατάσταση
Ιστορικών Κτιρίων και Συνόλων

Master Thesis

Comparative analysis of geometric documentation methodologies
of the Ottoman Temple of Osman Shah

University of West Attica
School of Engineering - Department of Civil Engineering

Program of Postgraduate Studies
Master of Science in Architectural and Structural Restoration
of Historic Buildings and Groups

Πρόλογος

Η εκπόνηση της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (Π.Μ.Σ.) «Αρχιτεκτονική και Δομοστατική Αποκατάσταση Ιστορικών Κτιρίων και Συνόλων (Α.ΔΟ.ΑΠ.)» του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών, της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. Αντικείμενο της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας αποτελεί η συγκριτική ανάλυση μεθοδολογιών γεωμετρικής τεκμηρίωσης του οθωμανικού τεμένους του Οσμάν Σαχ που βρίσκεται στην πόλη των Τρικάλων.

Το τζαμί του Οσμάν Σαχ αποτελεί σήμερα το μοναδικό οθωμανικό εκκλησιαστικό μνημείο της πόλεως των Τρικάλων, διάρκειας σχεδόν μισής χιλιετίας, όσο δηλαδή διήρκεσε η κατάκτηση της πόλης από τους οθωμανούς. Παράλληλα αποτελεί δείγμα της οθωμανικής αρχιτεκτονικής όχι μόνον για την πόλη των Τρικάλων αλλά και για ολόκληρη την ελληνική επικράτεια. Αφενός διότι αποτελεί το μεγαλύτερο σε μέγεθος τζαμί που υπάρχει στην Ελλάδα, αφετέρου δε γιατί φέρει την υπογραφή του μεγάλου αρχιτέκτονος Κοτζά Σινάν. Από το 1936 είναι κηρυγμένο ιστορικό διατηρητέο μνημείο με το Βασιλικό Διάταγμα της 30-5-1936 και Φ.Ε.Κ. 245/Α/8-6-1936 με βάση το άρθρο 5 του Ν.2447 και έτσι διασφαλίσθηκαν ειδικοί όροι καθώς και περιορισμοί για την προστασία και τη χρήση του. Αποτέλεσμα αυτής της ενέργειας είναι η διατήρηση, η ανάδειξη και η χρήση του κτιρίου που αποτελεί σημαντικό δείγμα της πολιτισμικής κληρονομιάς της πόλεως των Τρικάλων.

Για τους παραπάνω λόγους επιλέχθηκε και προτάθηκε από τον επιβλέποντα καθηγητή δρ Αθανάσιο Μωυσιάδη, ως θέμα της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας, που κύριο στόχο έχει την ανάγκη χρήσης μεθοδολογιών ακριβούς γεωμετρικής τεκμηρίωσης και σύγκρισής τους για το συγκεκριμένο μνημείο.

Στο σημείο αυτό, αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση εκπόνησης της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας, όπως επίσης εκείνους που συνέβαλαν στην ολοκλήρωση του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών.

Καταρχάς θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Αθανάσιο Μωυσιάδη, διδάκτορα τοπογράφου μηχανικό τ.ε. για την επιστημονική βοήθεια και τη συμπαράσταση που μου προσέφερε καθώς και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε στην εκπόνηση αυτής της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω όλο το διδακτικό προσωπικό του Π.Μ.Σ. Α.ΔΟ.ΑΠ., για τις γνώσεις που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου σε αυτό.

Επιπλέον, ευχαριστίες οφείλω στον φίλο και συνεργάτη μου Θεόδωρο - Άγγελο Γαργαβάνη, αγρονόμο τοπογράφου μηχανικό, για τη βοήθεια που μου παρείχε κατά τη διάρκεια των μετρήσεων υπαίθρου..

Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου Γιάννη, Κώστα, Ιάκωβο για τη στήριξή τους, ο καθένας με τον τρόπο του, καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας αυτής.

Τέλος, θερμές ευχαριστίες οφείλω στην οικογένειά μου, που είναι πάντα δίπλα μου και στηρίζει τις επιλογές μου.

Περίληψη

Το οθωμανικό τέμενος του Οσμάν Σαχ είναι ένα ιστορικό διατηρητέο μνημείο πολιτιστικής κληρονομιάς του 16ου αιώνα. Ανήκει σε έναν από τους μεγαλύτερους αρχιτέκτονες της Οθωμανικής Αυτοκρατορίας, τον Κοτζά Σινάν. Πρόκειται για το μεγαλύτερο τζαμί στην ελληνική επικράτεια και το μοναδικό σωζόμενο στην πόλη των Τρικάλων. Αντικείμενο της εργασίας αυτής αποτελεί η συγκριτική ανάλυση μεθοδολογιών γεωμετρικής τεκμηρίωσης του μνημείου. Οι μεθοδολογίες αποτύπωσης που εφαρμόστηκαν είναι η τοπομετρική, η τοπογραφική και η φωτογραμμετρική μέθοδος. Η τοπομετρική μέθοδος παρέχει διακριτές μετρήσεις μεταξύ προσβάσιμων σημείων, σε αυθαίρετο δισδιάστατο σύστημα συντεταγμένων, ενώ ο χρόνος εργασιών πεδίου είναι μεγάλος. Η τοπογραφική μέθοδος παρέχει διακριτές μετρήσεις με ακρίβεια σε τρισδιάστατο σύστημα συντεταγμένων, καθώς επίσης προσδιορίζει τη θέση απροσίτων σημείων με υψηλή ακρίβεια. Επίσης αποτελεί τη βάση για την εφαρμογή της φωτογραμμετρικής μεθόδου. Η φωτογραμμετρική μέθοδος παρέχει ορθοαναγμένες εικόνες και τρισδιάστατα μοντέλα, όπου αξιόπιστη μετρητική πληροφορία μπορεί να εξαχθεί (δισδιάστατη και τρισδιάστατη). Επίσης παρέχει ενιαία ακρίβεια και διατηρεί την ανάλυση της φωτογραφικής εικόνας όπου η παθολογία του μνημείου μπορεί εξαχθεί τόσο σε αρχεία εικόνας όσο και σε διανυσματικά. Συνεπώς, η ακρίβεια και η αξιοπιστία των τελικών προϊόντων της γεωμετρικής τεκμηρίωσης είναι συνάρτηση της κλίμακας απόδοσης, των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του μνημείου, της προσβασιμότητας σε αυτό καθώς και του διατιθέμενου εξοπλισμού. Η συνεισφορά της ακριβούς γεωμετρικής τεκμηρίωσης του οθωμανικού τεμένους του Οσμάν Σαχ έγκειται στο γεγονός ότι θα αποτελέσει το πρώτο στάδιο για την αποκατάστασή του, καθώς επίσης στο ότι θα χρησιμοποιηθεί ως τεκμήριο σε περίπτωση μερικής ή ολικής καταστροφής του.

Abstract

Osman Shah Ottoman Mosque is a 16th-century protected historic monument of cultural heritage. It is constructed by one of the greatest architects of the Ottoman Empire, Kotza Sinan. It is the largest mosque in the Greek territory and the only one in the city of Trikala. The goal of this work is the comparative analysis of the geometrical documentation methodologies of the monument. The topometric, topographic and photogrammetric methodologies are applied to the monument. The topometric method provides distinct measurements between accessible points in an arbitrary two-dimensional coordinate system, while field work time is time consuming. The topographic method provides distinct measurements in a three-dimensional coordinate system, and also determines the location of surveying points with high accuracy. It is also the basis for applying the photogrammetric method. The photogrammetric method provides orthorectified images and three-dimensional models, where reliable metric information can be extracted (two-dimensional and three-dimensional). It also provides uniform precision and depicts the analysis of the photographic image, while the pathology of the monument can be extracted both in raster and vector output. Consequently, the accuracy and reliability of the final products of the geometric documentation is a function of the scale of the output, the geometric features of the monument, its accessibility and the equipment available. The contribution of the geometric documentation of the Osman Shah's Ottoman mosque in high accuracy lies in the fact that it will be the first stage for its restoration, as well as the fact that it will be used as a testimony in the event of its partial or total destruction.

Πίνακας Περιεχομένων

Πρόλογος	1
Περίληψη	2
Abstract	3
Ευρετήριο Εικόνων	5
Ευρετήριο Πινάκων	7
Ευρετήριο Σχημάτων	7
Ευρετήριο Εξισώσεων	8
1 Εισαγωγή	9
1.1 Σκοπός και στόχοι	9
1.2 Δομή της εργασίας.....	10
2 Χρήση και χαρακτηριστικά οθωμανικών τεμένων	11
2.1 Τα τζαμιά σύμβολα της ισλαμικής νίκης.....	11
2.2 Τυπολογικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά οθωμανικών τεμένων	13
2.3 Ο «μεγάλος» αρχιτέκτονας Κοτζά Σινάν	18
3 Οθωμανικό τέμενος Οσμάν Σαχ	23
3.1 Γεωγραφική θέση.....	23
3.2 Ιστορικά στοιχεία	25
3.3 Αρχιτεκτονική και δομοστατική περιγραφή.....	33
3.4 Εργασίες αποκατάστασης	42
4 Γεωμετρική τεκμηρίωση τεμένους Οσμάν Σαχ	47
4.1 Μέθοδοι γεωμετρικής τεκμηρίωσης μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς	47
4.2 Αναγνώριση περιοχής και ίδρυση πολυγωνομετρικής όδευσης.....	54
4.3 Επίλυση πολυγωνομετρικής όδευσης.....	57
4.4 Τοπομετρική μέθοδος	59
4.5 Μέθοδος πολικών συντεταγμένων.....	61
4.6 Μέθοδος εμπροσθοτομίας.....	63
4.7 Φωτογραφική τεκμηρίωση.....	65
4.8 Δισδιάστατη φωτογραμμετρική αποτύπωση.....	68
4.9 Τρισδιάστατη φωτογραμμετρική αποτύπωση	73
5 Συμπεράσματα	83
6 Βιβλιογραφία	85
6.1 Ελληνική βιβλιογραφία	85

6.2	Ξένη βιβλιογραφία.....	86
6.3	Πηγές διαδικτύου.....	87
Παράρτημα.....		89

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1. Χάρτης με τις περιοχές εξάπλωσης της Οθωμανικής Αυτοκρατορίας (Britannica 2018).	11
Εικόνα 2. α) Λουτρά Μπέη Χαμάμ στη Θεσσαλονίκη (Μιχαηλίουκροπου 2019), β) Το τζαμί του Οσμάν Σαχ στα Τρίκαλα, γ) Ο τουρμπές του Οσμάν Σαχ στα Τρίκαλα, δ) Το μπεζεστένι στις Σέρρες (Anexartitos 2018).	12
Εικόνα 3. Τυπική μορφή του «τοίχου της Μέκκας» (Busiweek 2019).	13
Εικόνα 4. Η όψη του ρεβάκ στο Σουλεϊμάν τζαμί της Ρόδου (Ahmed 2010).	14
Εικόνα 5. α) Εξωτερική μορφή μιναρέ (Pixabay 2019), β) Εσωτερική μορφή μιναρέ (Bestourism 2019).	14
Εικόνα 6. Τυπολογία των οθωμανικών τεμένων στην Ελλάδα (Ahmed 2010).	15
Εικόνα 7. α) Το τζαμί του Οσμάν Σαχ στα Τρίκαλα (Βογιατζής 2009), β) Το τζαμί Φετιχίε στα Ιωάννινα (Ahmed 2010), γ) Το τζαμί του Παρθενώνα στην Αθήνα (Ahmed 2010).	15
Εικόνα 8. Τζαμί Αχμέτ Πασά στις Σέρρες. α) Κάτοψη (Ahmed 2010), β) Άποψη του μνημείου (Serrelib 1995).	16
Εικόνα 9. Το Ζιντζιρλί τζαμί στις Σέρρες. α) Κάτοψη (Ahmed 2010), β) Άποψη του μνημείου (Serrelib 1995).	16
Εικόνα 10. Το τζαμί του Ισαάκ Πασά στη Θεσσαλονίκη (Ahmed 2010).	17
Εικόνα 11. Τζαμί τύπου “Eynan” (Bursahaberportali 2017).	17
Εικόνα 12. Το Φετιχίε τζαμί στην Αθήνα. α) Κάτοψη (Ahmed 2010), β) Άποψη του μνημείου (Trip2athens 2019).	17
Εικόνα 13. Το τζαμί Χαμζά Μπέη στη Θεσσαλονίκη (Elliniko-panorama 2017).	18
Εικόνα 14. Άγαλμα του Κοτζά Σινάν (Oteledirne 2017).	19
Εικόνα 15. Το Σουλεϊμανιγιέ τζαμί στην Κωνσταντινούπολη (Instabul 2012).	19
Εικόνα 16. Ο τουρμπές του Κοτζά Σινάν (Degisti 2014).	20
Εικόνα 17. Το Σελιμιγιέ τζαμί στην Ανδριανούπολη (Milliyet 2017).	20
Εικόνα 18. Η Αγία Σοφία στην Κωνσταντινούπολη (Ozmagazine 2018).	20
Εικόνα 19. Κάτοψη της Αγίας Σοφίας (Takigawa 2012).	21
Εικόνα 20. Κάτοψη του Σουλεϊμανιγιέ τζαμιού (Takigawa 2012).	21
Εικόνα 21. Κάτοψη του Σελιμιγιέ τζαμιού (Takigawa 2012).	21
Εικόνα 22. Αγία Σοφία - Σουλεϊμανιγιέ τζαμί (Takigawa 2012).	22
Εικόνα 23. Σουλεϊμανιγιέ τζαμί - Σελιμιγιέ τζαμί (Takigawa 2012).	22
Εικόνα 24. Αγία Σοφία (Exploringbyzantium 2019).	22
Εικόνα 25. Δορυφορική εικόνα των Τρικάλων με αναφορά στο τέμενος του Οσμάν Σαχ (Google maps 2018).	23
Εικόνα 26. Τρισδιάστατη απεικόνιση του τεμένους του Οσμάν Σαχ (Bing maps 2018).	23
Εικόνα 27. α) Χάρτης της περιοχής (Trikalacity 2019), β) Το κτίριο του μουσείου Τσιτσάνη (Tourismtoday 2017), γ) Ο Ναός των Αγίων Κωνσταντίνου και Ελένης (Trikalanews 2019), δ) Ο Ληθαίος ποταμός (Trikalacity 2019), ε) Το τέμενος του Οσμάν Σαχ, στ) Ο τουρμπές του Οσμάν Σαχ.	24
Εικόνα 28. Τα Τρίκαλα στα τέλη του 19ου αιώνα (Κατσόγιαννος 1992) και το ρυμοτομικό σχέδιο των Τρικάλων του 1885 (Κατσαρός 2009).	25
Εικόνα 29. Φωτογραφία των Τρικάλων του 1890 (αρχείο Κύρμπα 2017).	26
Εικόνα 30. α) Οι φυλακές τη δεκαετία του 1990 (Trikala-city.blogspot 2019), β) Το κτίριο του μουσείου Τσιτσάνη (Tourismtoday 2017), γ) και δ) Απόψεις του δίδυμου οθωμανικού λουτρού (Festivalierapetra 2019).	27
Εικόνα 31. Το οθωμανικό τέμενος του Οσμάν Σαχ όπως είναι σήμερα (Odysseus.culture 2018).	28
Εικόνα 32. α) Το τζαμί το 1890 (Κατσαρός 2014), β) Το τζαμί λίγο μετά το 1881 (Πετρονώτης 2008). ...	28
Εικόνα 33. Τζαμί και τουρμπές - Αρχιτεκτονικά σχέδια του Α. Ορλάνδου (Πετρονώτης 2008).	29

Εικόνα 34. Σχέδια αναπαράστασης του διπλού προστώου (Πετρονώτης 2008).	30
Εικόνα 35. Καρτ ποστάλ των αρχών του 20ού αιώνα (Κουρτίδης 2013).	31
Εικόνα 36. Το τέμενος λίγο μετά τον Β' Παγκόσμιο πόλεμο (Κατσαρός 2014).	31
Εικόνα 37. Το τέμενος πριν το 1970 (Κατσαρός 2014), (Πετρονώτης 2008).	31
Εικόνα 38. Εργασίες αναστήλωσης του τεμένους τη δεκαετία του 1970 (Πετρονώτης 2008).	32
Εικόνα 39. Η κατάσταση του μνημείου πριν την αποκατάσταση του 1993.	32
Εικόνα 40. Το τέμενος μετά την αποκατάσταση του 1993 (Trikala-ident 2014).	32
Εικόνα 41. Απόψεις του τεμένους.	33
Εικόνα 42. Κάτοψη και κύρια όψη του τεμένους (Ahmed 2010).	33
Εικόνα 43. Το προστώο στην βορειοδυτική όψη.	34
Εικόνα 44. Πλάγια όψη και θολοδομία του ρεβάκ.	34
Εικόνα 45. Τα ανοίγματα και οι κόγχες της κύριας όψης.	35
Εικόνα 46. Το άνω και κάτω μέρος του μιναρέ.	35
Εικόνα 47. Η νοτιοδυτική και η νοτιοανατολική όψη.	36
Εικόνα 48. Η νοτιοανατολική όψη του χώρου προσευχής.	37
Εικόνα 49. Λεπτομέρεια δόμησης τοιχοποιίας (Ahmed 2010).	37
Εικόνα 50. Λεπτομέρεια δόμησης ανοιγμάτων (Ahmed 2010).	38
Εικόνα 51. Τμήματα της διπλής διακοσμητικής οδοντωτής ταινίας (Ahmed 2010).	38
Εικόνα 52. Το τύμπανο και ο θόλος του τεμένους.	39
Εικόνα 53. Ο βορειοδυτικός τοίχος και οι δύο εισοδοί του εξώστη (Ahmed 2010).	39
Εικόνα 54. α) Πλάγια όψη άμβωνα και κάτοψη μιχράμπ σύμφωνα με τον Ορλάνδο (Πετρονώτης 2008), β) Το μιχράμπ (Ahmed 2010).	40
Εικόνα 55. Τα σφαιρικά τρίγωνα (Ahmed 2010).	40
Εικόνα 56. Ο θόλος του τεμένους (Ahmed 2010).	40
Εικόνα 57. Ο τουρμπές του Οσμάν Σαχ.	41
Εικόνα 58. Σχέδια αποκατάστασης του τουρμπέ σε κάτοψη και τομή (Βογιατζής 2009).	42
Εικόνα 59. Το τέμενος και ο τουρμπές πριν την αποκατάστασή τους (Βογιατζής 2009).	43
Εικόνα 60. α) Εργασίες αποκατάστασης του θόλου (3Τ ΠΟΛΥΔΟΜΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ 2011), β) Εργασίες υποθεμελίωσης (3Τ ΠΟΛΥΔΟΜΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ 2011), γ) Εργασίες υποθεμελίωσης (Κατσαρός 2014).	44
Εικόνα 61. α) Βορειοδυτική όψη του τεμένους (Βογιατζής 2009), β) Κατασκευαστική λεπτομέρεια του ρεβάκ (3Τ ΠΟΛΥΔΟΜΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ 2011), γ) Πρόταση αποκατάστασης του ρεβάκ (Βογιατζής 2009). ...	45
Εικόνα 62. Εργασίες κατασκευής του προστώου (3Τ ΠΟΛΥΔΟΜΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ 2011).	45
Εικόνα 63. Σκαρίφημα ναού σύμφωνα με την τοπομετρική μέθοδο αποτύπωσης.	49
Εικόνα 64. Κάτοψη ναού σε περιβάλλον CAD.	49
Εικόνα 65. Σχέδιο τομής σε περιβάλλον CAD μέσω τοπογραφικής αποτύπωσης (ΙΠΕΤ 2005).	50
Εικόνα 66. Φωτογραμμετρικό μοντέλο κόγχης ιερού ορθοδόξου ναού (Μοysiadis 2017).	51
Εικόνα 67. α) Ανακατασκευή της πύλης της αγοράς της Μιλήτου σε χώρο εργασίας του μουσείου της Περγάμου (Ringle, et al. 2009), β) Φωτογραμμετρικό σχέδιο της κύριας όψης της εισόδου (Ringle, et al. 2009).	51
Εικόνα 68. Τρισδιάστατο μοντέλο μέσω αποτύπωσης με laser scanner (Conforti Andreoni and Pinto 2004).	52
Εικόνα 69. Στάδια επεξεργασίας δεδομένων σάρωσης laser (Conforti Andreoni and Pinto 2004).	53
Εικόνα 70. α) Θέσεις σάρωσης, β) Τρισδιάστατο μοντέλο κτιρίου, γ) Σχέδια τομών κτιρίου, δ) Κάτοψη από δεδομένα σαρωτή laser, (Vacca et al. 2012).	53
Εικόνα 71. Ο περιβάλλοντας χώρος του μνημείου.	54
Εικόνα 72. Ίδρυση στάσεων της όδευσης.	55
Εικόνα 73. Σκαρίφημα κτιρίων και περιβάλλοντος χώρου.	56
Εικόνα 74. Σκαρίφημα νοτιοδυτικής όψης του τεμένους.	57
Εικόνα 75. Κλειστή εξαρτημένη πολυγωνομετρική όδευση.	58
Εικόνα 76. Εξοπλισμός τοπομετρικής μεθόδου.	59
Εικόνα 77. Μέτρηση οριζοντιογραφικών τμημάτων του κτιρίου με την τοπομετρική μέθοδο.	60
Εικόνα 78. Μέτρηση υψομετρικών τμημάτων του κτιρίου με την τοπομετρική μέθοδο.	60
Εικόνα 79. Προσδιορισμός σημείου με τη μέθοδο των πολικών συντεταγμένων.	62
Εικόνα 80. Σύγκριση προσδιορισμού σημείου με τη μέθοδο των πολικών συντεταγμένων και την τοπομετρική.	63
Εικόνα 81. Προσδιορισμός σημείου με τη μέθοδο της εμπροσθοτομίας.	64

Εικόνα 82. Σχέδια πτήσης του ΣμηΕΑ.	66
Εικόνα 83. Αρχική φωτογραφία και ορθοαναγμένη της εισόδου του τεμένους του Οσμάν Σαχ.	70
Εικόνα 84. Γεωμετρικές διαφορές στην αποτύπωση του μνημείου πριν και μετά την ορθοαναγωγή. ..	70
Εικόνα 85. Εξαγωγή διανυσμάτων από την ορθοαναγμένη εικόνα της κύριας εισόδου του τεμένους του Οσμάν Σαχ.....	71
Εικόνα 86. Γεωμετρική τεκμηρίωση ανοιγμάτων πριν και μετά την ορθοαναγωγή.....	71
Εικόνα 87. Αρχική και ορθοαναγμένη εικόνα ανοιγμάτων του τουρμπέ.....	72
Εικόνα 88. Σύγκριση ακρίβειας προσδιορισμού σημείων πριν και μετά την ορθοαναγωγή.....	72
Εικόνα 89. Αρχιτεκτονικές λετομέρειες των ανοιγμάτων του τουρμπέ μετά την ορθοαναγωγή.	73
Εικόνα 90. Στερεοζεύγος αεροφωτογραφιών.	74
Εικόνα 91. Στερεόγραμμα του τεμένους του Οσμάν Σαχ.....	74
Εικόνα 92. Στερεοζεύγη από πολλαπλούς σταθμούς λήψης.	77
Εικόνα 93. Στερεοζεύγη για την τρισδιάστατη φωτογραμμετρική αποτύπωση του τουρμπέ.....	77
Εικόνα 94. Τρισδιάστατο μοντέλο υψής τμήματος του τουρμπέ.....	77
Εικόνα 95. Τελικό τρισδιάστατο φωτογραμμετρικό μοντέλο τμήματος του τουρμπέ.	78
Εικόνα 96. Στάδια για την τρισδιάστατη φωτογραμμετρική αποτύπωση του τζαμιού.	78
Εικόνα 97. Δίκτυο ακανονίστων τριγώνων (Triangular Irregular Network/TIN) λεπτομερείας του θόλου.	79
Εικόνα 98. Τελικό φωτογραμμετρικό μοντέλο λεπτομερείας του θόλου.	79
Εικόνα 99. Σύγκριση της κάλυψης του ορθοφωτοχάρτη με την τοπογραφική μέθοδο.	80
Εικόνα 100. Σύγκριση της κάλυψης του μνημείου. α) Ορθοφωτοχάρτης, β) δορυφορική εικόνα μέσω της google maps, γ) Ορθοφωτοχάρτης κτηματολογίου.	80
Εικόνα 101. Διάγραμμα κάλυψης του μνημείου σε ΕΓΣΑ 87.	81

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1. Σύγκριση μεταξύ τοπογραφίας, φωτογραμμετρίας και σάρωσης με laser στις εφαρμογές γεωμετρικής τεκμηρίωσης πολιτιστικής κληρονομιάς (Μωυσιάδης 2016).	54
Πίνακας 2. Τυπικές τιμές ακρίβειας του ProMark 200 γεωδαιτικού δέκτη (Maggelan 2019).	58
Πίνακας 3. Οι συντεταγμένες των στάσεων της όδευσης σε ΕΓΣΑ 87.....	58
Πίνακας 4. Τυπικές τιμές ακρίβειας Geomax zoom 50 γεωδαιτικού σταθμού (Geomax 2019).	61
Πίνακας 5. Τεχνικά χαρακτηριστικά του drone (Dji 2019).	67
Πίνακας 6. Τεχνικά χαρακτηριστικά του φωτογραφικού εξοπλισμού (Nikon 2019).	67

Ευρετήριο Σχημάτων

Σχήμα 1. Ακρίβεια προσδιορισμού σημείου με τη μέθοδο της εμπροσθοτομίας (Leica Geosystems AG 2002).	65
Σχήμα 2. Αρχή δημιουργίας ορθοεικόνας (Μωυσιάδης 2015).	68
Σχήμα 3. Στροφές ω, φ, κ γύρω από τους άξονες x, y, z αντιστοίχως (Μωυσιάδης 2016).	69
Σχήμα 4. Φωτογραμμετρική οπισθοτομία.	76
Σχήμα 5. Φωτογραμμετρική εμπροσθοτομία.	76
Σχήμα 6. Η αρχή δημιουργίας του ορθοεικόνας (Μωυσιάδης 2015).	81

Ευρετήριο Εξισώσεων

Εξίσωση 1. Προσδιορισμός σημείου με την μέθοδο των πολικών συντεταγμένων.....	62
Εξίσωση 2. Εξισώσεις επίλυσης με την μέθοδο της εμπροσθοτομίας.....	64
Εξίσωση 3. Προβολικός μετασχηματισμός.....	68
Εξίσωση 4. Γενική μορφή της συνθήκης συγγραμμικότητας.....	75
Εξίσωση 5. Πίνακες στροφών ω , ϕ , κ	75
Εξίσωση 6. Συνθήκη συγγραμμικότητας.....	75

1 Εισαγωγή

1.1 Σκοπός και στόχοι

Η αναγνώριση της σημασίας της πολιτιστικής κληρονομιάς σε συνδυασμό με την προοδευτική ενεργοποίηση της διεθνούς κοινότητας για την προστασία και διαφύλαξή της, αποτελεί μία σημαντική εξέλιξη στον τομέα του πολιτισμού. Από τα τέλη του 19ου αιώνα ξεκίνησε η ευαισθητοποίηση της διεθνούς κοινότητας στον τομέα αυτό, η οποία κορυφώθηκε τον 20ό αιώνα κατά τον οποίο θεσμοθετήθηκαν νόμοι και όροι για την προστασία, τη συντήρηση, την αποκατάσταση και την ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς.

Μεγάλο μέρος της πολιτιστικής κληρονομιάς καταλαμβάνουν τα κτίρια. Οι βασικές ιδιότητες που πρέπει να πληρεί ένα κτίριο για να χαρακτηριστεί μνημείο είναι η πρωτοτυπία, η ιστορικότητα, η ποιότητα και ο συμβολισμός που πρεσβεύει. Η διαχείριση της πολιτιστικής κληρονομιάς μνημείων απαιτεί την τεκμηρίωση τους. Η τεκμηρίωση αποτελείται από ένα ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων που περιλαμβάνει την απόκτηση και ανάκτηση δεδομένων, τη μεθοδολογία μοντελοποίησης και απεικόνισης καθώς και τη διαχείριση και τη διάχυση της πληροφορίας βάσει της εξελιγμένης τεχνολογίας.

Η ακριβής γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείων αποτελεί μία από τις πλέον σημαντικές και αναντικατάστατες εργασίες, αφενός για την ενδεχόμενη αποκατάστασή τους, αφετέρου δε για την προστασία τους μέσα στο χρόνο. Αυτήν επιβάλλει την καταγραφή της θέσης τους στο χώρο, του ακριβούς σχήματος και των διαστάσεών τους. Τα παραπάνω επιτυγχάνονται με την χρήση του κατάλληλου υλικοτεχνικού εξοπλισμού και της βέλτιστης μεθοδολογίας. Η γεωμετρική τεκμηρίωση αποτελεί μία από τις πρώτες χρονικά διαδικασίες καταγραφής της υφιστάμενης κατάστασης των μνημείων.

Οι μεθοδολογίες γεωμετρικής τεκμηρίωσης που εφαρμόζονται στην αποτύπωση ενός μνημείου διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες: τοπομετρικές, τοπογραφικές, φωτογραμμετρικές (εναέριας και επίγειας) και σάρωσης με λέιζερ (εναέριας και επίγειας). Για την αποτύπωση μπορεί να εκτελεστεί μία από αυτές τις μεθόδους ή συνδυασμός αυτών, που είναι και το συνηθέστερο.

Σκοπός της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας αποτελεί η συγκριτική ανάλυση των μεθοδολογιών αποτύπωσης, όπως αυτές αναφέρθηκαν παραπάνω, του οθωμανικού τεμένους του Οσμάν Σαχ που βρίσκεται στα Τρίκαλα.

Τα Τρίκαλα παρέμειναν στην Οθωμανική Αυτοκρατορία για περίπου μισή χιλιετία, όπου και διαδραμάτισαν σημαντικό ρόλο στην περιοχή καθώς ήταν η πρωτεύουσα του σαντζακίου της Θεσσαλίας, δηλαδή μίας από τις διοικητικές περιφέρειες των Οθωμανών. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας περιοχής με πολυπολιτισμικά χαρακτηριστικά.

Κατά τη διάρκεια της περιόδου αυτής αναπτύσσεται και εξελίσσεται η οθωμανική αρχιτεκτονική δείγματα της οποίας αποτελούν το τζαμί του Οσμάν Σαχ μαζί με τον τουρμπέ που βρίσκεται πλησίον του. Το τζαμί είναι το μεγαλύτερο που βρίσκεται στην ελληνική επικράτεια έχοντας εξωτερικές διαστάσεις 21,36μ. x 21,38μ. και ύψος 22,50μ. Αρχιτέκτονας του τζαμιού είναι ο Κοτζά Σινάν, ένας από τους μεγαλύτερους αρχιτέκτονες της οθωμανικής αρχιτεκτονικής, έργα του οποίου είναι το τζαμί Σουλεϊμανιγιέ που βρίσκεται στην Κωνσταντινούπολη και το Σελιμιγιέ τζαμί στην Ανδριανούπολη. Εξαιτίας της αρχιτεκτονικής, της ιστορικής και της συμβολικής του αξίας, από το 1936 είναι κηρυγμένο ιστορικό διατηρητέο μνημείο με το Βασιλικό Διάταγμα της 30-5-1936 και Φ.Ε.Κ. 245/Α/8-6-1936 με βάση το άρθρο 5 του Ν.2447 και έτσι διασφαλίστηκαν ειδικοί όροι καθώς και περιορισμοί για την προστασία και τη χρήση του.

Η τοπομετρική μέθοδος πραγματοποιείται με μετρήσεις μηκών, τριγώνων και υψομετρικών διαφορών με απλά όργανα μετρήσεων χωρίς ιδιαίτερη ακρίβεια. Η τοπογραφική

μέθοδος παρέχει διακριτά σημεία με μεγάλη ακρίβεια σε τρισδιάστατο σύστημα συντεταγμένων. Η φωτογραμμετρική μέθοδος παρέχει εικόνες και μοντέλα με ενιαία ακρίβεια, τρισδιάστατες συντεταγμένες σε σημεία αποτύπωσης, ωστόσο τις περισσότερες των περιπτώσεων πρέπει να συνδυαστεί με την τοπογραφική μέθοδο. Η αποτύπωση με σαρωτή λέιζερ παρέχει πυκνή τρισδιάστατη απεικόνιση με ενιαία ακρίβεια, όμως το κόστος εξοπλισμού της συγκεκριμένης μεθοδολογίας αποτύπωσης είναι αρκετά υψηλό. Για τον λόγο αυτόν και επειδή η φωτογραμμετρική αποτύπωση παρέχει εξίσου μεγάλη ακρίβεια, δεν χρησιμοποιήθηκε στην εργασία αυτήν. Η συγκριτική ανάλυση των παραπάνω μεθοδολογιών παρέχει ακριβή γεωμετρική πληροφορία για την αποκατάσταση του μνημείου.

Αναλυτικά, στόχοι της εργασίας αποτελούν τα παρακάτω:

- Η ιστορική και η φωτογραφική τεκμηρίωση του τεμένους και του τουρμπέ του Οσμάν Σαχ.
- Ανάλυση της τοπομετρικής μεθοδολογίας αποτύπωσης.
- Ανάλυση της τοπογραφικής μεθοδολογίας αποτύπωσης.
- Ανάλυση της φωτογραμμετρικής μεθοδολογίας αποτύπωσης.
- Σύγκριση τοπομετρικής και τοπογραφικής μεθόδου στην μέτρηση μηκών και υψομετρικών διαφορών.
- Μέτρηση μη προσβάσιμων σημείων με την μέθοδο των πολικών συντεταγμένων και της εμπροσθοτομίας και σύγκριση αυτών με την τοπομετρική μέθοδο.
- Σύγκριση ορθοανηγμένων εικόνων όψεων και ανοιγμάτων με την τοπομετρική και την τοπογραφική μέθοδο.
- Σύγκριση ορθοανηγμένων εικόνων της κάλυψης των μνημείων με μη ορθοανηγμένες εικόνες.
- Ανάλυση ακριβείας λιθοδομής και ανοιγμάτων με την φωτογραμμετρική μέθοδο σε σύγκριση με την τοπομετρική.
- Η τεκμηρίωση του μνημείου με τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια για την αποκατάστασή του και για την περίπτωση μερικής ή ολικής καταστροφής του.

1.2 Δομή της εργασίας

Η δομή της εργασίας απαρτίζεται από έξι κεφάλαια και το παράρτημα.

Στο *πρώτο κεφάλαιο* περιλαμβάνεται ο σκοπός, οι στόχοι και η δομή της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας.

Στο *δεύτερο κεφάλαιο* γίνεται αναφορά στα τυπολογικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά των οθωμανικών τεμένων στην ελληνική επικράτεια, καθώς επίσης και στον «μεγάλο» αρχιτέκτονα της Οθωμανικής Αυτοκρατορίας Κοτζά Σινάν.

Στο *τρίτο κεφάλαιο* γίνεται περιγραφή της θέσης του οθωμανικού τεμένους του Οσμάν Σαχ, των ιστορικών του στοιχείων, των αρχιτεκτονικών και των δομοστατικών χαρακτηριστικών του, καθώς και των εργασιών αποκατάστασής του.

Στο *τέταρτο κεφάλαιο* αναλύονται εκτενώς και συγκριτικά οι μεθοδολογίες γεωμετρικής τεκμηρίωσης που χρησιμοποιήθηκαν (τοπομετρική, τοπογραφική, φωτογραμμετρική).

Στο *πέμπτο κεφάλαιο* περιλαμβάνονται τα συμπεράσματα της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας.

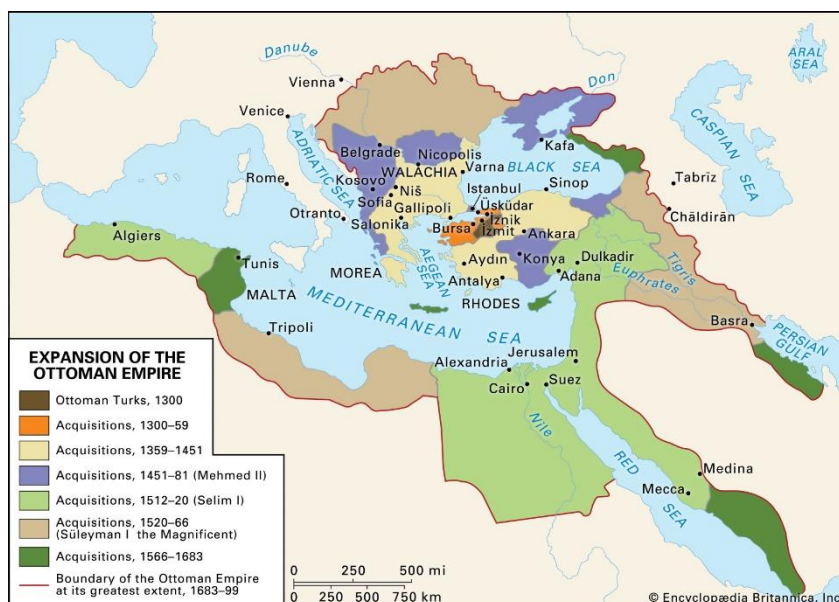
Στο *έκτο κεφάλαιο* περιλαμβάνονται η ελληνική και η ξένη βιβλιογραφία, καθώς και οι πηγές διαδικτύου.

Τέλος στο *παράρτημα* παρατίθενται τα τελικά προϊόντα μετά την σύγκριση των μεθοδολογιών γεωμετρικής τεκμηρίωσης.

2 Χρήση και χαρακτηριστικά οθωμανικών τεμένων

2.1 Τα τζαμιά σύμβολα της ισλαμικής νίκης

Η Οθωμανική Αυτοκρατορία ιδρύθηκε στα τέλη του 13ου με αρχές του 14ου αιώνα από τον Οσμάν Α' (Ösman ή Öthman) στη δυτική Ανατολία, περιοχή Μικράς Ασίας. Η Οθωμανική Αυτοκρατορία έμελλε να γίνει από τις μεγαλύτερες σε έκταση και μακροβιότερες σε διάρκεια αυτοκρατορία στην παγκόσμια ιστορία. Κορυφαίο επίτευγμα αποτελεί η κατάκτηση της Κωνσταντινούπολης το 1453 υπό τον Μωάμεθ τον Πορθητή και ο ορισμός της ως πρωτεύουσα. Το γεγονός αυτό σήμανε την ανατροπή της Βυζαντινής Αυτοκρατορίας. Κατά τη διάρκεια του 16ου και 17ου αιώνα, στο αποκορύφωμα της αυτοκρατορίας, περιελάμβανε τα εδάφη της σημερινής Τουρκίας, των Βαλκανίων, της νοτιοανατολικής Ευρώπης, του Καυκάσου, της βόρειας Αφρικής και της αραβικής χερσονήσου. Η Οθωμανική Αυτοκρατορία έπαψε να υπάρχει το 1923 με την υπογραφή της συνθήκης της Λωζάνης και την εγκαθίδρυση της Δημοκρατίας της Τουρκίας (Ahmed 2010), (Ρεφενέ 2016).



Εικόνα 1. Χάρτης με τις περιοχές εξάπλωσης της Οθωμανικής Αυτοκρατορίας (Britannica 2018).

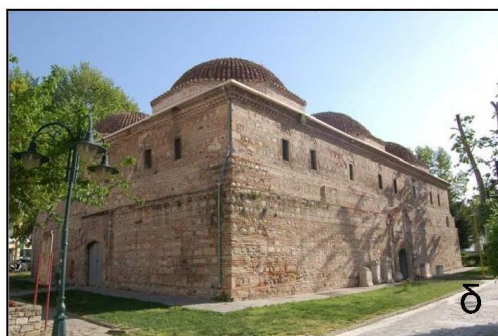
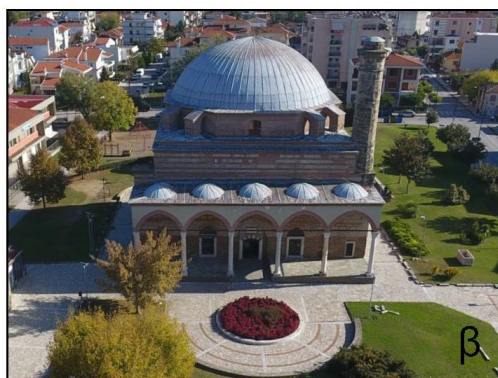
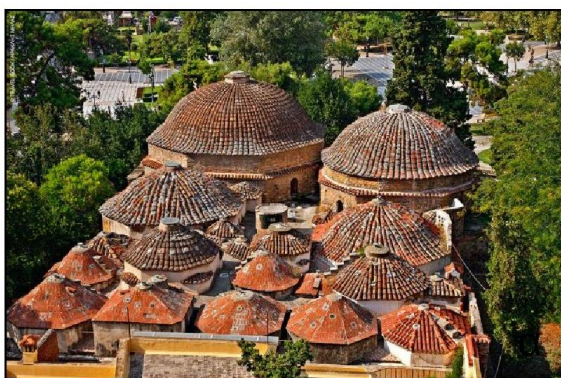
Η Οθωμανική Αυτοκρατορία ήταν μία πολυφυλετική, πολύγλωσση και πολυπολιτισμική αυτοκρατορία. Το πολίτευμά της ήταν η μοναρχία και ο Σουλτάνος ήταν ο αδιαμφισβήτητος μονάρχης. Η θρησκεία που καθιερώθηκε ήταν το Ισλάμ, ενώ επίσημη γλώσσα της αυτοκρατορίας ήταν η οθωμανική. Ωστόσο χρησιμοποιούνταν και άλλες θρησκείες και γλώσσες ταυτόχρονα. Όπως διαπιστώνεται από τα παραπάνω, κύριο χαρακτηριστικό της, ήταν οι αντιθέσεις που επικρατούσαν. Σε αυτό συνέβαλε επίσης το γεγονός ότι οι μουσουλμάνοι είχαν περισσότερα δικαιώματα από τους αλλόθρησκους και διαφορετικό σύστημα φορολόγησης που τους ευνοούσε (Ρεφενέ 2016).

Όσον αφορά την οθωμανική παρουσία στην σημερινή Ελλάδα, ξεκίνησε το 1361 όταν οι Οθωμανοί κατέλαβαν το Διδυμότειχο. Μέχρι το τέλος του 14ου αιώνα είχαν κατακτηθεί σχεδόν όλες οι πόλεις της Θράκης, της Μακεδονίας και της Θεσσαλίας. Κατά τη διάρκεια του 15ου έως τα μέσα του 16ου αιώνα, η εξάπλωση συνεχίστηκε σταδιακά προς την Στερεά Ελλάδα, την Πελοπόννησο και τα νησιά του Αιγαίου, ενώ η Κρήτη κατακτήθηκε στα μέσα του 17ου αιώνα. Η ανεξαρτησία των ελληνικών εδαφών από τον οθωμανικό έλεγχο επιτεύχθηκε

σταδιακά. Η αρχή έγινε με την επανάσταση του 1821 που οδήγησε στην ίδρυση του ελληνικού κράτους το 1830 και περιελάμβανε την Πελοπόννησο και μέρος της Στερεάς Ελλάδας. Το 1881 προστέθηκε στην ελληνική επικράτεια η Θεσσαλία και μέρος της Ηπείρου, το 1913 η Μακεδονία και η Κρήτη. Το 1920 η Ανατολική Θράκη και η περιοχή της Σμύρνης προστέθηκαν στο ελληνικό κράτος προσωρινά και επέστρεψαν στην τουρκική κυριαρχία μετά την Μικρασιατική καταστροφή το 1922.

Η μακροχρόνια παρουσία της Οθωμανικής Αυτοκρατορίας στην ελληνική επικράτεια, είχε ως αποτέλεσμα στις περισσότερες πόλεις να αφήσει το δικό της στίγμα σε κοινωνικό, πολιτιστικό και πολιτισμικό επίπεδο. Αυτό συνέβη κατόπιν ζυμώσεων των στοιχείων που έφερναν μαζί τους οι Οθωμανοί και αυτών που υπήρχαν σε κάθε περιοχή που κατακτούσαν. Επακόλουθο των παραπάνω είναι πολλές από αυτές τις περιοχές που γνώρισαν παράλληλα ανάπτυξη να διαμορφώσουν ένα πολυπολιτισμικό χαρακτήρα.

Μέσα σε αυτό το μίγμα πολιτισμών αναπτύσσεται και εξελίσσεται η οθωμανική αρχιτεκτονική, δείγματα της οποίας αποτυπώνονται τόσο στα κτίρια που διατηρούνται έως σήμερα όσο και σε καταγραφές κτιρίων εκείνης της εποχής. Ανάμεσα σε αυτά τα κτίρια συγκαταλέγονται κτίσματα θρησκευτικής, κοινωνικής, εμπορικής και εκπαιδευτικής χρήσης. Διακρίνονται τζαμιά, μεστζίτια (μικρότερα τεμένη), τάφοι, χαμάμ (λουτρά), μεντρεσέδες (ιεροδιδασκαλεία), μαρέτια (πτωχοκομεία), μπεζεστένια (εμπορικοί χώροι), μεκτέπια (σχολεία για μικρά παιδιά) (Petersen 1996).



Εικόνα 2. α) Λουτρά Μπέη Χαμάμ στη Θεσσαλονίκη (Μixanitouxρονου 2019), β) Το τζαμί του Οσμάν Σαχ στα Τρίκαλα, γ) Ο τουρμπές του Οσμάν Σαχ στα Τρίκαλα, δ) Το μπεζεστένι στις Σέρρες (Anexartitos 2018).

Οι Οθωμανοί μόλις κατακτούσαν μία περιοχή της έδιναν νέο όνομα. Παράλληλα με αυτήν την ενέργεια κατασκεύαζαν ένα τζαμί στην πόλη ή μετέτρεπαν σε τζαμί το πιο μεγαλοπρεπές κτίριο της περιοχής, το οποίο συνήθως ήταν χριστιανική εκκλησία. Η πράξη αυτή εξυπηρετούσε δύο κυρίως λόγους. Αφενός το τζαμί αποτελεί σύμβολο νίκης και κατάκτησης της περιοχής, αφετέρου χρησιμοποιείται για θρησκευτικούς σκοπούς καθώς αποτελούν χώρο συνάθροισης για την ομαδική προσευχή των πιστών του Ισλάμ (Ahmed 2010).

Κατά το δεύτερο μισό του 15ου αιώνα, με την εδραίωση της αυτοκρατορίας, η τάση ήταν η κατασκευή συγκροτήματος κτιρίων με το όνομα "kulliyе". Το τζαμί πλαισιώναν κτίρια όπως λουτρά, σχολεία, νοσοκομεία και διάφορα άλλα κοινωνικής χρήσης. Τα τζαμιά μαζί με τα χαμάμ και τα μαυσωλεία αποτελούν τα πλέον τυπικά κτίρια του ισλαμικού κόσμου. Τα χαμάμ χρησιμοποιούνταν για την λούση, όπως επέβαλε το Κοράνι, θεωρώντας ότι εξαλείφει τα αμαρτήματα της ψυχής. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων ήταν δημόσια για την εξυπηρέτηση του κοινού. Χαρακτηριστική περίπτωση στον ελλαδικό χώρο αποτελεί το τζαμί του Οσμάν Σαχ που πλαισιώνεται από τον τουρμπέ και το οθωμανικό λουτρό και βρίσκεται στα Τρίκαλα (Ahmed 2010), (Πετρονώτης 2008).

2.2 Τυπολογικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά οθωμανικών τεμένων

Το τζαμί όπως αναφέρθηκε παραπάνω αποτελεί κτίριο ιδιαίτερης σημασίας για τους μουσουλμάνους. Οι πιστοί εισέρχονται στην κύρια αίθουσα, παρατάσσονται σε σειρά και προσεύχονται ενώ είναι στραμμένοι προς την Ιερή τους πόλη, την Μέκκα. Στην Ελλάδα τα τεμένη είναι προσανατολισμένα νοτιοανατολικά.

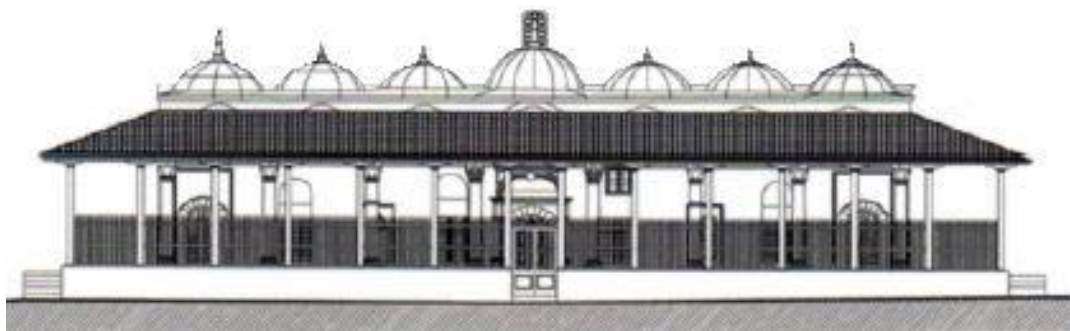
Ο τοίχος που είναι προσανατολισμένος προς τη Μέκκα ονομάζεται «τοίχος της Μέκκας» (Kible dunari) και περιλαμβάνει δύο βασικά χαρακτηριστικά. Το πρώτο είναι μία κόγχη, το «μυχράμπ», όπου υποδεικνύει την κατεύθυνση προς τη Μέκκα. Το δεύτερο χαρακτηριστικό είναι ένας άμβωνας, το «μιμπέρ», που βρίσκεται δίπλα στην κόγχη. Στον άμβωνα ανεβαίνει ο ιμάμης, ο οποίος είναι μουσουλμάνος λειτουργός. Αυτός αναγγέλλει το κήρυγμα και συντονίζει τις κινήσεις των πιστών όπως προτάσσει το Κοράνι (Πετρονώτης 2008).



Εικόνα 3. Τυπική μορφή του «τοίχου της Μέκκας» (Busiweek 2019).

Απέναντι από τον «τοίχο της Μέκκας» βρίσκεται η είσοδος του τζαμιού. Κατά κανόνα εξωτερικά της εισόδου στα οθωμανικά τζαμιά υπάρχει μία στοά, το «ρεβάκ», το οποίο στην Ελλάδα έχει κατεύθυνση βορειοδυτική. Στα τούρκικα σημαίνει «τόπος της τελευταίας συνάθροισης». Έχει διπλό λειτουργικό χαρακτήρα καθώς χρησιμεύει στην προστασία των πιστών από τις κλιματολογικές συνθήκες, επίσης αποτελεί τον χώρο προσευχής πιστών οι οποίοι δεν χωράνε στην αίθουσα προσευχής (Πετρονώτης 2008).

Η στοά συνηθίζεται να είναι χωρισμένη σε μονό αριθμό τμημάτων ανάλογα με το διαθέσιμο μήκος της. Επικαλύπτεται στην πλειοψηφία των περιπτώσεων από θόλους, ωστόσο συναντάται και με επίπεδη επιφάνεια κάλυψης. Σε ορισμένες περιπτώσεις ο κεντρικός θόλος διαφέρει από τους υπόλοιπους ως προς το ύψος λόγω της παρουσίας της κεντρικής εισόδου. Η τυπική διακόσμηση του τοίχου που βρίσκεται η στοά περιλαμβάνει δύο κόγχες τοποθετημένες εκατέρωθεν της πόρτας (Ahmed 2010).



Εικόνα 4. Η όψη του ρεβάρ στο Σουλεϊμάν τζαμί της Ρόδου (Ahmed 2010).

Αναπόσπαστο μέρος των τζαμιών αποτελεί ο μιναρές, καθώς υπάρχει τουλάχιστον ένας. Ο μιναρές είναι ένας στενός κυλινδρικής διατομής πύργος, στον οποίο ανεβαίνει ο μουεζίνης και καλεί τους πιστούς να προσέλθουν στο τέμενος για να προσευχηθούν. Η ανάβαση γίνεται από την εσωτερική κυκλική κλίμακα. Καθ' ύψος υπάρχει ένας ή και περισσότεροι εξώστες, ενώ ο πύργος καταλήγει συνήθως σε κωνικής μορφής στέγη.

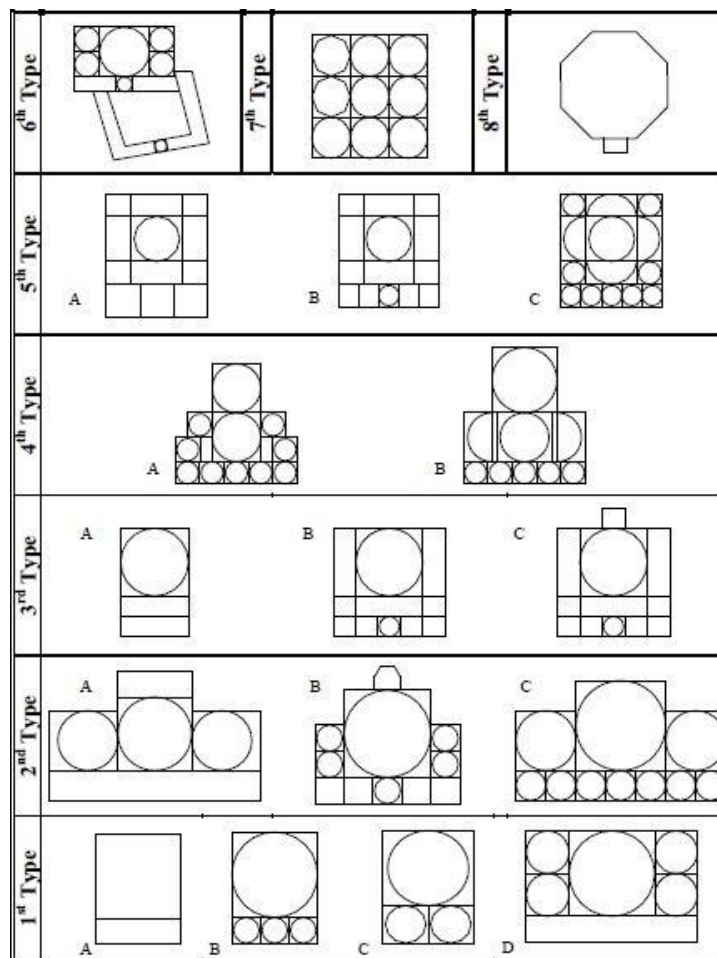


Εικόνα 5. α) Εξωτερική μορφή μιναρέ (Pikabay 2019), β) Εσωτερική μορφή μιναρέ (Bestourism 2019).

Τυπολογικά τα τζαμιά διαφέρουν ως προς το μέγεθος ή τον ρυθμό τους καθώς υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που συντελούν σε αυτό. Τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά και η στρατηγική σπουδαιότητα της περιοχής, η χρονολογία κατασκευής, το κόστος καθώς και η αρχιτεκτονική είναι μερικές από τις παραμέτρους που καθιστούν κάθε τζαμί ξεχωριστό.

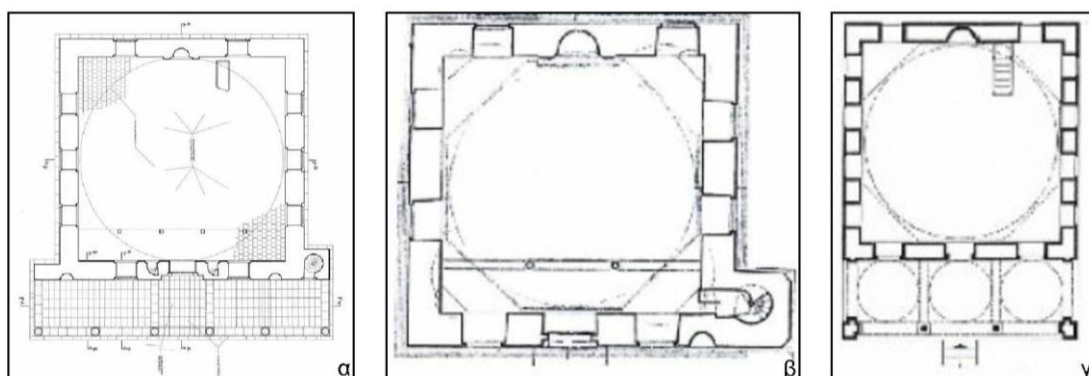
Στον ελληνικό χώρο διακρίνονται 8 τύποι τζαμιών (Ahmed 2010) με βάση την μορφή του χώρου:

1. Το τζαμί ενός χώρου ή τζαμί ενός θόλου.
2. Το τζαμί ενός χώρου με πλαϊνά διαμερίσματα ή τζαμί ανεστραμμένου T.
3. Το τζαμί ενός χώρου με αρθρωτό εσωτερικό.
4. Το «Eynan» τζαμί, το οποίο είναι παρόμοιο με το τζαμί ανεστραμμένου T.
5. Το τζαμί με κεντρικό θόλο που περιβάλλεται από τέσσερις τεταρτοσφαιρικούς θόλους.
6. Το τζαμί με αυλή.
7. Το τζαμί πολλαπλών μονάδων.
8. Το οκταγωνικό τζαμί.



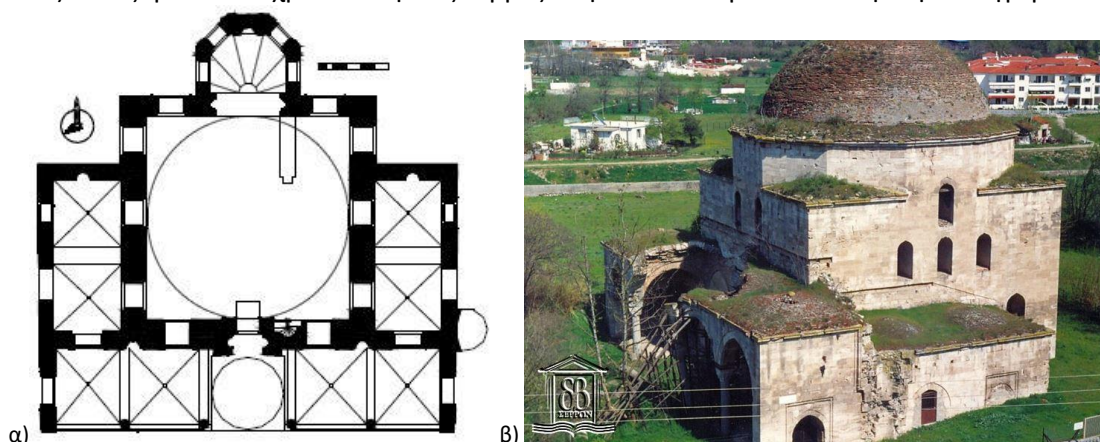
Εικόνα 6. Τυπολογία των οθωμανικών τεμένων στην Ελλάδα (Ahmed 2010).

Στον πρώτο τύπο ανήκουν τα τζαμιά ενός χώρου ή τζαμιά ενός θόλου, τα οποία με την προσθήκη μίας στοάς (ρεβάκ) και ενός μιναρέ αποτελούν τη βασική μορφή του τυπικού τζαμιού ενός χώρου. Σε αυτή την περίπτωση η αίθουσα προσευχής ορίζεται από μία μόνο θολωτή τετραγωνική μονάδα. Αυτός ο τύπος αποτελεί την κύρια αρχιτεκτονική μορφή καθ' όλη την διάρκεια της Οθωμανικής Αυτοκρατορίας. Στον ελλαδικό χώρο η πλειοψηφία των τζαμιών ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν το τζαμί του Οσμάν Σαχ στα Τρίκαλα, το τζαμί Φετιχιέ στα Ιωάννινα και το τζαμί του Παρθενώνα στην Αθήνα.



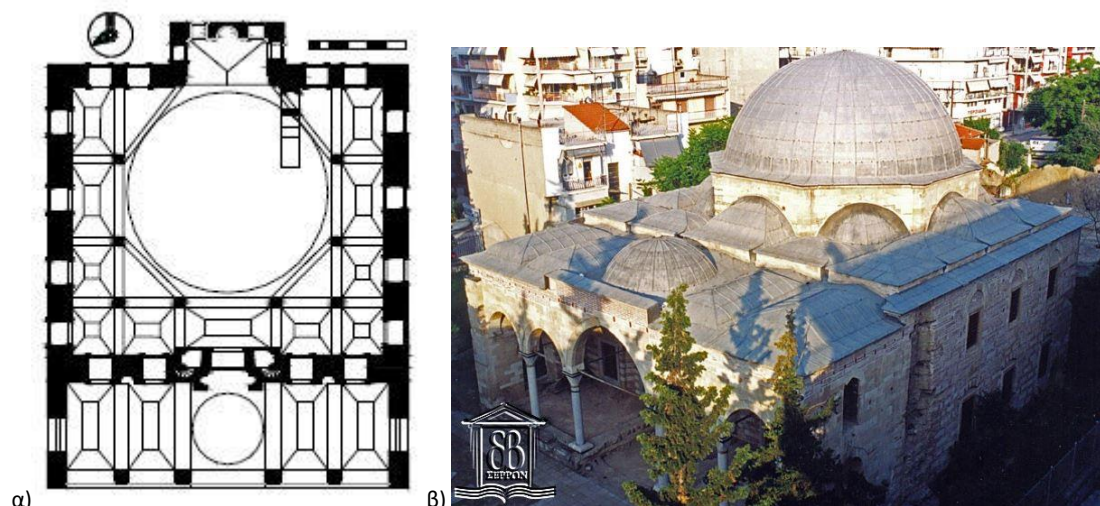
Εικόνα 7. α) Το τζαμί του Οσμάν Σαχ στα Τρίκαλα (Βογιατζής 2009), β) Το τζαμί Φετιχιέ στα Ιωάννινα (Ahmed 2010), γ) Το τζαμί του Παρθενώνα στην Αθήνα (Ahmed 2010).

Στον δεύτερο τύπο κατατάσσονται τα τζαμιά ενός χώρου με πλαινά διαμερίσματα ή τζαμιά ανεστραμμένου Τ. Η κύρια διαφορά με τα τζαμιά της πρώτης κατηγορίας είναι η προσθήκη ξεχωριστών χώρων με χρήση δωματίου για ανάπαυση, διάβασμα ή περίθαλψη (Petersen 1996). Το τζαμί του Μεχμέτ Μπέη στις Σέρρες ανήκει τυπολογικά σε αυτήν την κατηγορία.



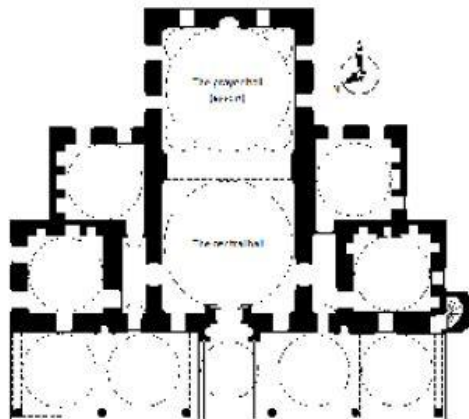
Εικόνα 8. Τζαμί Αχμέτ Πασά στις Σέρρες. α) Κάτοψη (Ahmed 2010), β) Άποψη του μνημείου (Serrelib 1995).

Στον τρίτο τύπο διακρίνονται τα τζαμιά ενός χώρου με αρθρωτό εσωτερικό. Το βασικό γνώρισμα αυτού του τύπου τζαμιών, είναι ότι η αίθουσα προσευχής είναι μεγαλύτερη από αυτήν που καθορίζεται από τον τρούλο. Εξωτερικά είναι παρόμοια με τα τζαμιά της πρώτης κατηγορίας, αλλά εσωτερικά στην βασική θολωτή τετράγωνη μονάδα προστίθενται βοηθητικοί χώροι. Αυτοί οι χώροι καλύπτονται με μικρότερους θόλους ή τεταρτοσφαιρικούς θόλους. Στην Ελλάδα υπάρχουν έξι τζαμιά που κατατάσσονται σε αυτή την κατηγορία, ένα εκ των οποίων είναι το Ζιντζιρλί τζαμί στις Σέρρες.



Εικόνα 9. Το Ζιντζιρλί τζαμί στις Σέρρες. α) Κάτοψη (Ahmed 2010), β) Άποψη του μνημείου (Serrelib 1995).

Στον τέταρτο τύπο ανήκουν τζαμιά με την ονομασία “Eynan”, τα οποία είναι παρόμοια με τα τζαμιά τύπου ανεστραμμένου Τ. “Eynan” σημαίνει ένας ορθογώνιος ή τετράγωνος χώρος με άνοιγμα μορφής τόξου μόνο στην μία από τις πλευρές του. Παράλληλα είναι ο σημαντικότερος χώρος καθώς σε αυτόν βρίσκεται το μιχράμπ. Παράδειγμα στην Ελλάδα αποτελεί το τζαμί του Ισαάκ Πασά στην Θεσσαλονίκη.

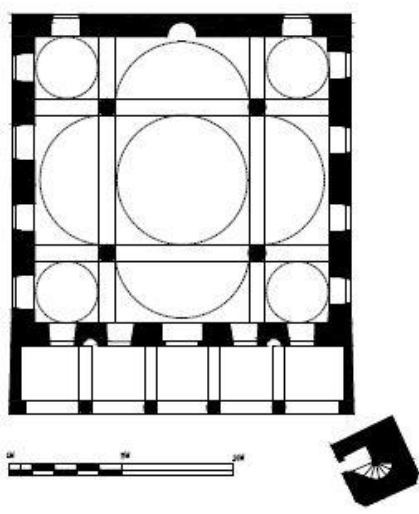


Εικόνα 10. Το τζαμί του Ισαάκ Πασά στη Θεσσαλονίκη (Ahmed 2010).



Εικόνα 11. Τζαμί τύπου "Eyyan" (Bursahaberportali 2017).

Στον πέμπτο τύπο ανήκουν τζαμιά με κεντρικό θόλο που περιβάλλεται από τέσσερις τεταρτοσφαιρικούς θόλους. Συναντώνται και με την ονομασία «τετράφυλλο τριφύλλι». Το Φετιχέ τζαμί στην Αθήνα ακολουθεί την συγκεκριμένη τυπολογία.



α)

β)



Εικόνα 12. Το Φετιχέ τζαμί στην Αθήνα. α) Κάτοψη (Ahmed 2010), β) Άποψη του μνημείου (Trip2athens 2019).

Στον έκτο τύπο κατατάσσονται τζαμιά που έχουν ως κύριο χαρακτηριστικό μία αυλή που περιβάλλεται από τοιχοποιία και στοά. Στον ελλαδικό χώρο διατηρείται μόνο το τζαμί Χαμζά Μπέη, γνωστό και ως Αλκαζάρ, το οποίο βρίσκεται στην Θεσσαλονίκη.



Εικόνα 13. Το τζαμί Χαμζά Μπέη στη Θεσσαλονίκη (Elliniko-panorama 2017).

Στον έβδομο τύπο ανήκουν τα τζαμιά πολλαπλών μονάδων. Χαρακτηριστικό τους είναι οι πολλοί θόλοι. Μοναδικό παράδειγμα στην Ελλάδα αποτελεί το τζαμί του συγκροτήματος Βελή Πασά στο Ρέθυμνο της Κρήτης. Η αίθουσα προσευχής καλύπτεται από δύο σειρές των τριών θόλων, και το ρεβák από τρεις θόλους, δημιουργώντας συνολικά μία τετραγωνική κάτοψη από εννέα θόλους.

Στον όγδοο τύπο κατατάσσονται τζαμιά οκταγωνικής κάτοψης. Είναι ένας σπάνιος τύπος συνολικά για την οθωμανική αρχιτεκτονική, καθώς τέτοιας μορφής κτίρια έχουν χρήση μαυσωλείου. Στην Ρόδο υπάρχει το μόνο τζαμί αυτής της κατηγορίας, το Σιντριβάν τζαμί.

Το τζαμί του Οσμάν Σαχ στα Τρίκαλα, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ανήκει στον πρώτο τύπο, καθώς η κάτοψη της κύριας αίθουσας είναι τετραγωνική και καλύπτεται με έναν θόλο. Εξωτερικά υπάρχει ρεβák και ένας μιναρές. Αρχιτέκτονας του τεμένους είναι ο ονομαστός "Koca mimar Sinan", Κοτζά Σινάν (Μαντζανά 2012).

2.3 Ο «μεγάλος» αρχιτέκτονας Κοτζά Σινάν

Ο Κοτζά Σινάν γεννήθηκε στην Καισαρεία της Καππαδοκίας το 1490 και απεβίωσε στην Κωνσταντινούπολη το 1588. Πιθανολογείται ότι έχει ελληνική καταγωγή. Η λέξη "Sinan" στα ελληνικά λέγεται «δόρυ» και απονέμεται ως όνομα σε εξισλαμισμένους χριστιανούς (Μαντζανά 2012), (Πετρονώτης 2008).

Ο Σινάν έζησε και εργάστηκε στη διάρκεια της βασιλείας του Σουλεϊμάν Α' (1520-1566), του Σελίμ Β' (1566-1574) και του Μουράτ Γ' (1574-1595). Εκείνη την περίοδο τα δημόσια βασιλικά έργα αναλάμβανε υπηρεσία υπαγόμενη στον σουλτάνο και ονομάζονταν σώμα αυτοκρατορικών αρχιτεκτόνων (hassa mimarları ocağı), το οποίο απαρτιζόταν από πολλούς βασιλικούς αρχιτέκτονες (hassamimarlar, mimar) διαφόρων εθνικοτήτων της ευρύτερης περιοχής της Οθωμανικής Αυτοκρατορίας. Το σώμα αυτοκρατορικών αρχιτεκτόνων είχε επικεφαλής αρχιτέκτονα που έφερε τον τίτλο «πρώτος αυτοκράτορας αρχιτεκτόνων». Την θέση αυτή κατείχε ο Κοτζά Σινάν πενήντα χρόνια, από το 1538 έως και τον θάνατό του. Ο επικεφαλής είχε έναν πρώτο βοηθό ή αναπληρωτή αρχιτέκτονα ονομαζόμενο "halife" ή "kalfa" (Πετρονώτης 2008).



Εικόνα 14. Άγαλμα του Κοτζά Σινάν (Oteledirne 2017).

Θεωρείται από τους μεγαλύτερους αρχιτέκτονες της περιόδου αν όχι ο μεγαλύτερος, καθώς του αποδίδεται η κατασκευή περίπου 500 έργων διαφόρων λειτουργιών και χρήσεων. Μεταξύ αυτών ήταν 84 τζαμιά, 52 μεστζίτια (μικρότερα τεμένη χωρίς μιναρέ), 45 τάφοι, 74 μεντρεσέδες (ιεροδιδασκαλεία), 56 χαμάμια (λουτρά), 22 ιμαρέτια (πτωχοκομεία) καθώς και μεκτέπια (σχολεία για μικρά παιδιά), καραβανσεράγια (μεγάλα χάνια), σαράγια (παλάτια), αποθήκες, γέφυρες και υδραγωγεία (Πετρονώτης 2008), (Αθανασιάδης 2009).

Στα σημαντικότερα έργα του διακρίνονται το τζαμί Σουλεϊμανιγιέ στην Κωνσταντινούπολη και το τζαμί Σελιμιγιέ στην Ανδριανούπολη. Ο Κοτζά Σινάν είχε ως αρχιτεκτονικό πρότυπο το ναό της Αγίας Σοφίας. Αυτό αποδεικνύεται από τα δύο παραπάνω έργα που κατασκεύασε (Αθανασιάδης 2009), (Πετρονώτης 2008), (Ahmed 2010), (Takigawa 2012).

Το τζαμί Σουλεϊμανιγιέ ολοκληρώθηκε το 1556 και είναι το δεύτερο μεγαλύτερο μετά το τζαμί Φατίχ. Πραγματοποιήθηκε χάρη στον σουλτάνο Σουλεϊμάν τον Μεγαλοπρεπή. Ο κυρίως χώρος λατρείας έχει διαστάσεις 58,5μ. x 57,5μ. και ο θόλος έχει διάμετρο 26,5μ. ενώ βρίσκεται σε ύψος 53,0μ. Το συγκρότημα (κουλιγιέ) ολοκληρώθηκε αρκετά χρόνια αργότερα και αποτελούνταν από 4 ιεροδιδασκαλεία, σχολεία ανάγνωσης του Κορανίου και της Ιερής παράδοσης, νοσοκομείο, ιμαρέτ, εμπορικό χώρο καθώς και τα μαυσωλεία του Σουλεϊμάν, της γυναίκας του Ρωξελάν και του ίδιου του Κοτζά Σινάν (Takigawa 2012).



Εικόνα 15. Το Σουλεϊμανιγιέ τζαμί στην Κωνσταντινούπολη (Instabul 2012).



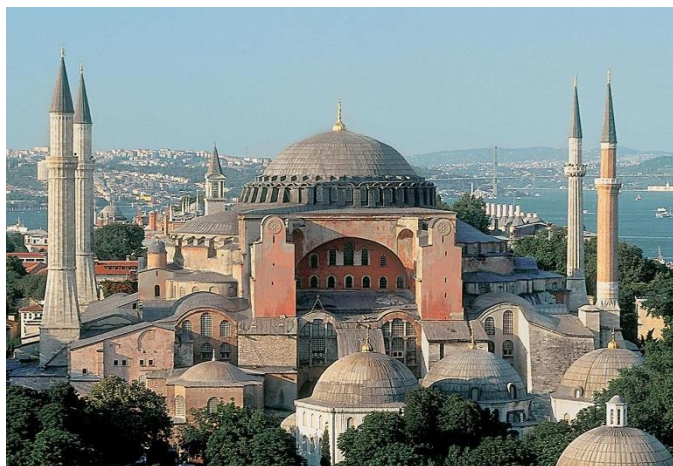
Εικόνα 16. Ο τουρμπές του Κοτζά Σινάν (Degisti 2014).

Το τζαμί Σελιμιγιέ κατασκευάστηκε στην Ανδριανούπολη από το 1567 έως το 1574. Ο χώρος λατρείας έχει διαστάσεις περίπου 40μ. x 45μ και ο θόλος του έχει διάμετρο 31μ. ενώ απέχει 45μ. από το έδαφος. Στις τέσσερις γωνίες του κτίσματος υπάρχουν μιναρέδες με ύψος 71μ.



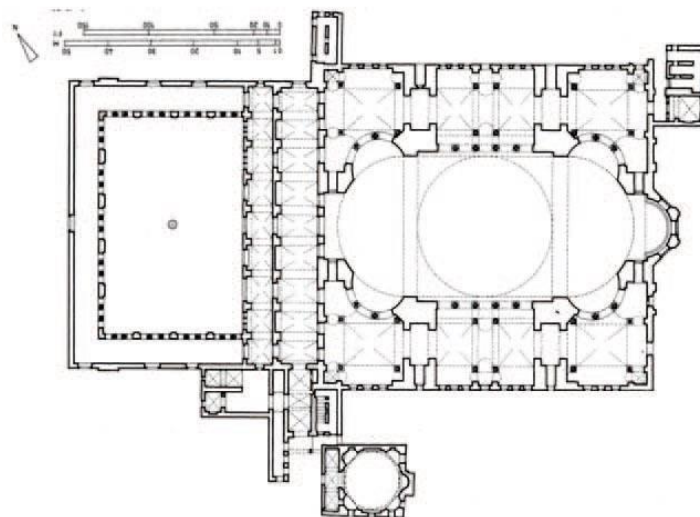
Εικόνα 17. Το Σελιμιγιέ τζαμί στην Ανδριανούπολη (Milliyet 2017).

Το ύψος και τα στοιχεία της Αγίας Σοφίας ενέπνευσαν την οθωμανική αρχιτεκτονική των τζαμιών. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω ο Κοτζά Σινάν είχε ως αρχιτεκτονικό πρότυπο τον ναό της Αγίας Σοφίας.

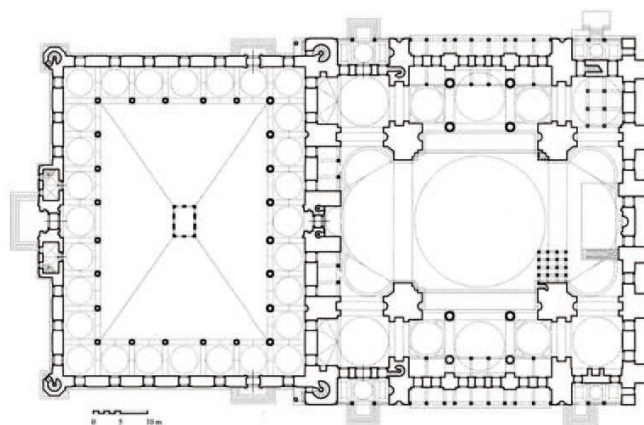


Εικόνα 18. Η Αγία Σοφία στην Κωνσταντινούπολη (Ozmagazine 2018).

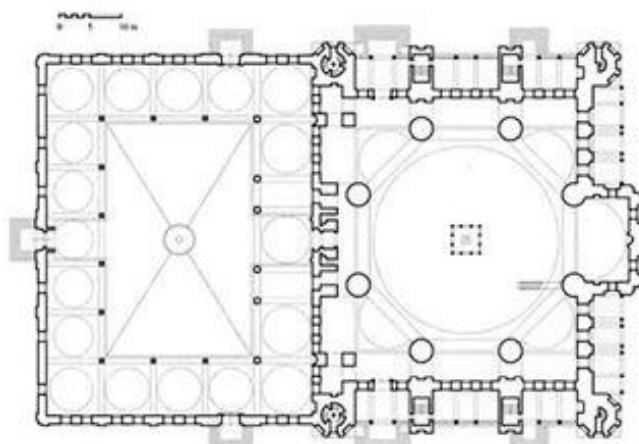
Για την κατασκευή του τεμένους Σουλεϊμανιγιέ ενσωματώθηκε το σχέδιο της Αγίας Σοφίας. Ενώ στο Σελιμιγιέ τζαμί παρόλο που το σχέδιό του είναι διαφορετικό οδηγεί στην ίδια χωροταξική δομή. Βέβαια αυτό δεν σημαίνει ότι τα παραπάνω τζαμιά αποτελούν απομιμήσεις της Αγίας Σοφίας, αλλά μία πολιτιστική σύνθεση με βυζαντινό ύφος (Takigawa 2012), (Ahmed 2010).



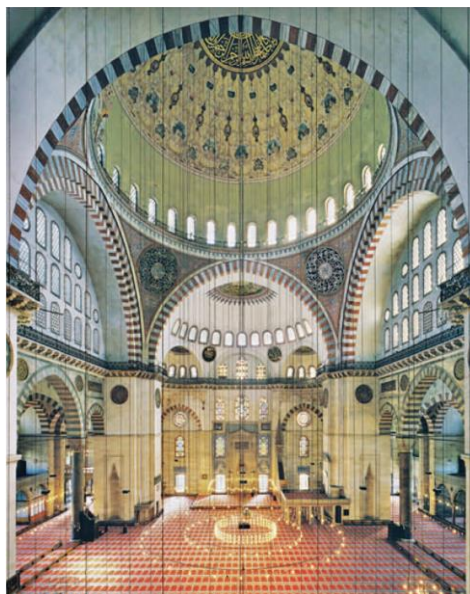
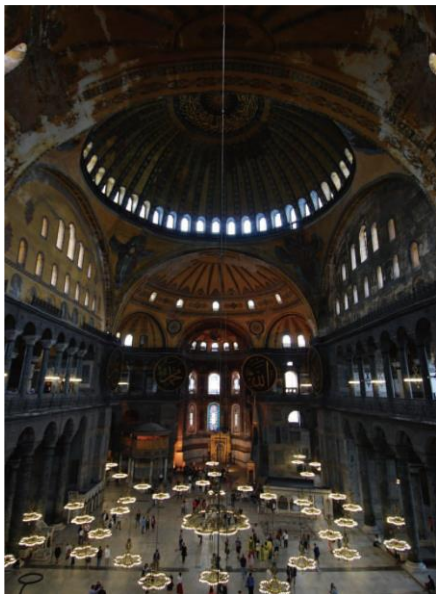
Εικόνα 19. Κάτοψη της Αγίας Σοφίας (Takigawa 2012).



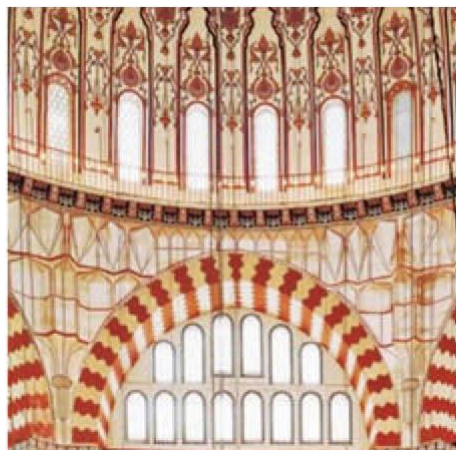
Εικόνα 20. Κάτοψη του Σουλεϊμανιγιέ τζαμιού (Takigawa 2012).



Εικόνα 21. Κάτοψη του Σελιμιγιέ τζαμιού (Takigawa 2012).



Εικόνα 22. Αγία Σοφία - Σουλεϊμανιγιέ τζαμί (Takigawa 2012).



Εικόνα 23. Σουλεϊμανιγιέ τζαμί - Σελιμιγιέ τζαμί (Takigawa 2012).

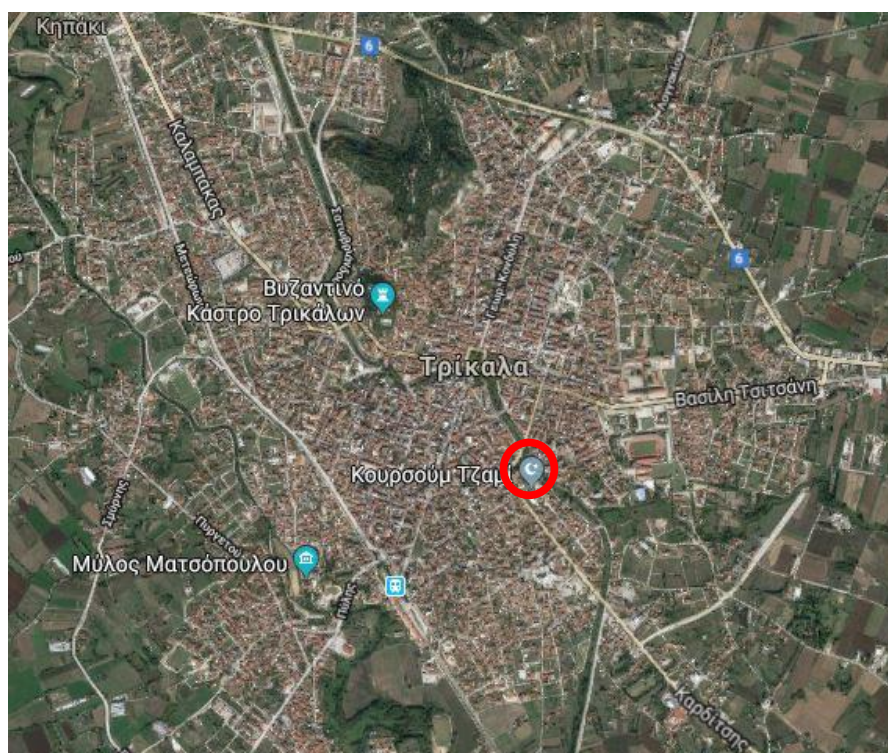


Εικόνα 24. Αγία Σοφία (Exploringbyzantium 2019).

3 Οθωμανικό τέμενος Οσμάν Σαχ

3.1 Γεωγραφική θέση

Το τζαμί του Οσμάν Σαχ βρίσκεται νοτιοανατολικά του κέντρου της πόλεως των Τρικάλων, στις παρυφές του Ληθαίου ποταμού. Συγκεκριμένα βρίσκεται επί της οδού Καρδίτσης απέναντι από τον Ναό των Αγίων Κωνσταντίνου και Ελένης.

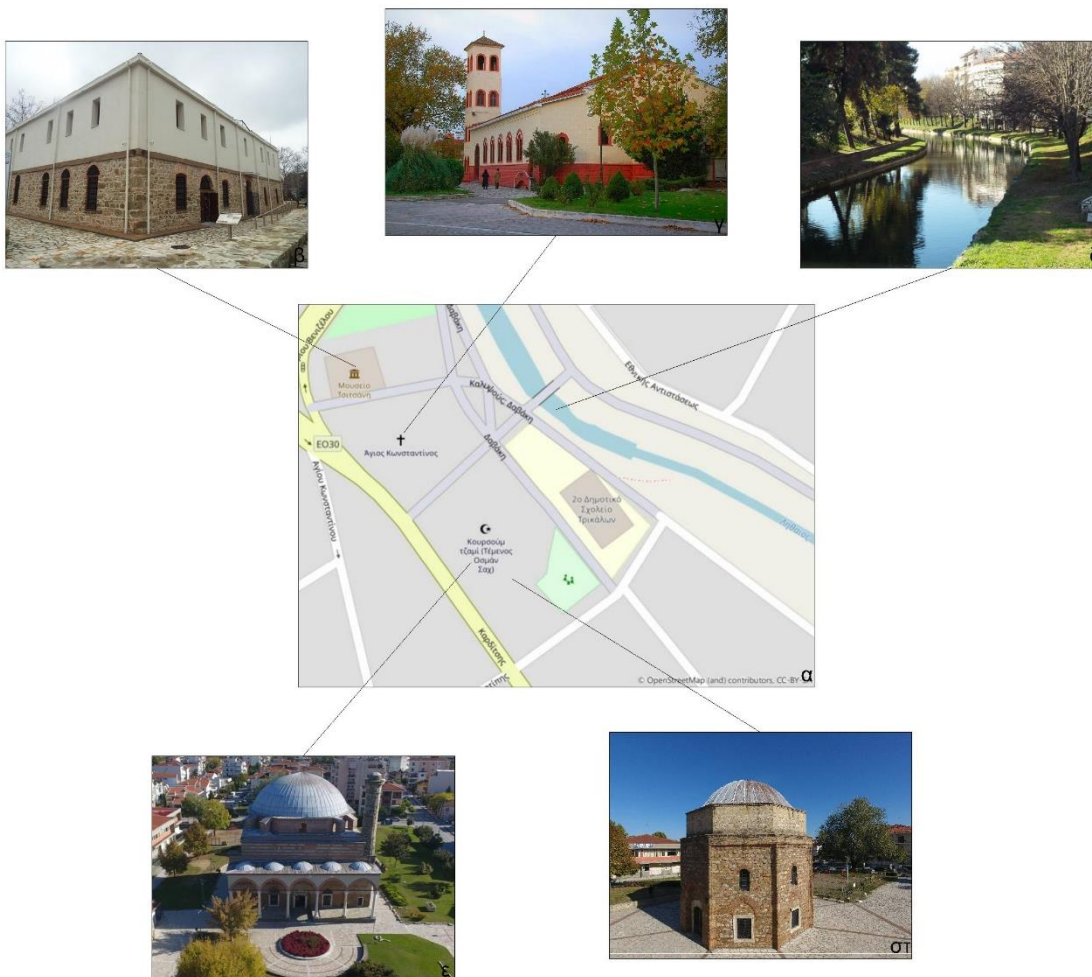


Εικόνα 25. Δορυφορική εικόνα των Τρικάλων με αναφορά στο τέμενος του Οσμάν Σαχ (Google maps 2018).



Εικόνα 26. Τρισδιάστατη απεικόνιση του τεμένους του Οσμάν Σαχ (Bing maps 2018).

Η περιοχή που βρίσκεται το τέμενος του Οσμάν Σαχ έχει αποκτήσει ιδιαίτερη αξία τα τελευταία χρόνια για τους κατοίκους της πόλεως των Τρικάλων αλλά και για τους επισκέπτες της. Το τζαμί μαζί με τον τουρμπέ που βρίσκεται πλησίον του, κατόπιν των εργασιών αποκατάστασης των κτιρίων και τη διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου της δεκαετίας του 1990, έχει γίνει επισκέψιμο μνημείο και χώρος πολιτισμού. Απέναντι από την κύρια όψη του τεμένους βρίσκεται ο Ναός των Αγίων Κωνσταντίνου και Ελένης. Πρόκειται για ναό δρομικού τύπου, αρκετά μεγάλος σε μέγεθος ενώ αποτελεί από τις μεγαλύτερες ενορίες της πόλεως. Αριστερά του ναού βρίσκεται το κέντρο έρευνας - μουσείο Τσιτσάνη, που περιλαμβάνει μεταξύ άλλων το μουσείο του τρικαλινού δημιουργού. Επίσης, στο ισόγειο του κτιρίου υπάρχει το δίδυμο οθωμανικό λουτρό (χαμάμ) που πρόσφατα αποκαλύφθηκε και αναδείχθηκε και πλέον είναι επισκέψιμος χώρος. Ανατολικά της περιοχής αυτής διέρχεται ο Ληθαίος ποταμός, εκατέρωθεν του οποίου έχουν διαμορφωθεί περιπατητικές διαδρομές. Πλησίον του τουρμπέ βρίσκεται μία παιδική χαρά, ενώ υπάρχουν και τα αντίστοιχα αναψυκτήρια του τζαμιού και του μουσείου. Η περιοχή διακρίνεται πλέον για τον πολιτιστικό, τον κοινωνικό και τον θρησκευτικό χαρακτήρα. Επίσης μπορεί να χαρακτηριστεί και ως χώρος αναψυχής.



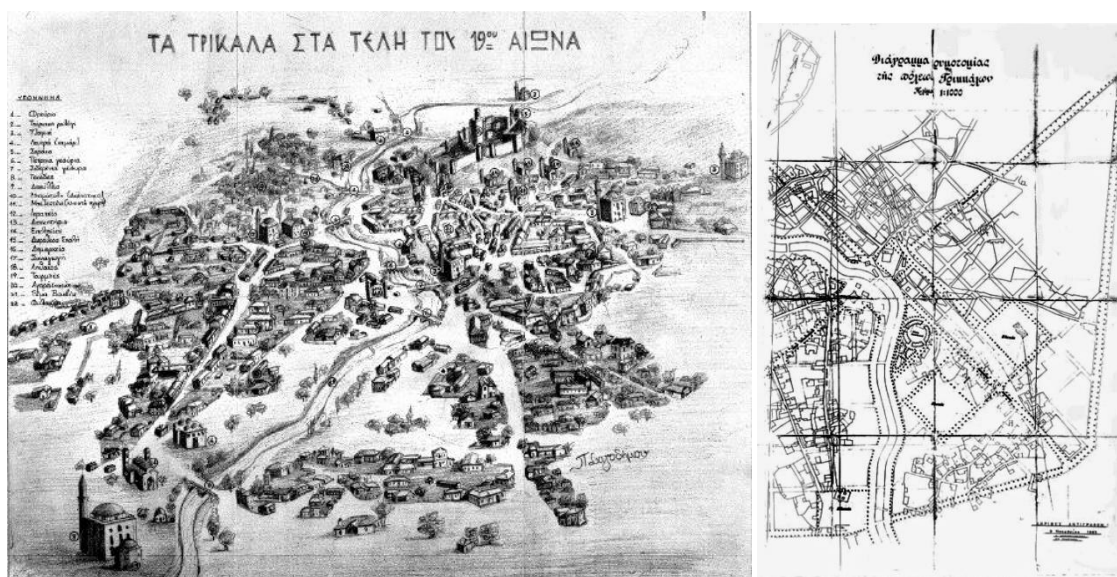
Εικόνα 27. α) Χάρτης της περιοχής (Trikalacity 2019), β) Το κτίριο του μουσείου Τσιτσάνη (Tourismtoday 2017), γ) Ο Ναός των Αγίων Κωνσταντίνου και Ελένης (Trikalanews 2019), δ) Ο Ληθαίος ποταμός (Trikalacity 2019), ε) Το τέμενος του Οσμάν Σαχ, στ) Ο τουρμπές του Οσμάν Σαχ.

3.2 Ιστορικά στοιχεία

Τα Τρίκαλα κατακτήθηκαν από τους Οθωμανούς το 1393μ.Χ., απελευθρώθηκαν το 1403μ.Χ. για μικρό χρονικό διάστημα έως το 1421μ.Χ. όπου και υποτάχτηκαν ξανά έως την οριστική απελευθέρωση το 1881μ.Χ. (Ζαφείρης 2013). Την περίοδο αυτή τα Τρίκαλα ήταν η πρωτεύουσα του σαντζακίου της Θεσσαλίας (Σπανός 2000), (Πετρονώτης 2008). Το σαντζάκι αποτελούσε τον πυρήνα του διοικητικού συστήματος των Οθωμανών, μία περιφέρεια, με διοικητή τον σαντζάκμπεη (Σπανός 2000).

Στην περιοχή κατοικούσαν Έλληνες, Τούρκοι και Εβραίοι, ωστόσο γίνονται αναφορές σε αλβανικές οικογένειες αλλά και αραβικές. Κατά τη διάρκεια αυτής της μακρόχρονης περιόδου παρατηρούνται πληθυσμιακές αυξομειώσεις τόσο στον σύνολο της πόλης όσο και στην αναλογία χριστιανών, μουσουλμάνων και Εβραίων. Όσον αφορά τις οικονομικές δραστηριότητες, οι μουσουλμάνοι ασχολούνταν κυρίως με την βιοτεχνία και το εμπόριο, ενώ οι χριστιανοί με την κτηνοτροφία και την γεωργία (Σπανός 2000).

Κατά την ακμή της οθωμανικής περιόδου επενδύονταν αρκετά χρήματα για δημόσια έργα ώστε να υπάρχει έλεγχος της παραγωγής και συγχρόνως αυτή η πρακτική αποτελούσε μέθοδο για τον εξισλαμισμό της διοίκησης αλλά και της μορφής της πόλης. Στα χρόνια του Οσμάν Σαχ και των Τουραχανίδων, παρατηρείται αυξημένη οικοδομική δραστηριότητα και πολεοδομικές παρεμβάσεις. Αυτές οι δράσεις περιελάμβαναν ιερά ιδρύματα, δωμάτια, λουτρά, μύλους, δριστερές, κρήνες, αγροτεμάχια, βοσκοτόπια και ζωικό κεφάλαιο (Κότσιαρη 2016).



Εικόνα 28. Τα Τρίκαλα στα τέλη του 19ου αιώνα (Κατσόγιαννος 1992) και το ρυμοτομικό σχέδιο των Τρικαλών του 1885 (Κατσαρός 2009).

Λίγα χρόνια πριν την απελευθέρωση, σύμφωνα με τον Σπανό αναφέρεται ότι στην πόλη των Τρικαλών υπήρχαν επτά με οκτώ τζαμιά, τέσσερα μεστζίτια (μικρότερα συνοικιακά τεμένη χωρίς μιναρέ), πέντε τεκέδες, τρία λουτρά, ένας τουρμπές, επτά χριστιανικές εκκλησίες, μία συναγωγή, ένας τούρκικος στρατώνας, τέσσερα ελληνικά σχολεία και ένα τούρκικο, αρκετά χάνια και μία αγορά (μπεζεστένι) (Σπανός 2000).

Ωστόσο, στην επίσημη επετηρίδα "salname" του 1871 αναφέρονται εννέα τζαμιά στην πόλη, κάποια με το όνομα του ιδρυτή τους και κάποια με το όνομα της συνοικίας στην οποία βρίσκονταν. Με τα ονόματα δίνονται το τζαμί του Τουραχάν, γνωστό και ως Παζάρ τζαμί, του Οσμάν Σαχ, του Χατζή Μουσταφά και του Χουσεΐν Αγά (Πετρονώτης 2008, Κότσιαρη 2016). Με το όνομα της θέσης τους αναφέρονται τα τζαμιά στη συνοικία Παλαιό Σαράγι ή Παλιοσάραγον,

στα Κουτσομούλια, στα Τέσσερα Κανάλια και στο Φρούριο. Επίσης αναφέρεται και το Κουκουτζαμί, απέναντι από την συνοικία Κουτσομούλια (Κότσιαρη 2016).

Το τζαμί του Τουραχάν Βέη, γνωστό ως Παζάρ τζαμί, ιδρύθηκε περί το 1446 από τον Τουραχάν. Αρχικά αποτελούσε το κέντρο μιας μουσουλμανικής συνοικίας, σταδιακά όμως έγινε το κέντρο του εμπορίου της πόλης. Ήταν ένα τετράγωνο θολωτό κτίσμα με μιναρέ 20 περίπου μέτρων. Στο σχέδιο πόλης του 1885 εντοπίζονται η θέση και το περίγραμμα του κτιρίου (Κότσιαρη 2016). Το τζαμί κατεδαφίστηκε το 1886 (Σαμαράς και Κρασιά 2017).

Το τζαμί του Μεχμέτ Αγά εντοπίζεται και αυτό στο ρυμοτομικό σχέδιο του 1885, σημειώνεται επίσης με το όνομά του στον χάρτη της χαρτογραφικής υπηρεσίας του 1910-20. Το τζαμί κατεδαφίστηκε το 1954 (Κότσιαρη 2016). Στην παρακάτω φωτογραφία της πόλεως των Τρικάλων που χρονολογείται περί του 1890, διακρίνεται στο βάθος ο μιναρές του τεμένους (Κύρμπας 2017).



Εικόνα 29. Φωτογραφία των Τρικάλων του 1890 (αρχείο Κύρμπας 2017).

Στα μέσα του 16ου αιώνα ιδρύθηκε το τζαμί του Οσμάν Σαχ. Είναι το μόνο που σώζεται και διατηρείται στα Τρίκαλα μαζί με τον τουρμπέ που βρίσκεται νοτιοανατολικά του τεμένους. Στη συνέχεια γίνεται εκτενής αναφορά στην ιστορία, στην αρχιτεκτονική και στις χρήσεις του.

Στα Τρίκαλα υπήρχαν όπως αναφέρθηκε παραπάνω τεκέδες, πιθανόν πέντε, στους οποίους ζούσαν οι δερβίσηδες. Επίσης αναφέρεται η ύπαρξη τριών χαμάμ, αυτό του Οσμάν Σαχ που ήταν διπλό, του Ντουρχάν Βέη και του Ομέρ Βέη, γιου του Τουραχάν Βέη. Το χαμάμ του Οσμάν Σαχ κατασκευάστηκε λίγα χρόνια μετά το τζαμί, είχε διαστάσεις 38μ. x 23μ. και σημειώνεται στο σχέδιο πόλης του 1885. Στις αρχές του 1890 - 1900 μετατράπηκε σε φυλακές (Κότσιαρη 2016). Το 2006 οι φυλακές μεταφέρθηκαν και το κτίριο παραχωρήθηκε στον Δήμο Τρικκαίων. Μετά από εργασίες αποκατάστασης που διενεργήθηκαν το κτίριο μετατράπηκε σε κέντρο έρευνας - μουσείο Τσιτσάνη (Trikalacity 2019).



Εικόνα 30. α) Οι φυλακές τη δεκαετία του 1990 (Trikala-city.blogspot 2019), β) Το κτίριο του μουσείου Τσιτσάνη (Tourismtoday 2017), γ) και δ) Απόψεις του δίδυμου οθωμανικού λουτρού (Festivalierapetra 2019).

Η πολιτιστική κληρονομιά υλική και άυλη, που άφησε αυτή η περίοδος διάρκειας σχεδόν μισής χιλιετίας, είναι έντονη στην ευρύτερη περιοχή. Ωστόσο υπήρξαν χρονικά διαστήματα στα οποία σημειώθηκαν χαρακτηριστικές απώλειες στοιχείων της οθωμανικής αρχιτεκτονικής. Αμέσως μετά την απελευθέρωση της πόλης τα περισσότερα οθωμανικά κτίρια γκρεμίζονται, λόγω και αντικειμενικών συνθηκών, αλλά και μεταβολών στην αντίληψη της τοπικής κοινωνίας και αυτοδιοίκησης καθώς δεν συγκέντρωναν την εκτίμησή τους (Σαμαράς και Κρανιά 2017).

Σήμερα τα μόνα κτίρια που σώζονται από εκείνη την περίοδο και έχουν οθωμανικά στοιχεία είναι το τζαμί και ο τουρμπές του Οσμάν Σαχ, το χαμάμ και το πρώην τούρκικο διοικητήριο που σήμερα στεγάζει το Δικαστικό Μέγαρο (Κότσιαρα 2016).

Το τζαμί του Οσμάν Σαχ είναι ένα μεγαλοπρεπές κτίριο και ταυτόχρονα το μεγαλύτερο τζαμί στον ελλαδικό χώρο. Λόγω της ιστορικής και αρχιτεκτονικής του αξίας, είναι κηρυγμένο ιστορικό διατηρητέο μνημείο με το Βασιλικό Διάταγμα της 30-5-1936 και Φ.Ε.Κ. 245/A/8-6-1936 με βάση το άρθρο 5 του Ν.2447 (Κατσαρός 2014).

Το τέμενος, το οποίο χτίστηκε στα μέσα του 16ου αιώνα, οφείλει το ονόμα του στον χορηγό της δαπάνης κατασκευής, όπως κατά κανόνα συμβαίνει με τα τζαμιά. Ωστόσο είναι γνωστό και με την ονομασία «Κουρσούμ Τζαμί» καθώς «κουρσούμ» στα τούρκικα σημαίνει μόλυβδος, μιας και ο ημισφαιρικός θόλος του είναι κατασκευασμένος από μόλυβδο. Η ακριβής χρονολογία ανέγερσης του κτιρίου είναι άγνωστη καθώς δεν υπάρχουν στοιχεία που να την τεκμηριώνουν. Ωστόσο υπολογίζεται περίπου δέκα χρόνια πριν το θάνατο του Οσμάν Σαχ, ο οποίος θάφτηκε στον τουρμπέ που βρίσκεται νοτιοανατολικά του τεμένους το 1567/8 (Μαντζανά 2012, Πετρονώτης 2008).

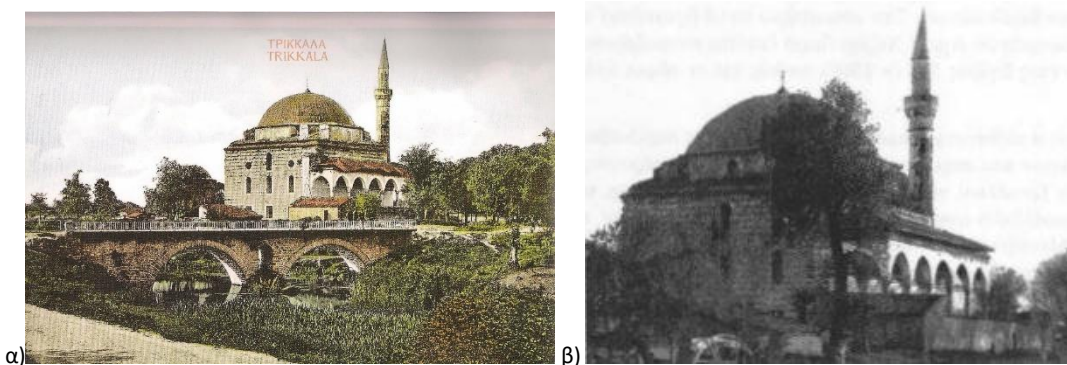
Ο Οσμάν Σαχ ήταν γιος του Μουσταφά Πασά, ο οποίος παντρεύτηκε την κόρη του σουλτάνου Σελίμ Α. Αφού βρέθηκε διοικητής του σαντζακίου (sancak) των Τρικάλων, έχτισε το τζαμί μαζί με διάφορα αγαθοεργά ιδρύματα (Μαντζανά 2012), (Κατσαρός 2014), (Βογιατζής 2009). Οι μύθοι που συνοδεύουν τη ζωή του, διηγούνται τις περιπέτειες και τις κακουχίες που αντιμετώπισε κατά τη διάρκεια του ταξιδιού του προς τα Τρίκαλα, με αποτέλεσμα να αρρωστήσει βαριά. Όταν έγινε καλά στην υγεία του, για να ευχαριστήσει τον Αλλάχ έχτισε το τζαμί (Πετρονώτης 2008).



Εικόνα 31. Το οθωμανικό τέμενος του Οσμάν Σαχ όπως είναι σήμερα (Odysseus.culture 2018).

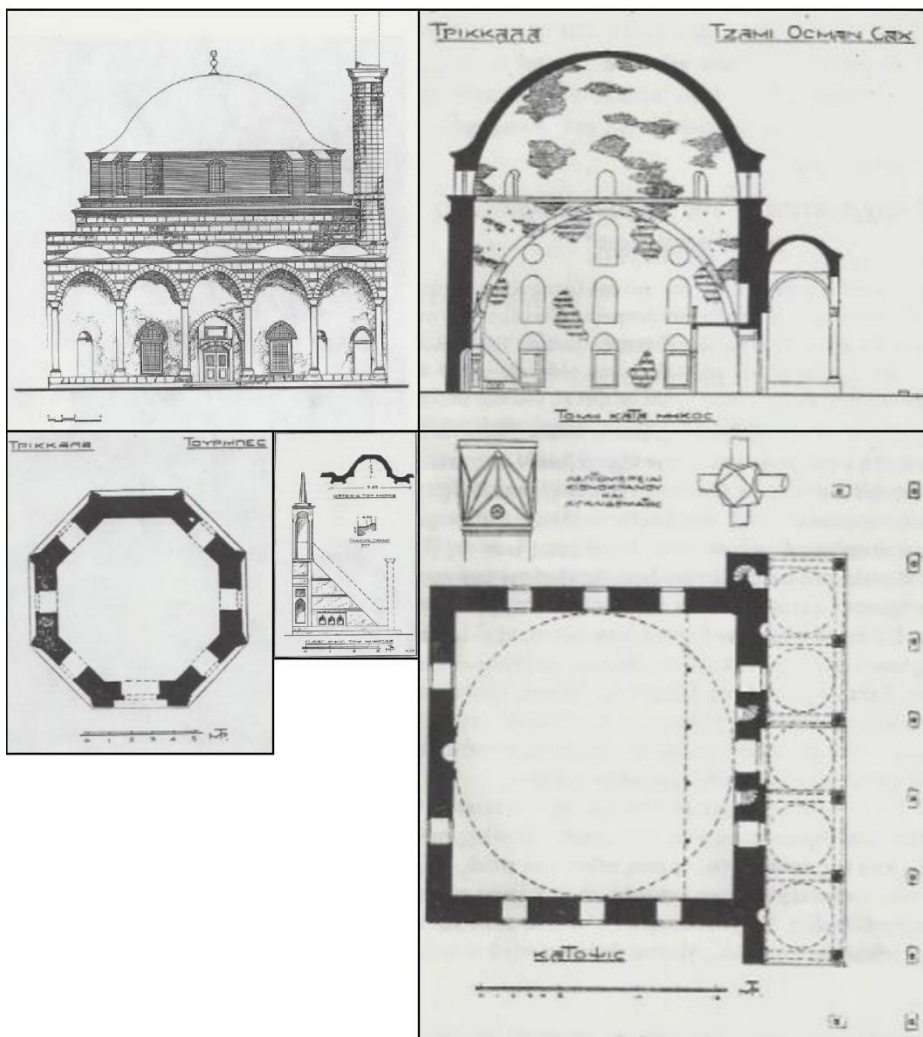
Ουσιαστικά το τέμενος αποτελούσε το κεντρικό σημείο ενός εκτεταμένου θεσμικά συγκροτήματος κτιρίων, γνωστό με το όνομα κουλγέ. Το πλαισίωσαν κτίρια που παρείχαν οικονομικούς πόρους, αλλά και κτίρια πρόνοιας. Αρχικά το σύμπλεγμα των κτιρίων αποτελούνταν από ένα διπλό χαμάμ, ένα σχολείο γραμμάτων, ένα πτωχοκομείο καθώς και ένα χάνι. Επίσης παράλληλα με τα παραπάνω χτίστηκε μία τοξωτή πέτρινη γέφυρα για την προσπέλαση του Ληθαίου ποταμού (Μαντζανά 2012, Πετρονώτης 2008, Κότσιαρη 2016).

Από τα μέσα του 19ου αιώνα τα σημάδια αποδυνάμωσης της αυτοκρατορίας φαίνονται και στην περιοχή της κεντρικής Ελλάδας. Το 1881 η Θεσσαλία ενσωματώνεται στην ελληνική επικράτεια. Εκείνη την περίοδο το εσωτερικό του τζαμιού άδειασε από οποιοδήποτε αντικείμενο υπήρχε. Εξωτερικά διατηρούσε την αρχική του μορφή χωρίς να υπάρχουν ιδιαίτερες αλλοιώσεις (Κατσαρός 2014), (Πετρονώτης 2008).



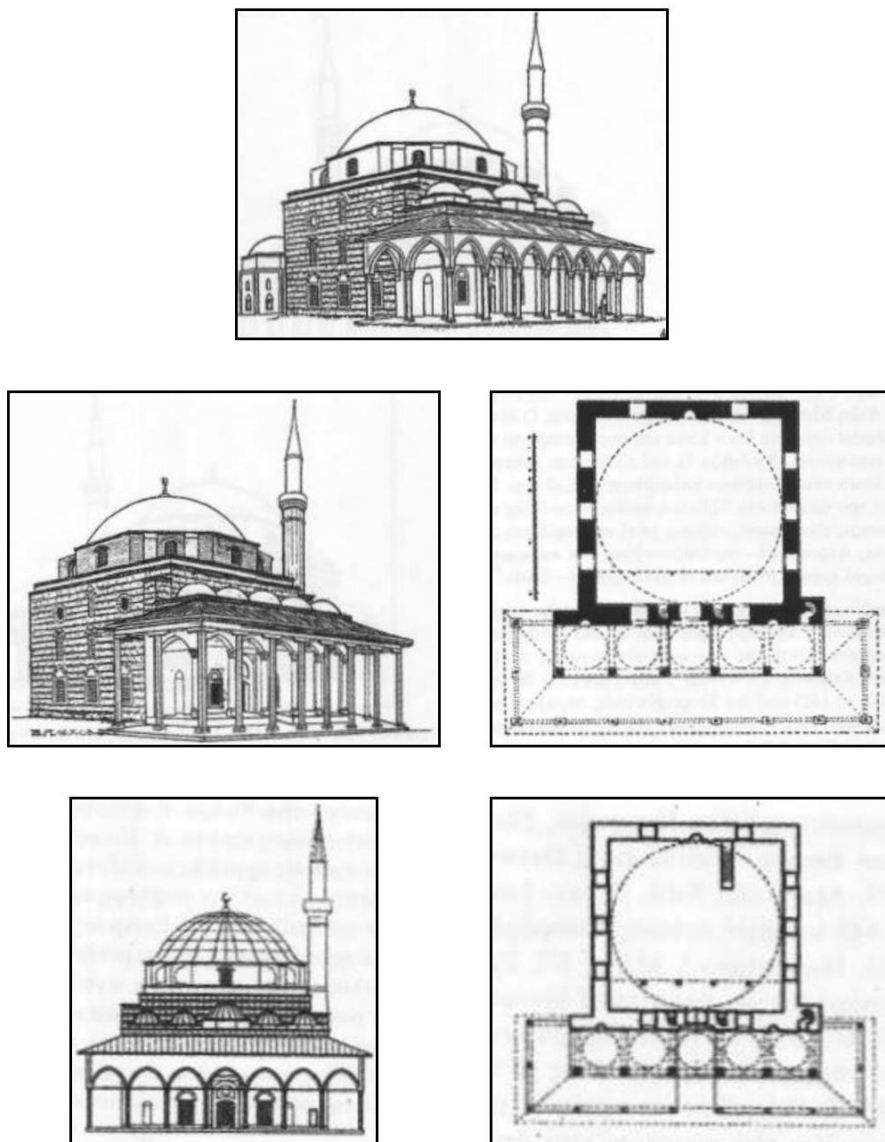
Εικόνα 32. α) Το τζαμί το 1890 (Κατσαρός 2014), β) Το τζαμί λίγο μετά το 1881 (Πετρονώτης 2008).

Ο Οθωμανολόγος Franz Babinger το 1927 επισκέπτεται το μνημείο μαζί με τους καθηγητές του πανεπιστημίου Αθηνών Ν. Βέη και Α. Ορλάνδου. Κατόπιν της επιτόπιας επίσκεψης του το 1929, περιγράφει σε μία δημοσίευσή του την εικόνα που αντίκρισε. Εξωτερικά η στοά (ρεβάκ) είχε καταρρεύσει, ενώ έλειπε και η κορυφή του μιναρέ. Συνολικά το κτίριο είχε εικόνα ερήμωσης. Το 1929 ο καθηγητής Α. Ορλάνδος, διακεκριμένος αρχιτέκτονας, αρχαιολόγος και βυζαντινολόγος, μελέτησε λεπτομερώς το κτίριο και δημοσίευσε στα Πρακτικά της Ακαδημίας Αθηνών την εργασία του για την αρχιτεκτονική του τεμένους και του τουρμπέ (Κατσαρός 2014), (Πετρονώτης 2008).



Εικόνα 33. Τζαμί και τουρμπές - Αρχιτεκτονικά σχέδια του Α. Ορλάνδου (Πετρονιώτης 2008).

Στην κάτοψη του Ορλάνδου αποτυπώνονται μπροστά από το προστώ, δέκα βάσεις στηριγμάτων, έξι κατά αντιστοιχία τοποθετημένων προς τα έξι στηρίγματα της στοάς και τέσσερα στα πλαϊνά της. Τα στοιχεία αυτά, μαζί με αρκετά ακόμη χάθηκαν στο πέρασμα των επόμενων χρόνων. Ωστόσο εκτιμάται ότι το τζαμί είχε διπλή στοά. Ο Τούρκος καθηγητής Artullah Kurban που έχει ασχοληθεί με την βιογραφία του Κοτζά Σινάν, αναφέρεται στην διπλή στοά του τζαμιού του Οσμάν Σαχ. Από τις προσπάθειες αναπαράστασης του διπλού προστώ που έχουν γίνει, συμπεραίνεται ότι η εμπρόσθια στοά ήταν ξύλινη με μονόρριχτη στέγη (Πετρονιώτης 2008).



Εικόνα 34. Σχέδια αναπαράστασης του διπλού προστώου (Πετρονώτης 2008).

Το 1936, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το τζαμί χαρακτηρίστηκε ως ιστορικό διατηρητέο μνημείο. Ύστερα από την ενέργεια αυτήν οι τοπικές αρχές αντιλαμβάνονται την αξία του κτιρίου και το 1937 καλούν τον Α. Ορλάνδο να συντάξει μελέτη αναστήλωσης του κτιρίου. Είναι η πρώτη ουσιαστική παρέμβαση για τη διατήρηση του μνημείου στη νεότερη ιστορία (Κατσαρός 2014).

Ωστόσο λόγω του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου οι εργασίες δεν εκτελούνται όπως διαπιστώνεται και από τη σύγκριση των παρακάτω τεκμηρίων. Στην γκραβούρα απεικονίζεται το τζαμί τη δεκαετία του 1930, όπου είναι εμφανή τόσο η κατάρρευση του ρεβάκ, όσο και η αφαίρεση της μύτης του μιναρέ. Στη φωτογραφία παρατηρείται η ίδια ακριβώς εικόνα του κτιρίου λίγο μετά το τέλος του πολέμου. Για την ιστορία το πέτρινο τοξωτό γεφύρι υπολογίζεται ότι κατασκευάστηκε στις αρχές του 18ου αιώνα, επί Τουρκοκρατίας. Την άνοιξη του 1941 η γέφυρα κατεδαφίστηκε από τους Βρετανούς στην προσπάθειά τους να εμποδίσουν την προέλαση των Γερμανών (Κύρμπας 2017).



Εικόνα 35. Καρτ ποστάλ των αρχών του 20ού αιώνα (Κουρτίδης 2013).



Εικόνα 36. Το τέμενος λίγο μετά τον Β' Παγκόσμιο πόλεμο (Κατσαρός 2014).

Στην χρόνια φυσιολογική φθορά του κτιρίου προστέθηκαν επιπλέον βλάβες που προκλήθηκαν από τον ισχυρό σεισμό του 1954 που συνέβη στην περιοχή. Εκείνη τη χρονική στιγμή το μνημείο εμφάνιζε ρωγμές στον θόλο του, σημαντικές καθιζήσεις στην θεμελίωση και παραμορφώσεις στην φέρουσα τοιχοποιία. Το άνω μέρος του μιναρέ κατέρρευσε, ενώ το προστώο καταστράφηκε ολοσχερώς.



Εικόνα 37. Το τέμενος πριν το 1970 (Κατσαρός 2014), (Πετρονώτης 2008).

Την δεκαετία του 1970 πραγματοποιήθηκαν περιορισμένης έκτασης εργασίες αναστήλωσης. Σκοπός ήταν η προστασία του μνημείου από την κατάρρευση. Τα χρόνια που ακολούθησαν το κτίριο απλά στεκόταν χωρίς να μπορεί να αξιοποιηθεί καθώς δεν ήταν επισκέψιμο.



Εικόνα 38. Εργασίες αναστήλωσης του τεμένους τη δεκαετία του 1970 (Πετρονώτης 2008).

Το 1993 πραγματοποιήθηκαν από τον Δήμο Τρικκαίων σε συνεργασία με την Δημοτική Επιχείρηση Κοινωνικής Ανάπτυξης (ΔΕΚΑ) εκτεταμένες εργασίες αποκατάστασης του μνημείου. Επίσης το 1997 εκτελέστηκαν έργα διαμόρφωσης του περιβάλλοντος χώρου. Από εκείνο το σημείο και μετά, το κτίριο χρησιμοποιείται από τον Δήμο Τρικκαίων και την Εφορεία Αρχαιοτήτων Τρικάλων ως χώρος πολιτιστικών εκδηλώσεων, εκθέσεων και κοινωνικών εκδηλώσεων (Κατσαρός 2014), (Πετρονώτης 2008).



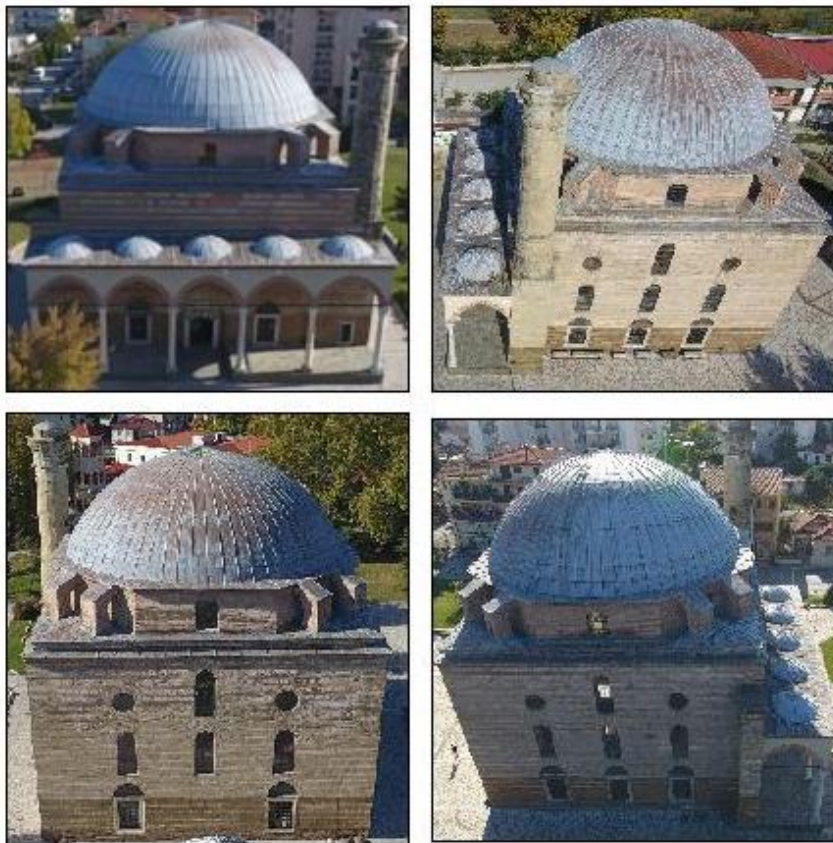
Εικόνα 39. Η κατάσταση του μνημείου πριν την αποκατάσταση του 1993 (3Τ ΠΟΛΥΔΟΜΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ 2011), (Κατσαρός 2014).



Εικόνα 40. Το τέμενος μετά την αποκατάσταση του 1993 (Trikala-ident 2014).

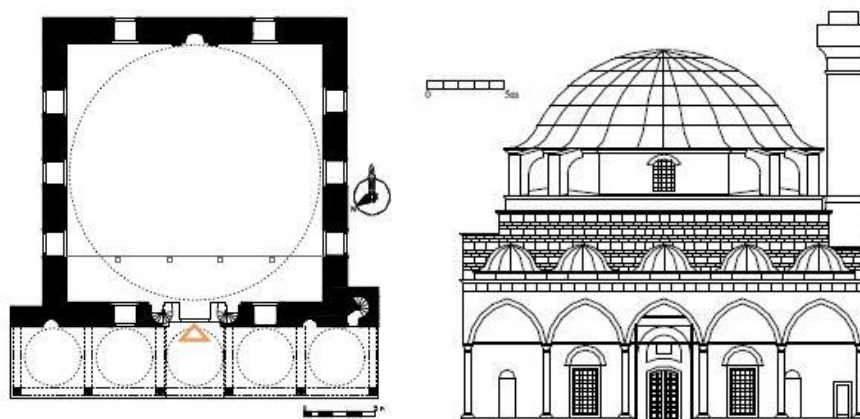
3.3 Αρχιτεκτονική και δομοστατική περιγραφή

Το τέμενος του Οσμάν Σαχ στα Τρίκαλα είναι το μεγαλύτερο που διασώζεται στην ελληνική επικράτεια (Ahmed 2010), (Πετρονώτης 2008). Το τζαμί είναι ένα κυβόσχημο κτίριο που καλύπτεται από θόλο. Εξωτερικά περιλαμβάνει προστώο (ρεβάκ) και έναν μιναρέ.



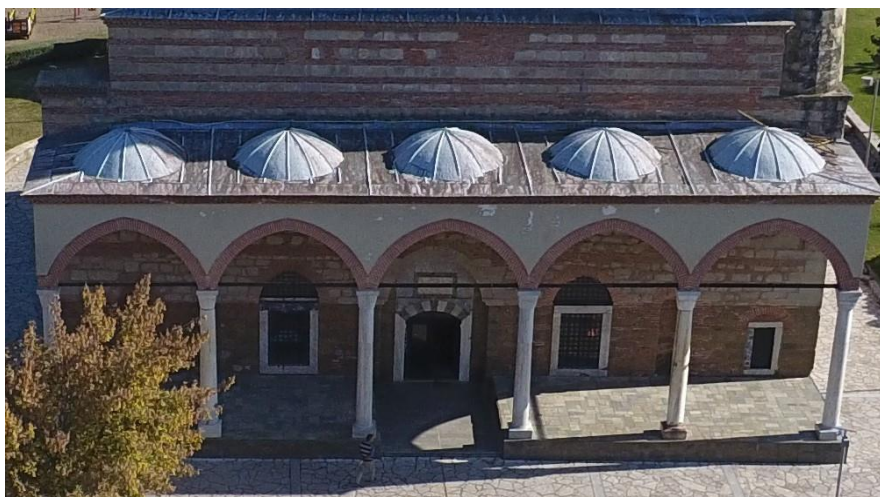
Εικόνα 41. Απόψεις του τεμένους.

Ο κυρίως χώρος έχει τετραγωνική κάτοψη, εξωτερικών διαστάσεων 21,36μ x 21,38μ. Το ανώτερο ύψος της αίθουσας βρίσκεται στα 22,50μ. και συμπίπτει με το ανώτερο σημείο του ημισφαιρικού θόλου διαμέτρου 18,50μ. Το πάχος της τοιχοποιίας διαφέρει στην κατώτερη και την ανώτερη στάθμη. Στο κάτω μέρος έχει πάχος 1,65μ. ενώ ψηλότερα το πάχος μειώνεται στα 1,35μ. Στο άνω μέρος του τοίχου σχηματίζονται τόξα, στα οποία στηρίζονται τα σφαιρικά τρίγωνα που συγκρατούν τον θόλο.



Εικόνα 42. Κάτοψη και κύρια όψη του τεμένους (Ahmed 2010).

Η κύρια όψη είναι η βορειοδυτική στην οποία βρίσκεται η είσοδος του χώρου προσευχής. Μπροστά στον τοίχο εφάπτεται το ανακατασκευασμένο προστώο που καλύπτεται από πέντε θόλους και στηρίζεται σε έξι στύλους. Οι θόλοι στηρίζονται σε τρία οξυκόρυφα τόξα τα οποία καταλήγουν στους μαρμάρινους κίονες. Οι κίονες φέρουν κιονόκρανα και απλές βάσεις, ενώ συνδέονται μεταξύ τους με μεταλλικούς ελκυστήρες. Η θολοδομία αποτελείται από σπτοπλινθοδομή. Ο τοίχος προεκτείνεται κατά 2,20μ. εκατέρωθεν των ορίων της αίθουσας προσευχής για λόγους συμμετρίας, καθώς στην δυτική γωνία υπάρχει ο μιναρές.

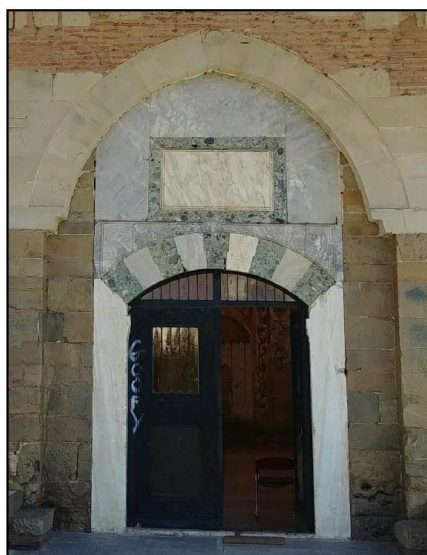


Εικόνα 43. Το προστώο στην βορειοδυτική όψη.



Εικόνα 44. Πλάγια όψη και θολοδομία του ρεβák.

Η είσοδος του χώρου προσευχής είναι τοποθετημένη σε εσοχή κάτω από τον μεσαίο θόλο του ρεβák. Οι ορθοστάτες είναι τετραγωνικής διατομής από μάρμαρο, ενώ το πρέκι είναι τοξωτό και αποτελείται από επιμέρους κομμάτια μαρμάρων πράσινου και λευκού χρώματος. Πάνω από το άνοιγμα υπάρχει μαρμάρινη πλάκα χωρίς κάποιο ίχνος. Λογικά σε αυτήν υπήρχε η επιγραφή του ιδρυτή του τζαμιού. Η είσοδος με την επιγραφή περιβάλλονται από επίσης τοξωτό διακοσμητικό στοιχείο. Εκατέρωθεν της εισόδου βρίσκονται δύο παράθυρα που περιβάλλονται από μαρμάρινο πλαίσιο και φέρουν οξυκόρυφα τόξα καθώς επίσης και δύο κόγχες. Τέλος στην βορειοδυτική όψη υπάρχει η είσοδος του μιναρέ.



Εικόνα 45. Τα ανοίγματα και οι κόγχες της κύριας όψης.

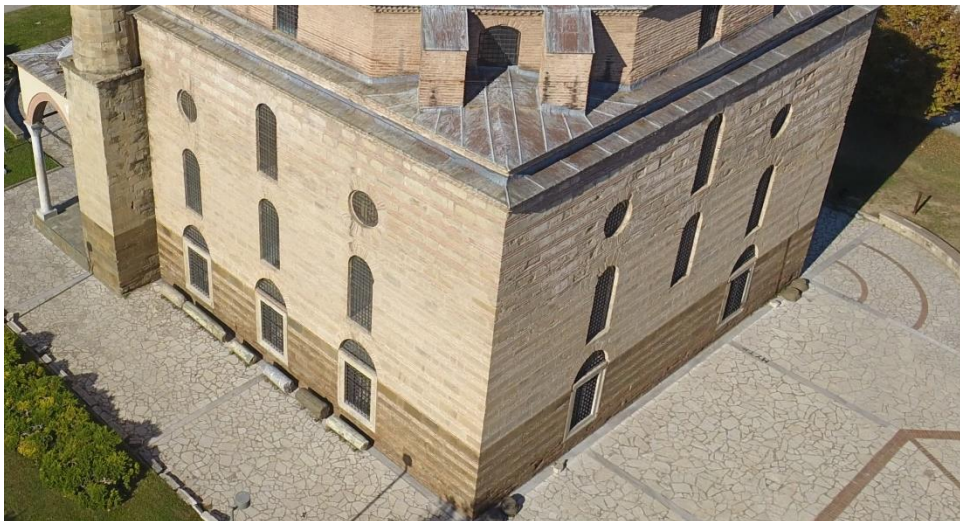
Ο μιναρές αποτελείται από δύο μέρη. Το κατώτερο φτάνει μέχρι το γείσο του κυρίως χώρου και έχει ορθογωνική διατομή, ενώ από εκείνο το σημείο και πάνω είναι πολυγωνικό. Στο άνω μέρος βρίσκεται η βάση του εξώστη ενώ η απόληξη έχει καταρρεύσει. Στο εσωτερικό του υπάρχει κυκλική κλίμακα.



Εικόνα 46. Το άνω και κάτω μέρος του μιναρέ.

Στις τρεις υπόλοιπες όψεις της αίθουσας προσευχής τα ανοίγματα κατανέμονται σε συμμετρία. Υπάρχουν τρεις σειρές ανοιγμάτων καθ' ύψος, όπου η καθεμία περιλαμβάνει τρία ανοίγματα. Η μόνη διαφοροποίηση συναντάτε στην κατώτερη σειρά του νοτιοανατολικού τοίχου, όπου υπάρχουν δύο ανοίγματα, καθώς την θέση του τρίτου καλύπτει εσωτερικά η

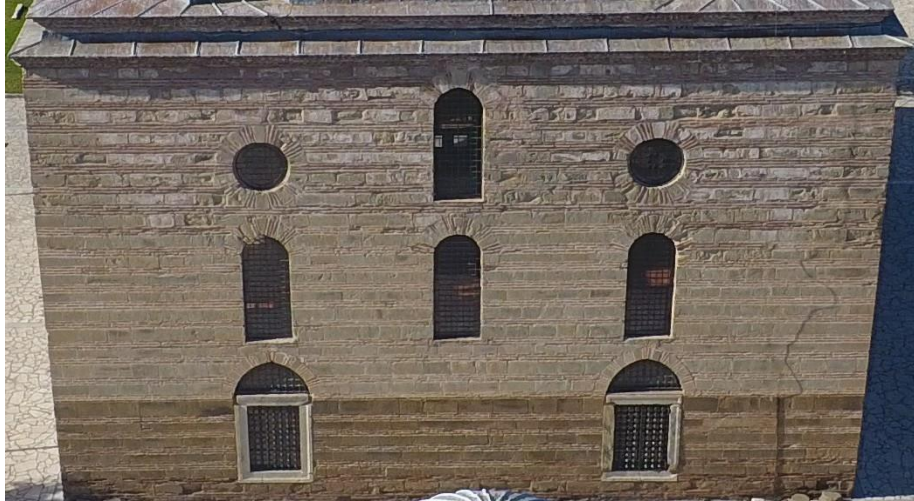
κόγχη (μυχράμπ). Τα παράθυρα της κάτω στάθμης είναι ορθογώνια πλαισιωμένα με μάρμαρο, ενώ στο άνω μέρος τους φέρουν οξυκόρυφο ανακουφιστικό τόξο. Η μεσαία σειρά αποτελείται από τοξωτά ανοίγματα στενότερα σε σχέση με αυτά τις κατώτερης. Η ανώτερη σειρά περιλαμβάνει δύο κυκλικά ανοίγματα στις άκρες, ενώ το κεντρικό έχει ίδια μορφή και μέγεθος με αυτά της μεσαίας σειράς. Πάνω στο κυβόσχημο σώμα υπάρχει οκταγωνικό ψευδοτύμπανο το οποίο διατρύπεται σε όλες του τις πλευρές από τοξωτά ανοίγματα. Σε όλα τα ανοίγματα του τεμένους υπάρχουν μεταλλικά κικλιδώματα σε σχήμα κανάβου.



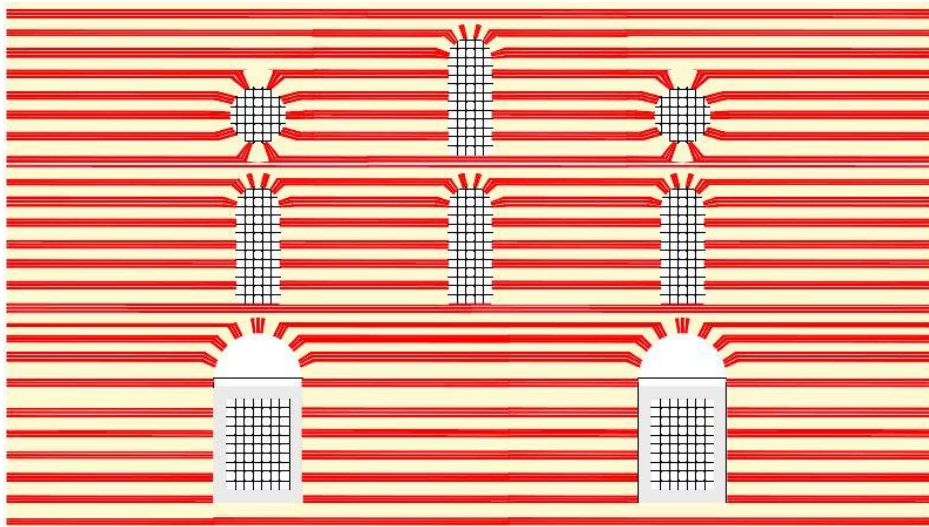
Εικόνα 47. Η νοτιοδυτική και η νοτιοανατολική όψη.

Η τοιχοποιία του κυβικού σώματος είναι κατασκευασμένη από πρασινωπούς πελεκητούς πωρόλιθους κατά το ισόδομο σύστημα, εναλλασσόμενη με τρεις σειρές κόκκινων οπτόπλινθων. Οι αρμοί της τοιχοποιίας είναι από κοκκινωπό ασβεστοκονίαμα με σπασμένα τούβλα για αδρανή (κορασανί) (Βογιατζής 2009). Οι διαστάσεις των πλίνθων που χρησιμοποιήθηκαν είναι περίπου 35εκ. x 3,5εκ. μήκος και πάχος αντίστοιχα, ενώ οι αρμοί έχουν πάχος περίπου από 2,5εκ έως 4,5εκ. Η κατασκευή της τοιχοποιίας παραπέμπει σε Κωνσταντινοπουλίτικη τεχνική (Ahmed 2010). Στον βορειοδυτικό τοίχο στον οποίο βρίσκεται το προστώο διακρίνεται χρήση διαφορετικής τεχνικής δόμησης. Είναι κατασκευασμένος με αδρά πελεκημένους πωρόλιθους με χρήση μικρών πλίνθων. Πιθανολογείται ότι προοριζόταν να επιχρισθεί. Όλα τα τόξα των ανοιγμάτων είναι κατασκευασμένα με την ίδια τεχνική δόμησης της τοιχοποιίας (Βογιατζής 2009).

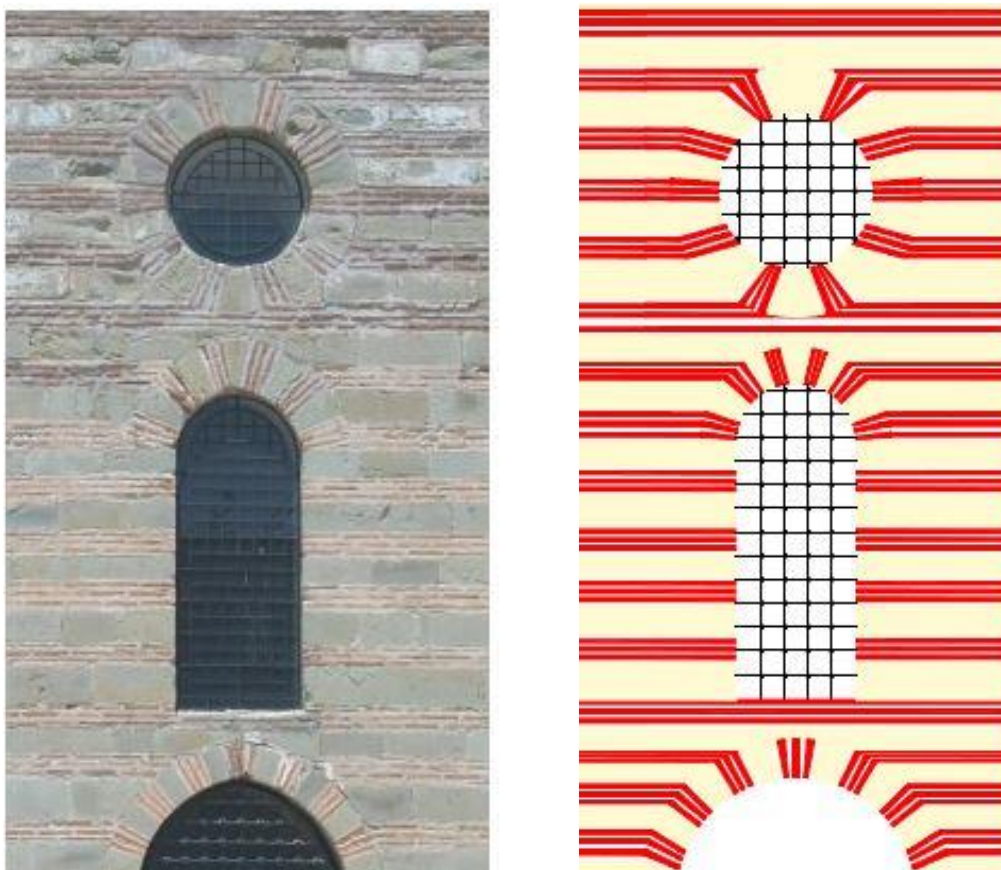
Οι τοίχοι του κτιρίου απολήγουν σε διακοσμητικό γείσο βυζαντινού τύπου από διπλή οδοντωτή ταινία, πάνω από την οποία το κτίριο στενεύει ελαφρώς για μικρό ύψος και καταλήγει επίσης σε διπλή οδοντωτή ταινία. Η συγκεκριμένη τεχνική κατασκευής τοιχοποιίας, δηλαδή της επαναλαμβανόμενης εναλλαγής μίας σειράς πετρωμάτων με τρεις σειρές πλίνθων είναι πρακτική του Σινάν, αν και χαρακτηρίζει τους πρώτους Οθωμανούς (Ahmed 2010).



Εικόνα 48. Η νοτιοανατολική όψη του χώρου προσευχής.



Εικόνα 49. Λεπτομέρεια δόμησης τοιχοποιίας (Ahmed 2010).



Εικόνα 50. Λεπτομέρεια δόμησης ανοιγμάτων (Ahmed 2010).



Εικόνα 51. Τμήματα της διπλής διακοσμητικής οδοντωτής ταινίας (Ahmed 2010).

Το οκτάγωνο τύμπανο καθώς και ο θόλος είναι κτισμένα εξ ολοκλήρου από κόκκινους πλίνθους. Το τύμπανο, όπως αναφέρθηκε παραπάνω φέρει από ένα άνοιγμα σε κάθε πλευρά του. Οι τέσσερις πλευρές που αντιστοιχούν στα σφαιρικά τρίγωνα ενισχύονται με ένα ζευγάρι τοξωτές αντηρίδες. Στη στέψη του διακοσμείται με διπλή οδοντωτή ταινία. Ο ημισφαιρικός θόλος καλύπτεται από φύλλα μολύβδου.



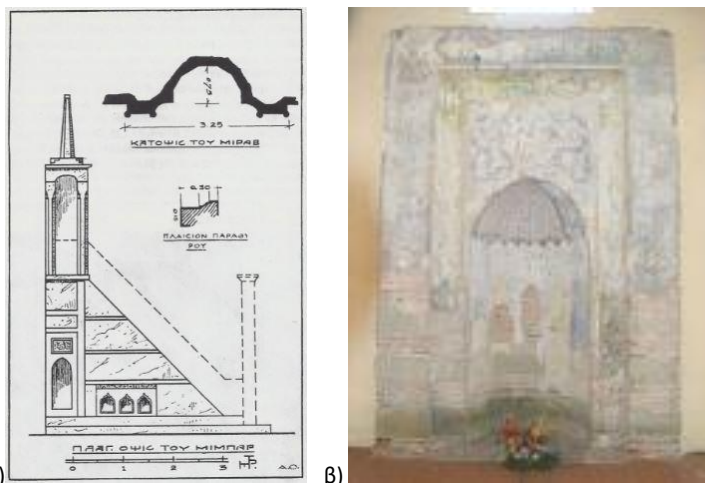
Εικόνα 52. Το τύμπανο και ο θόλος του τεμένους.

Το εσωτερικό του τζαμιού είναι προσβάσιμο μέσω της μοναδικής εισόδου που βρίσκεται στο κέντρο του ρεβάκ, στον βορειοδυτικό τοίχο. Εκατέρωθεν της εισόδου υπάρχουν δύο ανοίγματα που οδηγούν μέσω κυκλικών κλιμάκων, χωνευτών στο πάχος του τοίχου, στον εξώστη (mahlif), ο οποίος δεν σώζεται. Ο εξώστης χρησίμευε ως χώρος προσευχής των γυναικών. Είχε πλάτος 4μ. και στηριζόταν πάνω σε μαρμάρινους κίονες, τμήματα των οποίων βρίσκονται στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου (Βογιατζής 2009).



Εικόνα 53. Ο βορειοδυτικός τοίχος και οι δύο εισοδοί του εξώστη (Ahmed 2010).

Απέναντι από την είσοδο, στον «τοίχο της Μέκκας» βρίσκεται το μιχράμπ. Είναι μία επταγωνική κόγχη που περιβάλλεται από ορθογώνιο πλαίσιο. Στην δεξιά πλευρά του υπήρχε ο άμβωνας τον οποίο περιέγραψε ο Ορλάνδος ως μαρμάρινο αριστούργημα της ισλαμικής τέχνης, με κορανικές επιγραφές και αραβικά μοτίβα. Σήμερα δεν διασώζεται κανένα μέρος του (Ahmed 2010).



Εικόνα 54. α) Πλάγια όψη άμβωνα και κάτοψη μιχράμπ σύμφωνα με τον Ορλάνδο (Πετρονάκης 2008), β) Το μιχράμπ (Ahmed 2010).

Ο τρούλος όπως αναφέρθηκε παραπάνω είναι χτισμένος από πλίνθους και η κατασκευή του πραγματοποιήθηκε χωρίς τη χρήση ξυλότυπων κατά το βυζαντινό θολοδομικό σύστημα. Στηρίζεται πάνω σε τέσσερα λιθοπλινθόκτιστα τόξα και σε τέσσερα μεταξύ αυτών σφαιρικά τρίγωνα (Βογιατζής 2009). Ο θόλος σε αντίθεση με τα υπόλοιπα δομικά στοιχεία είναι ανεπίχριστος. Στις κάτω γωνίες των σφαιρικών τριγώνων βρίσκονται ορισμένες κυκλικές οπές. Αυτές οι οπές είναι οι απολήξεις κεραμικών σωλήνων που τοποθετούνται στους κενούς χώρους των σφαιρικών τριγώνων και έχουν στόχο την βελτίωση της ακουστικής. Τέτοιου είδους στοιχεία ονομάζονται ακουστικά αγγεία (Ahmed 2010).



Εικόνα 55. Τα σφαιρικά τρίγωνα (Ahmed 2010).



Εικόνα 56. Ο θόλος του τεμένους (Ahmed 2010).

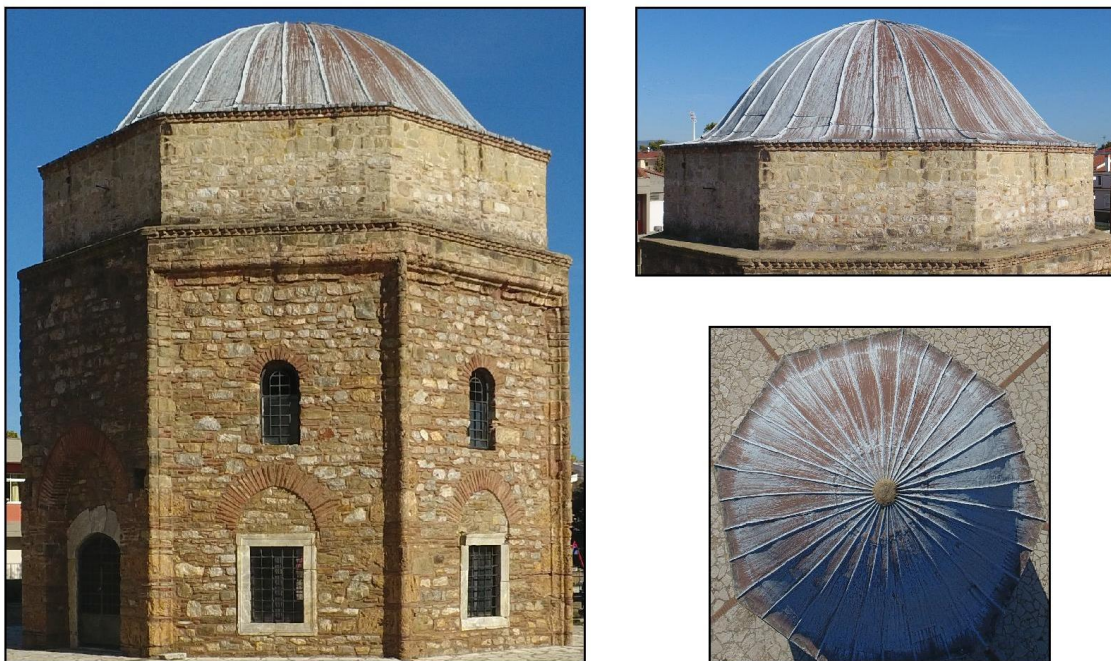
Στο πίσω μέρος του τεμένους βρίσκεται ο τουρμπές του Οσμάν Σαχ. Είναι ένα κτίριο οκταγωνικής κάτοψης σκεπασμένο με ημισφαιρικό θόλο. Εξωτερικά η τοιχοποιία από αργολιθοδομή διατρυπάται από ανοίγματα σε δύο ζώνες καθ' ύψος.

Η κάτω ζώνη περιλαμβάνει την είσοδο και έξι παράθυρα, ενώ ο νοτιοανατολικός τοίχος που βρίσκεται απέναντι από την είσοδο δεν φέρει άνοιγμα καθώς εσωτερικά βρίσκεται το τρίπλευρο μιχράμπ. Ο τοίχος της εισόδου φέρει ένα μεγάλο οξυκόρυφο τόξο και σε εσοχή από κάτω του βρίσκεται η πόρτα, διαμορφωμένη με ημικυκλικό χαμηλωμένο τόξο από πέντε μαρμάρινους θολίτες στηριγμένο σε αντίστοιχους ορθοστάτες. Στις υπόλοιπες πλευρές τα παράθυρα ορθογωνικού σχήματος απολήγουν στο άνω μέρος τους σε ελαφρώς οξυκόρυφα τόξα. Η άνω ζώνη περιλαμβάνει τοξωτά ανοίγματα σε όλες τις πλευρές της, τα οποία είναι στενότερα από αυτά της κάτω στάθμης.

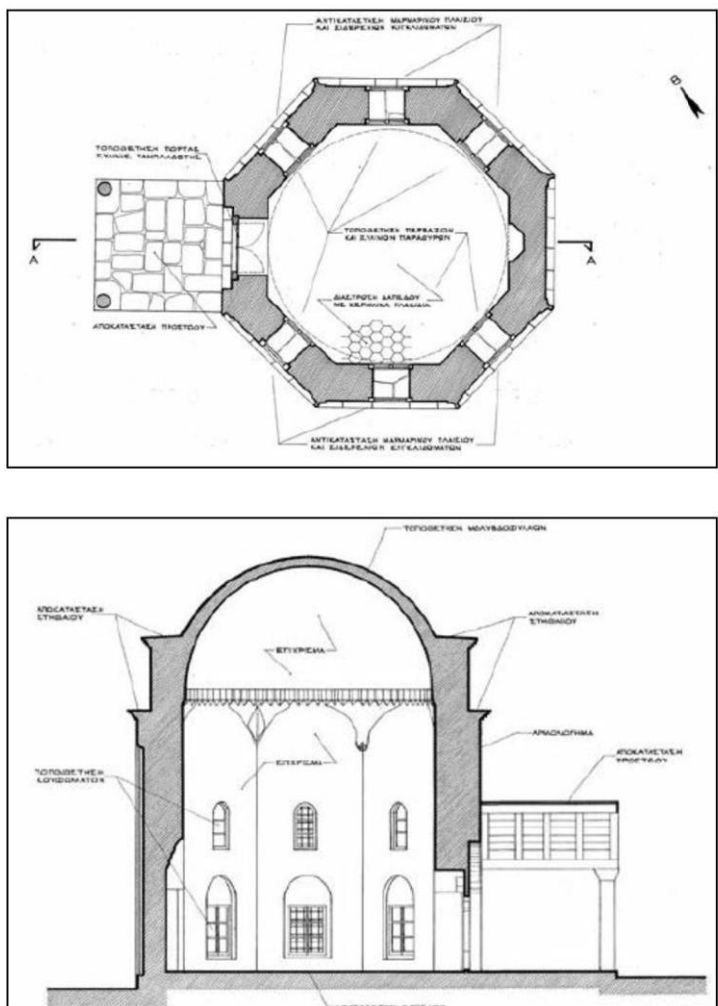
Οι ακμές των πλευρών του κυρίως σώματος του τουρμπέ φέρουν ημικυκλικής διατομής κοσμήτες. Στην απόληξη της τοιχοποιίας υπάρχει διακοσμητικό γείσο από μία οδοντωτή ταινία κατασκευασμένη από πλίνθους.

Ελαφρώς στενότερο, στο άνω μέρος του κυρίως σώματος, βρίσκεται οκταγωνικό ψευδοτύμπανο που καταλήγει και αυτό σε διακοσμητικό γείσο μίας οδοντωτής ταινίας. Πάνω στο ψευδοτύμπανο δεσπόζει ο τρούλος καλυμμένος από φύλλα μολύβδου όπως και αυτός του τζαμιού.

Πιθανολογείται ότι ο τουρμπές ήταν επιχρισμένος με εξαίρεση τα γείσα και τους ημικυκλικής διατομής κοσμήτες στις ακμές των πλευρών του. Στην πλευρά της εισόδου και εκατέρωθεν αυτής, υπάρχουν δύο δοκοθήκες στις οποίες στηριζόταν ξύλινο προστώο (Βογιατζής 2009).



Εικόνα 57. Ο τουρμπές του Οσμάν Σαχ.



Εικόνα 58. Σχέδια αποκατάστασης του τουρμπέ σε κάτοψη και τομή (Βογιατζής 2009).

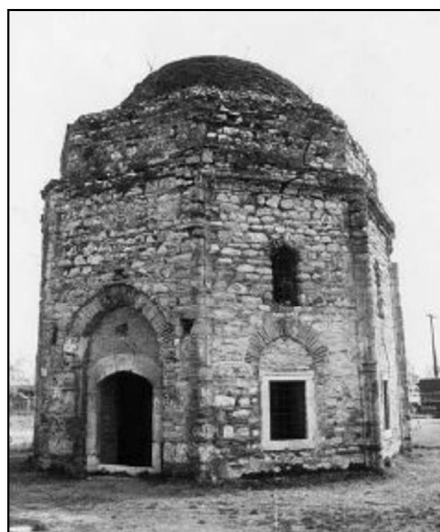
3.4 Εργασίες αποκατάστασης

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, για 100 περίπου χρόνια, από την απελευθέρωση των Τρικάλων το 1881 έως και το τέλος της δεκαετία του 1980 το τζαμί και ο τουρμπές εγκαταλείφθηκαν, ωστόσο δεν κατέρρευσαν. Αμέσως μετά το 1881 το εσωτερικό του τζαμιού απογυμνώθηκε από οποιοδήποτε αντικείμενο είχε αξία. Περνώντας τα χρόνια και μέχρι τον Β΄ Παγκόσμιο πόλεμο, λόγω της φυσιολογικής φθοράς, το προστώο καθώς και η απώληση του μιναρέ έχουν καταρρεύσει. Παρά την αναγνώριση του κτιρίου από το κράτος και τον χαρακτηρισμό του ως ιστορικό διατηρητέο μνημείο το 1936, η εγκατάλειψη και η γήρανση του κτιρίου συνεχίζεται και επιβαρύνεται ακόμη περισσότερο με τον σεισμό του 1954, με ρωγμές στον θόλο, καθιζήσεις και παραμορφώσεις της τοιχοποιίας και της θεμελίωσης. Με εξαίρεση τις εργασίες μικρής έκτασης που πραγματοποιήθηκαν την δεκαετία του 1970, τα κτίρια συνεχίζουν να επιβαρύνονται έως το 1990. Σε εκείνο το χρονικό σημείο, η μακροσκοπική παρατήρηση προέβλεπε ότι αν δεν λαμβάνονταν άμεσα μέτρα, η κατάρρευση θα ήταν ολοκληρωτική (Κατσαρός 2014).

Τη δεκαετία του 1990 πραγματοποιήθηκε η μοναδική αποκατάσταση των κτιρίων και του περιβάλλοντος χώρου αυτών, με αποτέλεσμα και την επανάχρηση του τζαμιού. Η πλήρης αρχιτεκτονική μελέτη είχε συνταχθεί ήδη το 1991 από το υπουργείο πολιτισμού, μέσω εξειδικευμένων αρχιτεκτόνων μηχανικών με επικεφαλής τον κ. Σωτήριο Βογιατζή (Κατσαρός

2014). Τα σχέδια της μελέτης βασίστηκαν σε μετρήσεις από παλαιότερη του 1991 σπουδαστική εργασία (Βογιατζής 2009). Οι εργασίες στα κτίρια εκτελέστηκαν από το 1992 έως το 1995, ενώ ο περιβάλλον χώρος διαμορφώθηκε το 1997 (Κατσαρός 2014).

Ακριβώς πριν αρχίσουν οι εργασίες αποκατάστασης η καταγραφή των βλαβών περιλαμβάνει την πλήρη κατάρρευση του προστώου και του άνω μέρους του μιναρέ. Η τοιχοποιία παρουσιάζει εκτεταμένες ρηγματώσεις και καθιζήσεις, όπως και τα θεμέλια. Ο θόλος επίσης παρουσιάζει ρωγμές ενώ η μολυβδένια επικάλυψη έχει αντικατασταθεί από μία στρώση τσιμεντοκονιάματος. Εσωτερικά τα επιχρίσματα έχουν καταπέσει ή αποσαθρωθεί όπως και τα κουφώματα ενώ δεν σώζεται το μαρμάρινο δάπεδο και ο εξώστης. Σε αντίστοιχη κατάσταση αναλογικά με το μέγεθός του, βρίσκεται και ο τουρμπές. Ρηγματώσεις στην τοιχοποιία, αποσάθρωση επιχρισμάτων και κουφωμάτων και απουσία του δαπέδου εσωτερικά και των φύλλων μολύβδου του θόλου (Βογιατζής 2009).

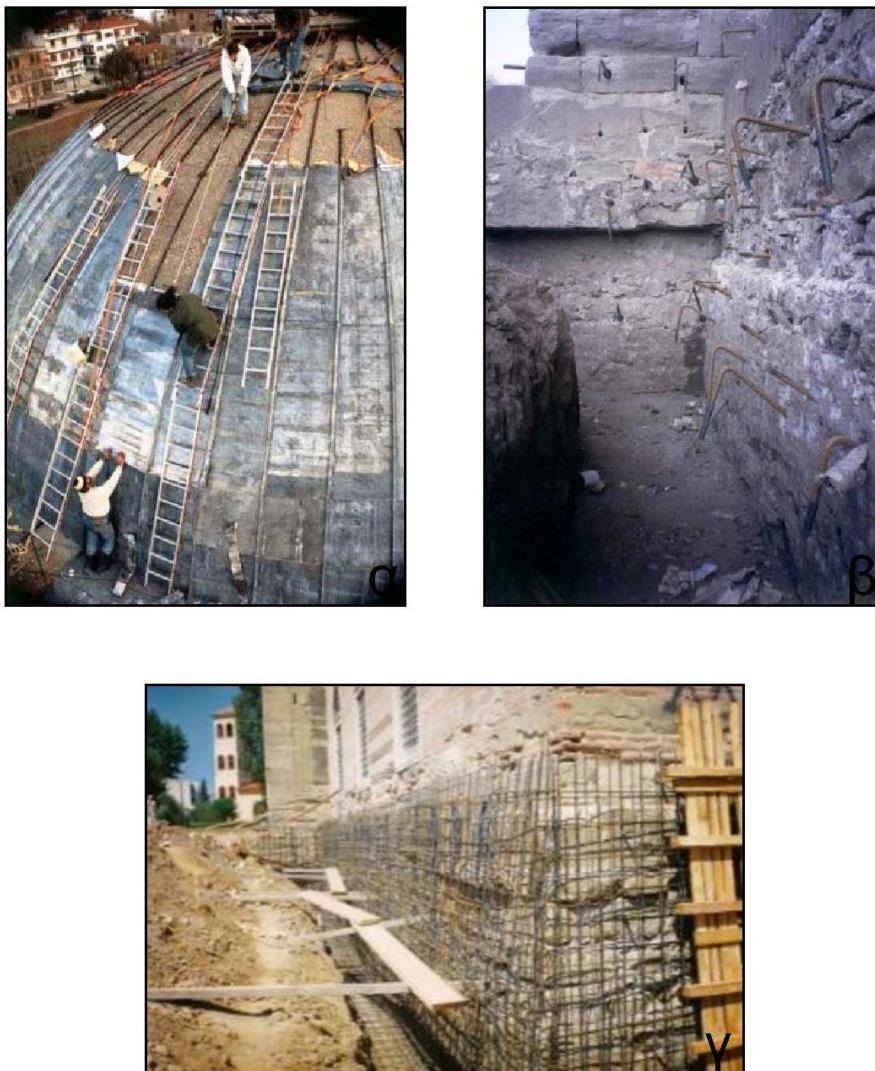


Εικόνα 59. Το τέμενος και ο τουρμπές πριν την αποκατάστασή τους (Βογιατζής 2009).

Στο κτίριο του τζαμιού πραγματοποιήθηκε αρχικά η ενίσχυση των θεμελίων. Κατασκευάστηκε περιμετρικά υπόγειος μανδύας από οπλισμένο σκυρόδεμα ο οποίος συνδέθηκε με το κτίριο με ανοξείδωτα βλήτρα πάχους 16 χιλ. (Βογιατζής, 2009).

Η τοιχοποιία αρμολογήθηκε σε σημεία που παρατηρήθηκε αποσάθρωση του κονιάματος και έγινε σφράγιση των ρωγμών. Οι ξυλοδεσιές είχαν αποσαθρωθεί με αποτέλεσμα να υπάρχουν κενά. Στη θέση τους τοποθετήθηκαν ανοξείδωτες μεταλλικές ράβδοι μήκους 12μ. - 18μ. οι οποίες καλύφθηκαν με τσιμεντενέματα. Κατόπιν όλοι οι τοίχοι ενισχύθηκαν με ενέματα από τσιμεντοκονία, συμβατή με το κονίαμα που προϋπήρχε. Στα γείσα συμπληρώθηκαν ή αντικαταστάθηκαν οι πλίνθοι που είχαν φθορές ή ήταν σπασμένοι.

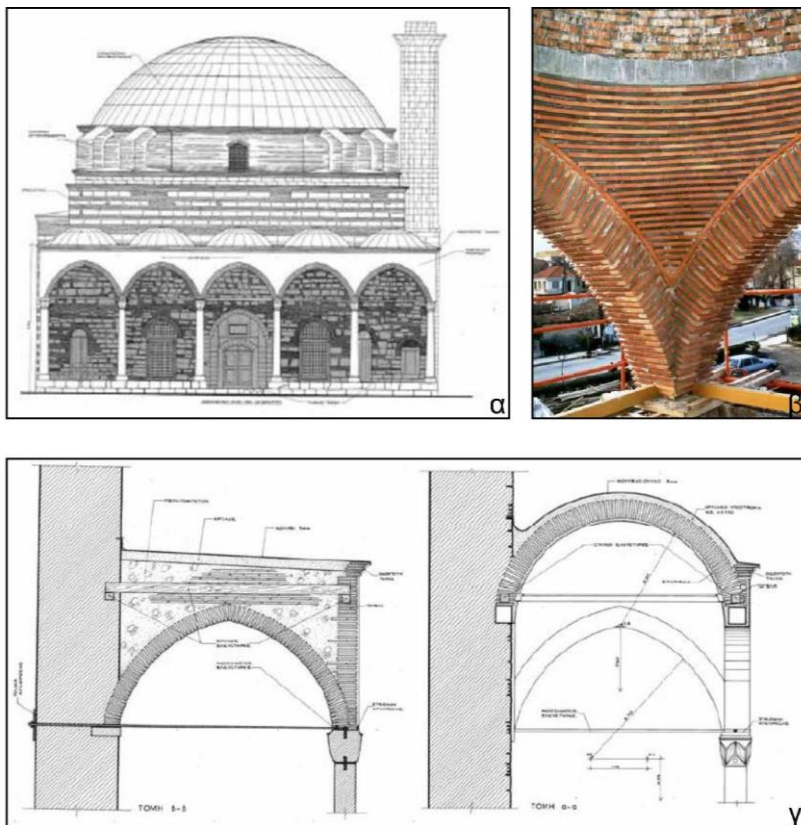
Ο ημισφαιρικός θόλος αρχικά καλύφθηκε από ένα στρώμα αργιλικό και πάνω σε αυτό τοποθετήθηκαν φύλλα μολύβδου πάχους 4 χιλ., στερεωμένα με ανοξείδωτα βλήτρα στο άνω μέρος τους. Στο οκταγωνικό ψευδοτύμπανο, στο γείσο του και στις αντηρίδες αντικαταστάθηκαν πλίνθοι όπου κρίθηκε απαραίτητο.



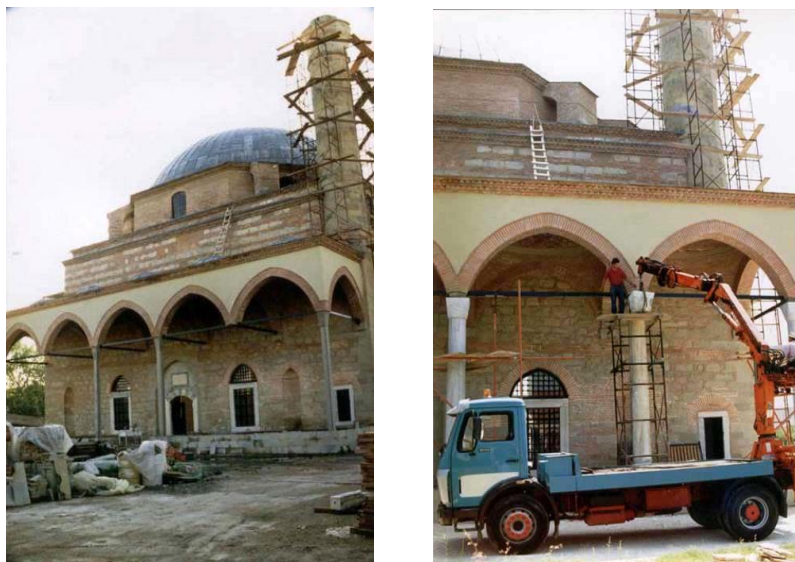
Εικόνα 60. α) Εργασίες αποκατάστασης του θόλου (3Τ ΠΟΛΥΔΟΜΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ 2011), β) Εργασίες υποθεμελίωσης (3Τ ΠΟΛΥΔΟΜΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ 2011), γ) Εργασίες υποθεμελίωσης (Κατσαρός 2014).

Στον μιναρέ αποφασίστηκε να μην αποκατασταθεί η απόληξή του. Οι εργασίες περιορίστηκαν στην αρμολόγηση της τοιχοποιίας, ενώ στο άνω μέρος κατασκευάστηκε ξύλινη στέγη η οποία καλύφθηκε με μολυβδόφυλλα.

Η μεγαλύτερης έκτασης εργασία αφορούσε την κατασκευή εκ νέου του προστώου. Τα σχέδια βασίστηκαν σε παραδείγματα τζαμιών του Σινάν. Κατασκευάστηκε θεμέλιο από σπλισμένο σκυρόδεμα και πάνω σε αυτό τοποθετήθηκαν οι δύο κίονες που σώζονταν σε καλή κατάσταση, μαζί με τέσσερις νέους μαρμαρίνους. Οι νέοι κίονες από λευκό μάρμαρο είναι ακριβή αντίγραφα των αυθεντικών. Οι κίονες συνδέθηκαν μεταξύ τους αλλά και με τον βορειοδυτικό τοίχο με μεταλλικούς ανοξείδωτους ελκυστήρες. Κατόπιν διαμορφώθηκαν τα οξυκόρυφα τόξα με χρήση ξυλότυπων. Πάνω σε αυτά κατασκευάστηκαν οι πέντε θόλοι, χωρίς την χρήση ξυλότυπων, με την μέθοδο της «σταθερής ακτίνας». Τόσο τα τόξα, όσο και οι θόλοι που καλύφθηκαν με μολυβδόφυλλα κατασκευάστηκαν με συμπαγείς πλίνθους. Στο άνω μέρος του μετώπου του προστώου κατασκευάστηκε γείσο διακοσμητικό με διπλή οδοντωτή ταινία (Βογιατζής, 2009).



Εικόνα 61. α) Βορειοδυτική όψη του τεμένους (Βογιατζής 2009), β) Κατασκευαστική λεπτομέρεια του ρεβák (3Τ ΠΟΛΥΔΟΜΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ 2011), γ) Πρόταση αποκατάστασης του ρεβák (Βογιατζής 2009).



Εικόνα 62. Εργασίες κατασκευής του προστώου (3Τ ΠΟΛΥΔΟΜΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ 2011).

Εσωτερικά του κτιρίου πραγματοποιήθηκε αρχικά καθαίρεση των επιχρισμάτων και αρμολόγημα της τοιχοποιίας. Ακολούθως σφραγίστηκαν οι ρωγμές στον τρούλο και στα σφαιρικά τρίγωνα και διενεργήθηκαν ενέματα για την ενίσχυσή τους. Επιχρίστηκε μόνο η τοιχοποιία ώστε να είναι εμφανής η δομή του τρούλου. Το δάπεδο διαστρώθηκε με κεραμικά πλακίδια αφού πρώτα κατασκευάστηκε υγρομόνωση και τοποθετήθηκε ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός. Στη θέση που βρισκόταν κάποτε ο εξώστης, διαμορφώθηκε νέος ξύλινος.

Στον τουρμπέ πραγματοποιήθηκε αρμολόγημα στους τοίχους εσωτερικά και εξωτερικά αφού πρώτα σφραγίστηκαν οι ρωγμές. Ο τρούλος και το ψευδοτύμπανο ενισχύθηκαν με ενέματα. Ακολούθως ανακατασκευάστηκαν τα γείσα τους με νέες οδοντωτές ταινίες. Ο θόλος αφού μονώθηκε καλύφτηκε και αυτός με φύλλα μολύβδου. Το δάπεδο διαστρώθηκε με κεραμικά πλακίδια και τοποθετήθηκαν νέα κουφώματα (Βογιατζής, 2009).

Το 1997 έγινε και η διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου του τζαμιού με πλακοστρώσεις, καθιστικά, φωτιστικά, σιντριβάνι, χώρους πρασίνου, δένδρα και άνθη. Από εκείνο το σημείο το τζαμί αναδείχθηκε και επαναχρησιμοποιείται.

Η αποκατάσταση κτιρίων μνημειακού χαρακτήρα αφορά την επανακατασκευή του έργου που έχει υποστεί βλάβες ή φθορές. Με την αποκατάσταση επιδιώκεται η επαναφορά του κτιρίου στην αρχική κατάσταση τόσο στατική όσο και λειτουργική προκειμένου να χρησιμοποιείται με ασφάλεια και άνεση το κτίριο (Πασαλή 2017). Οι επεμβάσεις που γίνονται σε επίπεδο αποκατάστασης περιλαμβάνουν δύο κατευθύνσεις, την ενίσχυση και την επισκευή. Με την ενίσχυση αυξάνεται η φέρουσα ικανότητα ή πλαστιμότητα του κτιρίου σε επίπεδο υψηλότερο από αυτό του αρχικού σχεδιασμού. Με την επισκευή αποκαθίστανται τα προ της βλάβης μηχανικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιρίου με στόχο την επαναφορά του στην αρχική φέρουσα ικανότητα (Μανούκας 2018). Οι επεμβάσεις με στόχο την αποκατάσταση κτιρίων πολιτιστικής κληρονομιάς διέπονται από ορισμένες βασικές αρχές. Οι επεμβάσεις πρέπει να είναι το δυνατόν περιορισμένες και αναστρέψιμες με σεβασμό στο πρωτότυπο. Επίσης προτείνεται η χρήση συμβατών υλικών με τα υφιστάμενα και πρέπει να αποφεύγεται η αλλαγή του φέροντος οργανισμού του κτιρίου (Παρδαλόπουλος 2018). Η αποκατάσταση ιστορικών κτιρίων είναι ένα πολυδιάστατο ζήτημα, οπότε πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν ιστορικοί πολιτιστικοί, κοινωνικοί, αισθητικοί παράμετροι (Πασαλή 2017).

Το πρώτο από τα σημαντικότερα βήματα που πραγματοποιείται αφού ληφθεί η απόφαση για την αποκατάσταση κτιρίου είναι η αποτύπωσή του. Η αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης αποτελεί το υπόβαθρο πάνω στο οποίο θα εργαστεί η κάθε ειδικότητα για να αποδώσει την πρότασή της. Ωστόσο για τα κτίρια πολιτιστικής κληρονομιάς είναι θετικό να αποτυπώνονται σε εύλογα χρονικά διαστήματα, να πραγματοποιείται δηλαδή περιοδική αποτύπωση. Με τον τρόπο αυτόν παρακολουθείται η εξέλιξη ορισμένων φθορών του μνημείου όπως ενδεχόμενες ρωγμές, ή σημεία που παρατηρείται υγρασία. Επίσης, η ακριβής αποτύπωση αποτελεί τεκμήριο σε περίπτωση καταστροφής, εξασφαλίζοντας έτσι γεωμετρικά την ιστορικότητα του μνημείου.

4 Γεωμετρική τεκμηρίωση τεμένους Οσμάν Σαχ

4.1 Μέθοδοι γεωμετρικής τεκμηρίωσης μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς

Η λέξη «μνημείο» στην ελληνική γλώσσα και “monumentum” στη λατινική, προέρχεται από το ρήμα «μιμνήσκω - μνάομαι» και “monere - moneere” αντίστοιχα. Η ετυμολογία της σημαίνει ακριβώς θυμάμαι κάτι, προειδοποιώ για κάτι, αφήνω υποθήκες στους σύγχρονους και στους επιγενόμενους (Πασαλή 2017). Σύμφωνα με τον ορισμό του ICOMOS *«μνημείο είναι κάθε ακίνητο, κτισμένο ή όχι, το οποίο διακρίνεται για το αρχαιολογικό, ιστορικό, αισθητικό ή εθνογραφικό του ενδιαφέρον»*. Στον ορισμό συμπεριλαμβάνονται και τα κινητά που βρίσκονται μέσα στα μνημεία (Πασαλή 2017).

Μέχρι τον 20ό αιώνα μνημεία θεωρούνταν μεμονωμένα έργα, ιδιαίτερα προϊόντα της ανθρώπινης δραστηριότητας, μικρά ή μεγάλα αρχιτεκτονήματα, πλαστικά δημιουργήματα που αποτέλεσαν ορόσημα της ιστορίας της αρχιτεκτονικής. Από τις αρχές του 20ού αιώνα η έννοια του μνημείου διευρύνεται συμπεριλαμβάνοντας και απλά κτίρια. Μια σειρά διεθνών συμβάσεων και συμφωνιών του 20ού αιώνα ορίζουν την έννοια του μνημείου και αναφέρονται στη σπουδαιότητα της τεκμηρίωσης (Πατιάς 2008).

Το βασικότερο κείμενο για την προστασία της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς και θεμέλιο ολόκληρου του θεσμικού πλαισίου που ακολούθησε, αποτυπώνεται στην Χάρτα της Βενετίας του 1964 (Μωυσιάδης 2017). Διευρύνεται η έννοια του ιστορικού μνημείου καθώς στο άρθρο 1 της Χάρτας αποτυπώνεται ότι *«Η έννοια ενός ιστορικού μνημείου δεν καλύπτει μόνο το μεμονωμένο αρχιτεκτονικό έργο, αλλά και την αστική και αγροτική τοποθεσία, που μαρτυρεί έναν ιδιαίτερο πολιτισμό, μια ενδεικτική εξέλιξη ή ένα ιστορικό γεγονός. Αυτό ισχύει όχι μόνο για τις μεγάλες δημιουργίες, αλλά και για τα ταπεινά έργα, που με τον καιρό απέκτησαν πολιτιστική σημασία»* (ICOMOS 1964). Επίσης απαγορεύει την παραποίηση στην παραγωγή αρχιτεκτονικών μορφών και καταδικάζει κάθε απομίμηση μορφολογικών στοιχείων και ιστορικές ανακατασκευές (Μωυσιάδης 2017).

Το 1972 στο Παρίσι η UNESCO στη σύμβαση σχετικά με την προστασία της παγκόσμιας πολιτιστικής και φυσικής κληρονομιάς, στο άρθρο 1, θεωρεί ως «πολιτιστική κληρονομιά» τα μνημεία, τα κτιριακά σύνολα και τις τοποθεσίες. Ως μνημεία χαρακτηρίζονται αρχιτεκτονικά έργα, έργα μνημειακής γλυπτικής και ζωγραφικής, στοιχεία ή δομές αρχαιολογικού χαρακτήρα, επιγραφές, κατοικίες σπηλαίων και συνδυασμοί χαρακτηριστικών που έχουν καθολική αξία από άποψη ιστορίας, τέχνης ή επιστήμης. Στα ιστορικά κτιριακά σύνολα ανήκουν μεμονωμένα κτίρια ή ομάδες κτιρίων οι οποίες λόγω της αρχιτεκτονικής τους, της ομοιογένειάς τους ή της θέσης τους στο τοπίο, έχουν ιδιαίτερη παγκόσμια αξία από άποψη ιστορίας, τέχνης ή επιστήμης. Στις τοποθεσίες περιλαμβάνονται ανθρωπογενείς κατασκευές ή συνδυασμός έργων της φύσης και του ανθρώπου αλλά και περιοχές αρχαιολογικών χώρων που έχουν ανεκτίμητη παγκόσμια αξία από ιστορική, αισθητική, εθνολογική ή ανθρωπολογική άποψη (UNESCO 1972).

Τέσσερις είναι οι βασικές ιδιότητες για να κριθεί ένα έργο και να χαρακτηριστεί μνημείο (Πασαλή 2017):

- πρωτοτυπία ή γνησιότητα.
- χρόνος ή ιστορικότητα
- ποιότητα
- συμβολισμός ή ιδέα

Αν ένα έργο έχει μόνο τις πρώτες δύο ιδιότητες, μπορεί να οριστεί σαν ιστορικό ντοκουμέντο, όχι όμως μνημείο με την ευρύτερη πολιτιστική έννοια. Αν έχει μόνο τις δύο τελευταίες ιδιότητες, είναι υποκατάστατο μνημείου (Τελλάκη 2012).

Η σύμβαση του συμβουλίου της Ευρώπης για την αξία της πολιτισμικής κληρονομιάς που έγινε στον Φάρο της Πορτογαλίας το 2005, στο άρθρο 2 ορίζει την έννοια της πολιτιστικής κληρονομιάς ως εξής: «*Η πολιτιστική κληρονομιά είναι ένα σύνολο από πόρους οι οποίοι μας έχουν κληροδοτηθεί από το παρελθόν και τους οποίους οι άνθρωποι αναγνωρίζουν ως αντανάκλαση και έκφραση των αξιών, πιστεύω, γνώσεων και παραδόσεών τους. Η πολιτιστική κληρονομιά αντανακλά την αλληλεπίδραση του ανθρώπου με τον τόπο του μέσα στους αιώνες*» (CETS 2005).

Η πολιτιστική κληρονομιά διακρίνεται σε υλική και άυλη. Η υλική κληρονομιά περιλαμβάνει κινητά και ακίνητα προϊόντα ενός πολιτισμού. Κινητά στοιχεία αποτελούν αντικείμενα αρχαιολογικών ανασκαφών, έργα τέχνης, ιστορικά αρχεία και γενικά αντικείμενα αξίας που μπορούν να μετακινηθούν. Ακίνητα στοιχεία αποτελούν μεμονωμένα ιστορικά κτίρια, μνημεία και κατασκευές που δεν μπορούν να μετακινηθούν, καθώς επίσης και ιστορικά σύνολα και τοπία (Τελλάκη 2012). Η άυλη πολιτιστική κληρονομιά ορίζεται στη σύμβαση της UNESCO που πραγματοποιήθηκε στο Παρίσι το 2003 στο άρθρο 2, ως: «*οι πρακτικές, αναπαραστάσεις, εκφράσεις, γνώσεις και τεχνικές, καθώς και τα εργαλεία, αντικείμενα, χειροτεχνήματα και οι πολιτιστικοί χώροι που συνδέονται με αυτές και τις οποίες οι κοινότητες, οι ομάδες και κατά περίπτωση, τα άτομα αναγνωρίζουν ότι αποτελεί μέρος της πολιτιστικής κληρονομιάς τους*» (UNESCO 2003).

Η διαχείριση της πολιτιστικής κληρονομιάς αναλαμβάνεται από επιστημονικούς κλάδους όπως η αρχαιολογία, η φιλολογία, η κοινωνιολογία, η μουσειολογία, η αρχιτεκτονική, η τοπογραφία, η δομοστατική η αποκατάσταση κτιρίων και συνόλων κ.ά. Όπως γίνεται αντιληπτό, η διεπιστημονικότητα που απαιτείται για την τεκμηρίωση της πολιτιστικής κληρονομιάς, συνεπάγεται την άριστη κατάρτιση, συνεργασία και σεβασμό μεταξύ των εμπλεκόμενων επαγγελματικών κλάδων.

Η τεκμηρίωση της πολιτιστικής κληρονομιάς αποτελείται από ένα ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων που περιλαμβάνει την απόκτηση και ανάκτηση δεδομένων, τη μεθοδολογία μοντελοποίησης και απεικόνισης και τη διαχείριση και διάχυση της πληροφορίας βάσει της εξελιγμένης τεχνολογίας (Moysiadis 2014). Η ακριβής γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείων αποτελεί ένα από τα πλέον σημαντικά και αναντικατάστατα μέρη, αφενός για την ενδεχόμενη αποκατάσταση, αφετέρου για την προστασία τους μέσα στο χρόνο (Μωυσιάδης 2017).

Η γεωμετρική τεκμηρίωση των μνημείων επιβάλλει την καταγραφή της θέσης τους στον χώρο, του ακριβούς σχήματος και των διαστάσεών τους. Τα παραπάνω επιτυγχάνονται με την χρήση του κατάλληλου υλικοτεχνικού εξοπλισμού και της βέλτιστης μεθοδολογίας (Μωυσιάδης 2017). Η γεωμετρική τεκμηρίωση αποτελεί το πρώτο στάδιο για την καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης των κτιρίων.

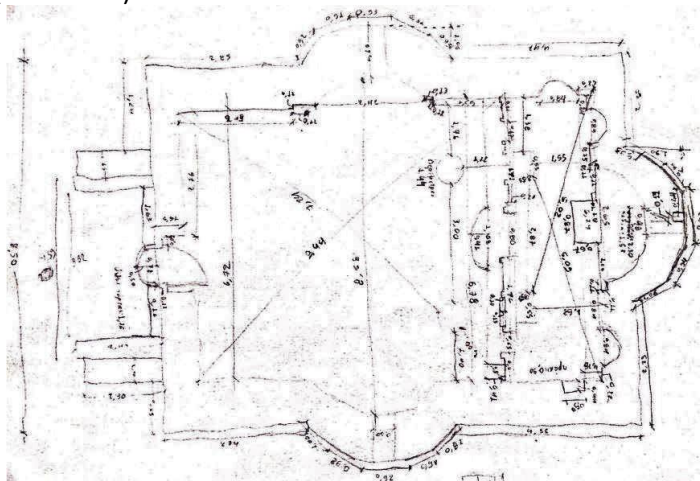
Για την ακριβή μοντελοποίηση των μνημείων γίνεται χρήση μεθοδολογιών που βασίζονται σε νέες τεχνολογίες. Η εφαρμογή τους εξαρτάται από τον τύπο των μετρήσεων, την κλίμακα απόδοσης του τελικού προϊόντος, το μέγεθος, την πολυπλοκότητα του αντικειμένου καθώς και τον διαθέσιμο προϋπολογισμό (Moysiadis 2014).

Συνήθως η γεωμετρική τεκμηρίωση ενός μνημείου παρουσιάζεται με τη μορφή σχεδίων κατόψεων, όψεων και τομών. Ωστόσο στις μέρες μας με την ανάπτυξη της πληροφορικής και των τεχνολογιών αποτύπωσης, είναι εφικτή η δημιουργία ψηφιακών τρισδιάστατων μοντέλων. Τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν τα παραπάνω μοντέλα είναι αρκετά σημαντικά καθώς η κλίμακα απόδοσης μπορεί να είναι έως και η κλίμακα 1:1. Ένα από τα οφέλη είναι ότι πολλά από τα μνημεία πολιτιστικής κληρονομιάς είναι κτίρια υπό κατάρρευση και η δημιουργία του μοντέλου λειτουργεί ως υπόβαθρο για πιθανή αποκατάσταση. Επίσης σημαντικό πλεονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι ο επιστήμονας που μελετά το αντικείμενο δεν χρειάζεται να έρχεται σε φυσική επαφή, αποφεύγονται έτσι ενέργειες που θα μπορούσαν να επιφέρουν βλάβες, ειδικά αν πρόκειται για μουσειακά αντικείμενα (ΙΠΕΤ 2005).

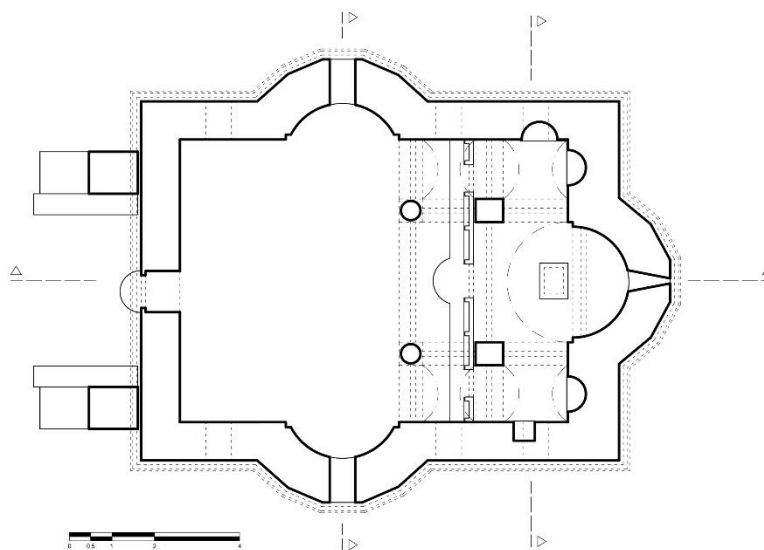
Οι μεθοδολογίες γεωμετρικής τεκμηρίωσης που διατίθενται για την αποτύπωση ενός μνημείου διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες: τοπομετρικές, τοπογραφικές, φωτογραμμετρικές (εναέριας και επίγειας) και σάρωσης με λείζερ (εναέριας και επίγειας) (Μουσιαδής 2014). Για την αποτύπωση μπορεί να εφαρμοστεί μία από τις παραπάνω μεθόδους ή συνδυασμός αυτών, που είναι και το συνηθέστερο.

Τοπομετρική μέθοδος

Η αποτύπωση πραγματοποιείται με μηκομετρήσεις τριγώνων, διαγωνίων, πλευρών, αποκλίσεων και υψομετρικών διαφορών. Για τις μετρήσεις χρησιμοποιούνται το νήμα της στάθμης, το αλφαδολάστιχο, η μετροταινία και το αποστασιόμετρο. Η καταγραφή των μετρήσεων γίνεται επί τόπου σε σκαρίφημα για το μνημείο που πρόκειται να αποτυπωθεί. Κατόπιν γίνεται η μέτρηση των χαρακτηριστικών γεωμετρικών μεγεθών του μνημείου και στη συνέχεια η σχεδιάσή του, τις περισσότερες φορές σε περιβάλλον CAD. Οι μετρήσεις στηρίζονται σε ένα αυθαίρετο σύστημα συντεταγμένων είτε λαμβάνονται μεμονωμένα. Η καταγραφή και απόδοση ενός τρισδιάστατου αντικείμενου είναι εξαιρετικά δύσκολη έως και αδύνατη, ιδιαιτέρως όταν πρόκειται για ένα αντικείμενο με πολύπλοκα γεωμετρικά χαρακτηριστικά (ΙΠΕΤ 2005).



Εικόνα 63. Σκαρίφημα ναού σύμφωνα με την τοπομετρική μέθοδο αποτύπωσης.

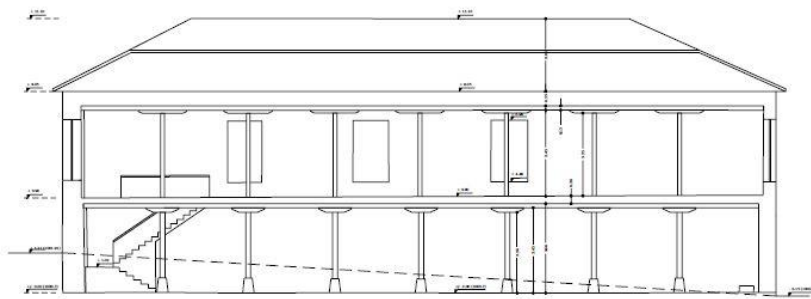


Εικόνα 64. Κάτοψη ναού σε περιβάλλον CAD.

Η υποκειμενική σχέση του αποτυπωτή με το αντικείμενο και η αδυναμία ελέγχου των αποτελεσμάτων με κάποια επιστημονική μεθοδολογία αποτελούν βασικά μειονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθοδολογίας ώστε να υπάρχει η δυνατότητα αντικειμενικής αξιολόγησης των μετρήσεων και του τελικού αποτελέσματος. Επίσης η άμεση προσπελασιμότητα προς το αντικείμενο ή κτίριο που αποτυπώνεται ενδεχομένως να προκαλέσει φθορές. Αντίθετα τα όργανα μέτρησης που χρειάζονται κρίνονται απλά στη χρήση και έχουν μικρό κόστος απόκτησης (Μωυσιάδης 2017). Αν και η συγκεκριμένη μέθοδος υστερεί σε ακρίβεια, ένας σημαντικός αριθμός επιστημόνων την χρησιμοποιεί λόγω της ταχύτητας και του χαμηλού κόστους, όταν βέβαια οι απαιτήσεις ακρίβειας του τελικού προϊόντος δεν είναι μεγάλες (ΙΠΕΤ 2005), (Μωυσιάδης 2014).

Τοπογραφική μέθοδος

Πραγματοποιείται με τη χρήση σύγχρονων οργάνων ακριβείας όπως είναι οι γεωδαιτικοί σταθμοί (total station), που αποτελούν την εξέλιξη των θεοδολίχων. Ο προσδιορισμός των συντεταγμένων των σημείων που πρόκειται να αποτυπωθούν γίνεται με τη μέθοδο των πολικών συντεταγμένων καθώς και με τη μέθοδο της εμπροσθοτομίας (Μωυσιάδης 2018). Οι γεωδαιτικοί σταθμοί μετρούν άμεσα οριζόντιες και κατακόρυφες γωνίες αλλά και κεκλιμένες ή οριζόντιες αποστάσεις. Βάσει αυτών των μεγεθών και κάποιων σταθερών σημείων στάσεων μπορούν να προσδιοριστούν οι τρισδιάστατες συντεταγμένες σε συγκεκριμένο σύστημα αναφοράς. Επίσης απαραίτητη είναι η χρήση σκαριφήματος καθ' όλη τη διάρκεια των εργασιών πεδίου με σκοπό την πλήρη και ακριβή σχεδίαση του μνημείου σε περιβάλλον CAD. Η σύνταξη του σκαριφήματος είναι αναγκαία τόσο στην τοπομετρική, όσο και στην τοπογραφική μέθοδο. Τα τελευταία χρόνια οι γεωδαιτικοί σταθμοί χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τα δορυφορικά συστήματα προσδιορισμού θέσης, όπου παρέχουν εξάρτηση του μνημείου στο εκάστοτε γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς.

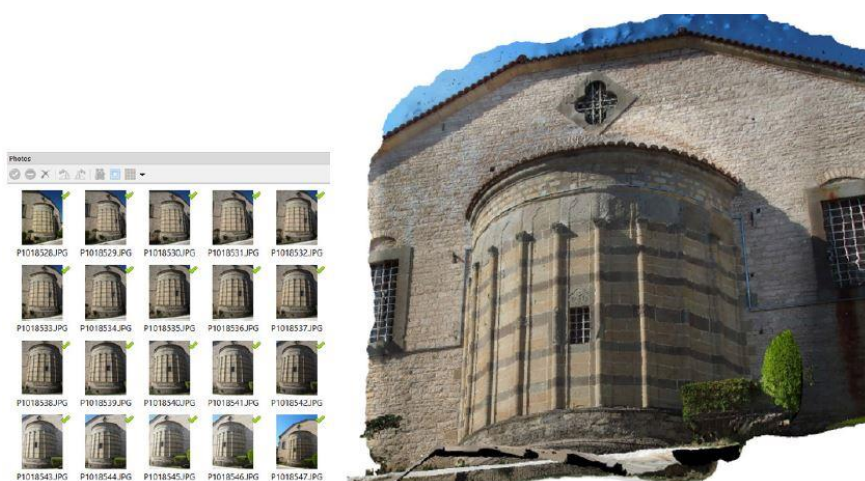


Εικόνα 65. Σχέδιο τομής σε περιβάλλον CAD μέσω τοπογραφικής αποτύπωσης (ΙΠΕΤ 2005).

Η τοπογραφική μέθοδος κρίνεται αρκετά ικανοποιητική στο να υπολογίζει τρισδιάστατες συντεταγμένες σημείων με σημαντική ακρίβεια. Η τοπογραφική μέθοδος προσδιορίζει σημεία που πρόκειται να αποτυπωθούν χωρίς ο μελετητής να έρχεται σε επαφή με το μνημείο. Έτσι προλαμβάνονται ζημίες επί του μνημείου (Μωυσιάδης 2014). Η αποτύπωση είναι αντικειμενική καθώς δίδεται η δυνατότητα ποσοτικού ελέγχου του αποτελέσματος, όσον αφορά την ακρίβεια και την αξιοπιστία του μνημείου που αποτυπώνεται. Το κόστος απόκτησης του απαραίτητου εξοπλισμού κρίνεται μέτριο. Ο χρόνος που απαιτείται για τις μετρήσεις, τη σύνταξη του σκαριφήματος και την απόδοση του σχεδίου εξαρτάται από την πολυπλοκότητα και το μέγεθος του αντικειμένου προς αποτύπωση (ΙΠΕΤ 2005). Η τοπογραφική μέθοδος χρησιμοποιείται κυρίως σε περιπτώσεις όπου το αντικείμενο καταλαμβάνει μεγάλη έκταση και συνήθως για την αποτύπωση εξωτερικά, δηλαδή όψεις κτιρίων αλλά και αρχαιολογικών χώρων και σπανιότερα σε εσωτερικούς χώρους.

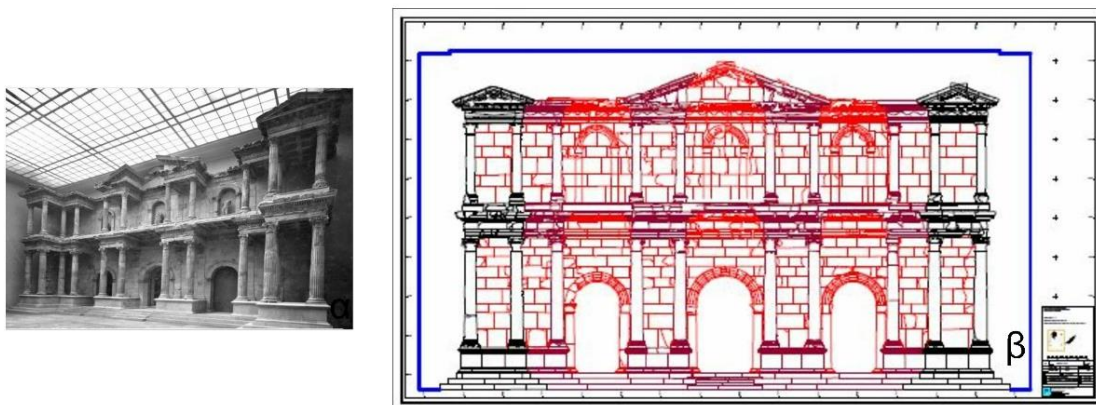
Φωτογραμμετρική μέθοδος

Οι πρώτες μετρήσεις με τη χρήση της φωτογραμμετρίας πραγματοποιήθηκαν στα μέσα του 19ου αιώνα. Ο όρος φωτογραμμετρία χρησιμοποιήθηκε από τον αρχιτέκτονα Albrecht Meydenbauer, ο οποίος είχε την ιδέα να χρησιμοποιήσει φωτογραφικές εικόνες για τη γεωμετρική τεκμηρίωση κτιρίων και μνημείων. Από τότε, η μέθοδος αυτή έχει εξελιχθεί όσον αφορά την ενιαία ακρίβεια σε τρισδιάστατα μοντέλα μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς (Moysiadis 2014). Ο απαιτούμενος εξοπλισμός περιλαμβάνει φωτογραφικές μηχανές, μετρητικές διατάξεις, κατάλληλο λογισμικό και Η/Υ υψηλών δυνατοτήτων (ΙΠΕΤ 2005). Επίσης, στις μέρες μας μπορεί να γίνει λήψη αεροφωτογραφιών από μη επανδρωμένα πτητικά μέσα σε συνδυασμό με επίγειες φωτογραφίες για την πλήρη τρισδιάστατη κάλυψη του μνημείου. Εξάλλου η βασική προβολική γεωμετρία είναι η ίδια και στις δύο περιπτώσεις. Οι φωτογραμμετρικές μέθοδοι παρέχουν ενιαία ακρίβεια και προσδιορίζουν τρισδιάστατες συντεταγμένες σημείων αποτύπωσης σε ενιαίο σύστημα αναφοράς.



Εικόνα 66. Φωτογραμμετρικό μοντέλο κόγχης ιερού ορθοδόξου ναού (Moysiadis 2017).

Η φωτογραμμετρία αποτελεί μία χρήσιμη μεθοδολογία καθώς προσφέρει υψηλής χωρικής ανάλυσης εικόνες με σωστή γεωμετρία του μνημείου που αποτυπώνεται (Moysiadis 2014). Στη φωτογραμμετρία, οι θέσεις λήψης των φωτογραφιών, τα τεχνικά χαρακτηριστικά των φωτογραφικών μηχανών, οι συνθήκες φωτισμού, καθώς και η φωτογραμμετρική μεθοδολογία που χρησιμοποιείται αποτελούν βασικά κριτήρια για την ακρίβεια του τελικού προϊόντος (Moysiadis 2017).



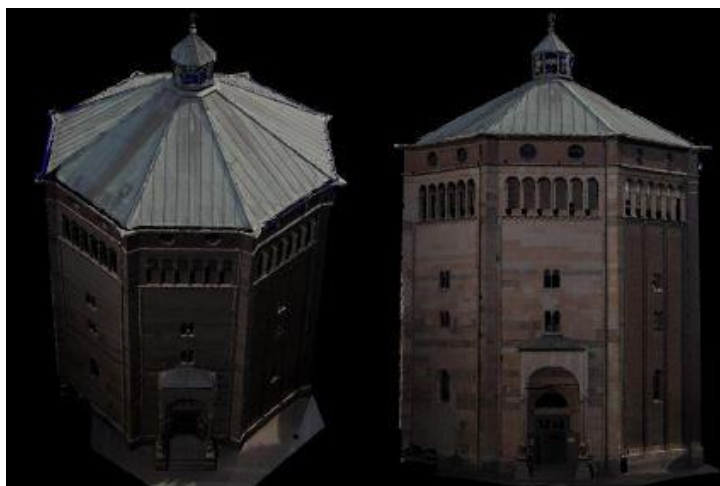
Εικόνα 67. α) Ανακατασκευή της πύλης της αγοράς της Μιλήτου σε χώρο εργασίας του μουσείου της Περγάμου (Ringle, et al. 2009), β) Φωτογραμμετρικό σχέδιο της κύριας όψης της εισόδου (Ringle, et al. 2009).

Οι διάφορες ειδικότητες που ασχολούνται με την αποκατάσταση μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς μπορούν να χρησιμοποιήσουν λεπτομερώς τα προϊόντα που προκύπτουν από την αποτύπωση με φωτογραμμετρία, η καθεμία για τον δικό της σκοπό. Δίδεται η δυνατότητα να καταγραφούν με λεπτομέρεια τα υλικά και η υφιστάμενη κατάσταση του μνημείου, ενώ παράλληλα οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες μπορούν να αποτυπωθούν με υψηλή ακρίβεια. Επίσης τα φωτογραμμετρικά προϊόντα χρησιμοποιούνται ως υπόβαθρο για την στατική ανάλυση του εκάστοτε μνημείου (Ringle, Nutto, Voegtler, Pfanner and Maischberger 2009).

Η αποτύπωση κτιρίων με την μέθοδο της φωτογραμμετρίας είναι αντικειμενική καθώς υπάρχει η δυνατότητα επιστημονικού ελέγχου του αποτελέσματος ως προς την ακρίβεια και την αξιοπιστία. Κατά την διάρκεια των μετρήσεων δεν υπάρχει ανάγκη για σύνταξη σκαριφήματος, ενώ υπάρχει η δυνατότητα έμμεσων μετρήσεων. Αξιοποιούνται πλήρως οι νέες δυνατότητες της σχεδιαστικής τεχνολογίας για παραγωγή προϊόντων σε δύο και τρεις διαστάσεις, τόσο σε μορφή ψηφιδωτή (raster), όσο και σε μορφή διανυσματική (vector) (ΙΠΕΤ 2005). Συνολικά παρέχουν ταχύτητα, ασφάλεια και αποδοτικότητα. Ωστόσο η αλγοριθμική επεξεργασία των δεδομένων είναι δύσκολη, ενώ στις περισσότερες περιπτώσεις χρειάζονται πρόσθετες εργασίες της τοπογραφικής μεθόδου. Το κόστος εξοπλισμού για τις μετρήσεις σε συνδυασμό με τον εξοπλισμό γραφείου κρίνεται μέτριο προς υψηλό (Μωυσιάδης 2018).

Μέθοδος με χρήση σαρωτή laser (laser scanner)

Μία από τις πιο σύγχρονες μεθοδολογίες αποτύπωσης αποτελεί η σάρωση με λέιζερ. Χρησιμοποιείται κυρίως επειδή παράγει πολύ ακριβή τρισδιάστατα δεδομένα, τα οποία μετά από κατάλληλη επεξεργασία μπορούν να παραχθούν τρισδιάστατα μοντέλα μνημείων και να χρησιμοποιηθούν σε πλήθος εφαρμογών. Οι σαρωτές λέιζερ αποτελούν όργανα ενεργητικής απεικόνισης. Έχουν τη δυνατότητα να αποτυπώνουν τόσο στοιχεία του περιβάλλοντος χώρου σχετικά με τη θέση σημείων σε μορφή τρισδιάστατων συντεταγμένων XYZ, γνωστά και ως νέφη σημείων (point cloud), όσο και εικονική πληροφορία. Υπάρχουν δύο μεγάλες κατηγορίες: οι επίγειοι και οι αερομεταφερόμενοι σαρωτές λέιζερ. Οι πρώτοι χρησιμοποιούνται στη γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς καθώς μοντελοποιούν επιφάνειες τόσο απλών όσο και ιδιαίτερα πολύπλοκων γεωμετρικών χαρακτηριστικών, αλλά και σε πληθώρα άλλων εφαρμογών. Οι αερομεταφερόμενοι σαρωτές χρησιμοποιούνται για την αποτύπωση του ανάγλυφου της γης καθώς και πυθμένων θαλασσών και λιμνών. Ο απαιτούμενος εξοπλισμός για την αποτύπωση μνημείων περιλαμβάνει μία συσκευή laser scanner, λογισμικό επεξεργασίας των δεδομένων και ηλεκτρονικό υπολογιστή υψηλών απαιτήσεων (Μωυσιάδης 2014), (Μωυσιάδης 2018).

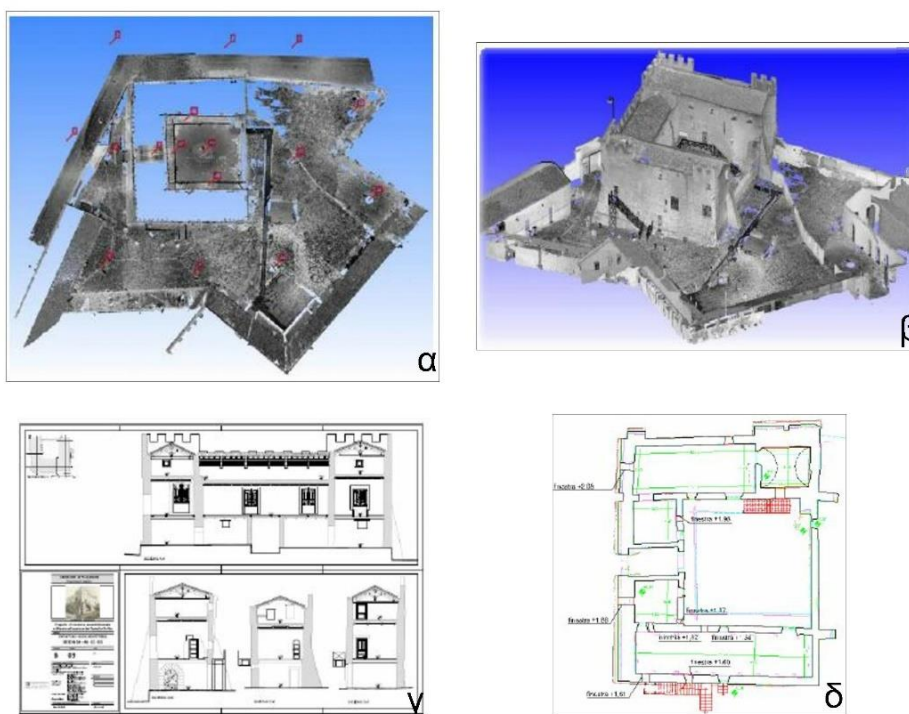


Εικόνα 68. Τρισδιάστατο μοντέλο μέσω αποτύπωσης με laser scanner (Conforti Andreoni and Pinto 2004).



Εικόνα 69. Στάδια επεξεργασίας δεδομένων σάρωσης laser (Conforti Andreoni and Pinto 2004).

Η αποτύπωση με laser scanner παρέχει μεγάλη πληρότητα των απαραίτητων πληροφοριών χάρη στο πυκνό σύννεφο σημείων που παράγει. Επίσης η απόκτηση των δεδομένων γίνεται με μεγάλη ταχύτητα και ακρίβεια (Conforti Andreoni and Pinto 2004).



Εικόνα 70. α) Θέσεις σάρωσης, β) Τρισδιάστατο μοντέλο κτιρίου, γ) Σχέδια τομών κτιρίου, δ) Κάτοψη από δεδομένα σαρωτή laser, (Vacca et al. 2012).

Η χρήση του laser scanner για την αποτύπωση ιστορικών κτιρίων με σύνθετη γεωμετρία, αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για την εξαγωγή μοντέλου τριών διαστάσεων με μετρητική ικανότητα υψηλής ακρίβειας. Αξιοσημείωτη είναι η ταχύτητα των εργασιών στο πεδίο, δεδομένου του μεγέθους και της πολυπλοκότητας του κτιρίου. Ωστόσο, απαιτείται εξειδικευμένη γνώση για την παραγωγή των τελικών προϊόντων (Vacca, Deidda, Dessi and Marras 2012).

Κατά τη διάρκεια των εργασιών πεδίου δεν απαιτείται η σύνταξη σκαριφήματος. Κύρια χαρακτηριστικά της μεθόδου είναι η ταχύτητα και η αξιοπιστία αποτύπωσης. Ο χρόνος επεξεργασίας δεδομένων είναι μικρός ενώ παρέχει προϊόντα με πολύ μεγάλη ακρίβεια. Επιπλέον, το κόστος απόκτησης του απαιτούμενου εξοπλισμού είναι ιδιαίτερα υψηλό (ΙΠΕΤ 2005).

Σύγκριση μεθοδολογιών

Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τα κύρια χαρακτηριστικά της κάθε μεθόδου γεωμετρικής τεκμηρίωσης μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς.

	Τοπογραφία	Φωτογραμμετρία	Σάρωση με laser
τρισεπίπεδη πληροφορία			
διακριτές μετρήσεις			
ομοιόμορφες μετρήσεις			
υψηλή ακρίβεια			
ενιαία ακρίβεια			
πολύπλοκες επιφάνειες			
επεξεργασία δεδομένων			
ανίχνευση ακμών			
θέματα ανακλαστικότητας			
χρονοβόρα διαδικασία			
υψηλή δαπάνη			
υλισμικές απαιτήσεις			

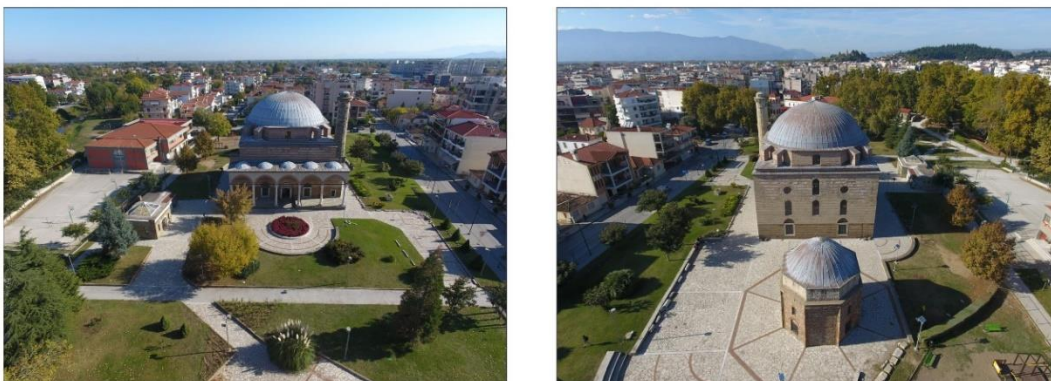
Πίνακας 1. Σύγκριση μεταξύ τοπογραφίας, φωτογραμμετρίας και σάρωσης με laser στις εφαρμογές γεωμετρικής τεκμηρίωσης πολιτιστικής κληρονομιάς (Μωυσιάδης 2016).

4.2 Αναγνώριση περιοχής και ίδρυση πολυγωνομετρικής όδευσης

Αναγνώριση περιοχής

Απαραίτητο στάδιο για την γεωμετρική τεκμηρίωση ιστορικών κτιρίων αποτελεί η αναγνώριση της περιοχής στην οποία βρίσκεται το κτίριο. Η διαδικασία αυτή αποτελεί το πρώτο στάδιο των εργασιών στο πεδίο. Για την αποτύπωση του τεμένους και του τουρμπέ του Οσμάν Σαχ πραγματοποιήθηκε επίσκεψη στον περιβάλλοντα χώρο των μνημείων. Η επίσκεψη έχει στόχο την συλλογή των απαραίτητων στοιχείων που ενισχύουν τον προγραμματισμό και τη διαδικασία που ακολουθεί, αποφεύγοντας σφάλματα στον προγραμματισμό των εργασιών πεδίου.

Κατά την επίσκεψη διερευνήθηκε η προσβασιμότητα στον χώρο, έγινε καταγραφή των βασικών διαστάσεων των κτιρίων, εκτιμήθηκε ο ελεύθερος χώρος και τα εμπόδια που βρίσκονται γύρω από τα κτίρια. Επιπλέον πραγματοποιήθηκε λήψη επίγειων φωτογραφιών που συνέβαλαν στην εφαρμογή των μεθοδολογιών αποτύπωσης.



Εικόνα 71. Ο περιβάλλοντα χώρος του μνημείου.

Στην περίπτωση των προς αποτύπωση κτιρίων εκτιμήθηκαν περιορισμένα και μικρής έκτασης προβληματικά σημεία. Στα αριστερά της κύριας όψης του τεμένους βρίσκεται ένα δένδρο ύψους 4-5 μέτρων σε κοντινή απόσταση με το προστώ. Το δένδρο αποτελεί εμπόδιο κατά τη διαδικασία της εναέριας φωτογραφικής κάλυψης του κτιρίου για τη φωτογραμμετρική αποτύπωση. Επίσης αποτελεί μικρότερης έκτασης εμπόδιο κατά τη λήψη των επίγειων φωτογραφιών. Επιπλέον ζήτημα στη διαδικασία λήψης εναέριων και επίγειων φωτογραφιών που πρέπει να εξεταστεί, είναι η πολύπλοκη γεωμετρία του προστώου και οι κίνες που παρεμβάλλονται μεταξύ των θέσεων λήψης και της τοιχοποιίας της κύριας όψης. Για την πραγματοποίηση της τοπογραφικής μεθόδου και την ίδρυση πολυγωνομετρικής όδευσης δεν προέκυψαν προβλήματα καθώς υπάρχει αμοιβαία ορατότητα μεταξύ των στάσεων. Άλλο ένα θέμα το οποίο έπρεπε να συνεκτιμηθεί κατά τη διαδικασία των εργασιών πεδίου είναι η φύση και ο χαρακτήρας του τεμένους και της περιοχής που το περιβάλλει. Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω το μνημείο είναι επισκέψιμο για το κοινό, ενώ ο περιβάλλοντας χώρος αποτελεί χώρο αναψυχής για τους πολίτες καθώς περιλαμβάνει αναψυκτήριο και παιδική χαρά.

Ίδρυση στάσεων

Η ίδρυση στάσεων της πολυγωνομετρικής όδευσης αποτελεί το επόμενο στάδιο της τοπογραφικής μεθόδου αποτύπωσης. Οι στάσεις σημειώθηκαν στην περιοχή γύρω από τα κτίρια με προσωρινή σήμανση. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε χαρτοταινία, η οποία εφαρμόστηκε στο έδαφος σε σχήμα σταυρού, το κέντρο του οποίου σημειώθηκε με μαρκαδόρο. Η σήμανση αφαιρέθηκε με το τέλος των εργασιών πεδίου. Η παροδική σήμανση επιλέχθηκε προς αποφυγή φθορών στον περιβάλλοντα χώρο του μνημείου. Οι στάσεις της πολυγωνομετρικής όδευσης επιλέχθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχει αμοιβαία ορατότητα μεταξύ της επόμενης και της προηγούμενης στάσης. Ταυτόχρονα από τις στάσεις έπρεπε να υπάρχει όσο το δυνατόν μεγαλύτερο εύρος θέασης προς τις όψεις των κτιρίων. Ιδρύθηκε μία κλειστή εξαρτημένη όδευση η οποία αποτελείται από επτά στάσεις. Η ίδρυση των στάσεων ήταν αναγκαία τόσο για την τοπογραφική όσο και την φωτογραμμετρική αποτύπωση.



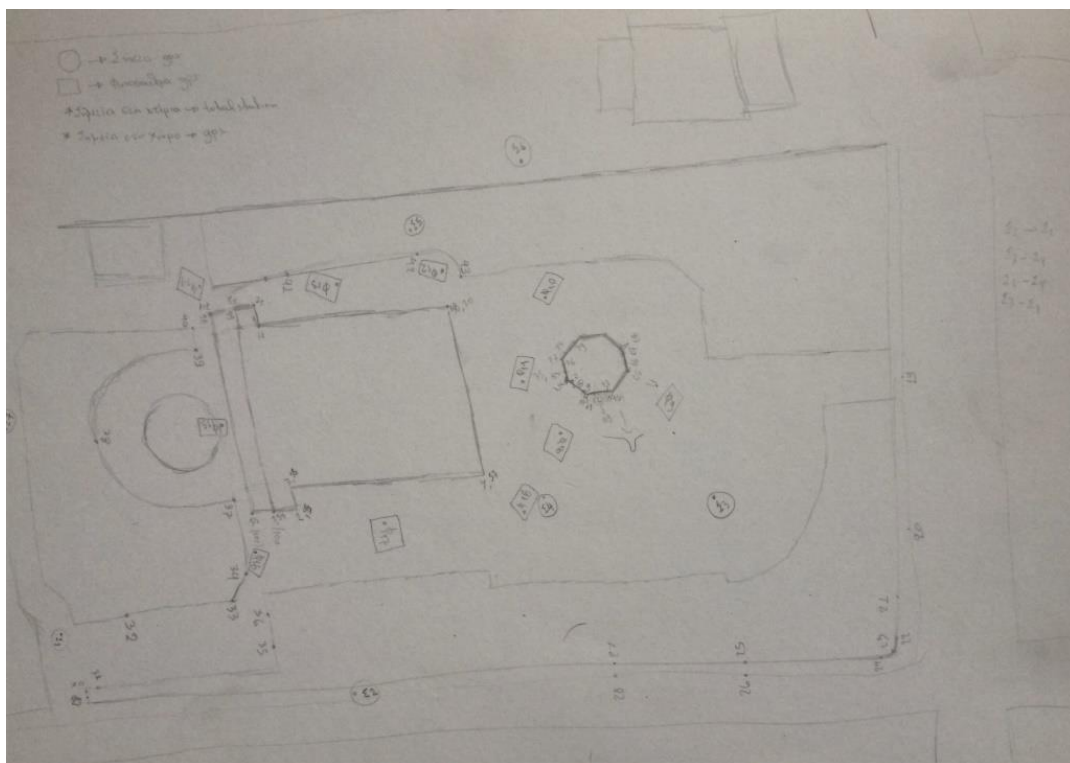
Εικόνα 72. Ίδρυση στάσεων της όδευσης.

Εξασφάλιση στάσεων

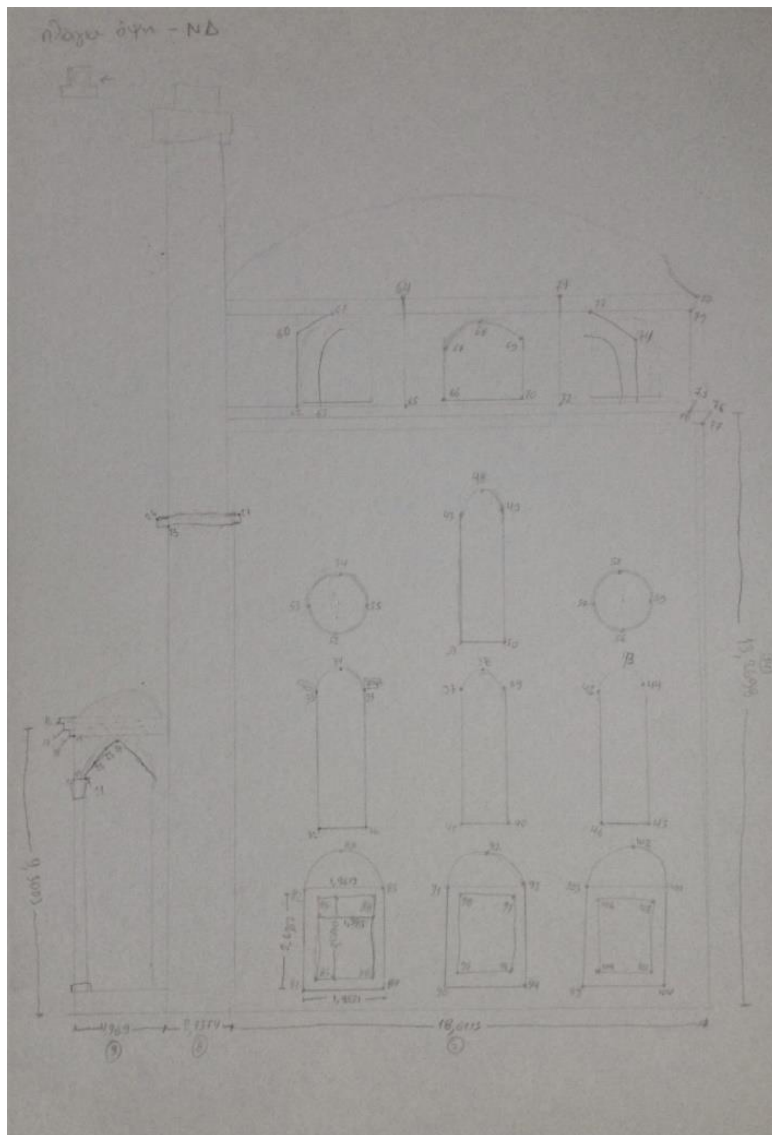
Κάθε πολυγωνομετρικό σημείο πρέπει να επανευρίσκεται εύκολα σε περίπτωση καταστροφής του έτσι ώστε να μπορεί να επανατοποθετηθεί στο έδαφος. Απαραίτητη επομένως συμπληρωματική εργασία στο ύπαιθρο είναι η λεγόμενη εξασφάλιση των στάσεων, που συνίσταται στη μέτρηση των οριζοντίων αποστάσεων μεταξύ της στάσης και τριών σταθερών χαρακτηριστικών σημείων της περιοχής σε κοντινή απόσταση. Η συγκεκριμένη εργασία δεν πραγματοποιήθηκε δεδομένου ότι ο προσδιορισμός της κάθε στάσης έγινε μετά από μέτρηση μέσω Δορυφορικού Συστήματος Προσδιορισμού Θέσης (ΔΣΠΘ).

Σύνταξη σκαριφημάτων

Με την ολοκλήρωση της ίδρυσης της πολυγωνομετρικής όδευσης απαραίτητη ήταν η σύνταξη των σκαριφημάτων. Αυτό το στάδιο αποτελεί μία από τις σημαντικότερες εργασίες πεδίου της τοπογραφικής μεθόδου, η οποία βοηθάει στην σχεδιαστική απόδοση των σημείων λεπτομερείας. Η συγκεκριμένη εργασία απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή, ενώ αναλόγως του επιδιωκόμενου τελικού προϊόντος και της κλίμακας απόδοσης, απαιτείται ανάλογη λεπτομέρεια και πληρότητα. Έτσι συντάχθηκε σκαρίφημα των κτιρίων και του περιβάλλοντος χώρου με σκοπό την παραγωγή σχεδίου των χαρακτηριστικών αυτών. Στη συνέχεια συντάχθηκαν σκαριφήματα των όψεων του μνημείου όπου σημειώθηκαν διακριτά σημεία που επρόκειτο να μετρηθούν με την τοπογραφική μέθοδο καθώς και διαστάσεις (μήκη πλευρών, ύψη και διαγώνιοι) για την τοπομετρική μέθοδο.



Εικόνα 73. Σκαρίφημα κτιρίων και περιβάλλοντος χώρου.




Εικόνα 74. Σκαρίφημα νοτιοδυτικής όψης του τεμένους.

4.3 Επίλυση πολυγωνομετρικής όδευσης

Η πολυγωνομετρική όδευση είναι μία τεθλασμένη γραμμή που δημιουργείται μεταξύ των στάσεων. Η επίλυση της πολυγωνομετρικής όδευσης συνίσταται στο γεγονός ότι προσδιορίζονται οι οριζόντιες συντεταγμένες X και Y των στάσεων. Η γνωστή θέση των στάσεων είναι αναγκαία για την εφαρμογή της τοπογραφικής και φωτογραμμετρικής αποτύπωσης σε συγκεκριμένα σημεία του μνημείου.

Ο προσδιορισμός των τρισδιάστατων συντεταγμένων των στάσεων (X, Y, Z) πραγματοποιήθηκε με τη χρήση Δ.Σ.Π.Θ. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε δορυφορικό σύστημα προσδιορισμού θέσης, με τον ProMark 200 Magellan γεωδαιτικό δέκτη με υψηλή ακρίβεια και αναφορά στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς Ε.Γ.Σ.Α. 87. Πρόκειται για το εθνικό σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιείται στις τοπογραφικές, στις γεωδαιτικές, στις φωτογραμμετρικές και άλλες συναφείς εργασίες. Με τις συντεταγμένες προσδιορίζεται η θέση του κτιρίου στο χώρο και ο προσανατολισμός του, υπολογίζονται γεωμετρικές ιδιότητες όπως είναι το μήκος, το εμβαδόν, η γωνία, ο όγκος και συσχετίζονται πληροφορίες χωρικά.

	ProMark 200	
	RTK (Real Time Kinematic):	10mm + 1 ppm
	Static post-processing:	5mm + 1 ppm
	Kinematic post-processing:	12mm + 2 ppm
	DGPS:	<25cm + 1 ppm
	SBAS:	<50cm

Πίνακας 2. Τυπικές τιμές ακρίβειας του ProMark 200 γεωδαιτικού δέκτη (Maggellan 2019).



Εικόνα 75. Κλειστή εξαρτημένη πολυγωνομετρική όδευση.

Στάσεις	X (μ.)	Y (μ.)	Z (μ.)
S1	308292.82	4379927.86	111.149
S2	308308.61	4379890.66	110.977
S3	308340.92	4379884.47	111.083
S4	308350.62	4379870.28	110.914
S5	308376.23	4379916.93	110.588
S6	308363.09	4379934.49	110.772
S7	308309.09	4379943.99	111.224

Πίνακας 3. Οι συντεταγμένες των στάσεων της όδευσης σε ΕΓΣΑ 87.

Κατά τη μέτρηση με ΔΣΠΘ συνυπολογίστηκαν μέτρα ακρίβειας για τον προσδιορισμό των συντεταγμένων στις στάσεις (ψηλά εμπόδια, παρακείμενα κτίρια, δένδρα, καιρικές συνθήκες).

Παλαιότερα η εξάρτηση στο εθνικό σύστημα συντεταγμένων δεν ήταν υποχρεωτική αλλά ορίζονταν αυθαίρετο σύστημα συντεταγμένων. Συνεπώς, η αποτύπωση με την παραπάνω διαδικασία δεν εξασφάλιζε τη θέση του μνημείου χωρικά.

4.4 Τοπομετρική μέθοδος

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η τοπομετρική μέθοδος βασίζεται σε μετρήσεις μηκών, τριγώνων, διαγωνίων, πλευρών και υψομετρικών διαφορών. Τα όργανα που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως η μετροταινία, η οποία στις μέρες μας τείνει να αντικατασταθεί από το αποστασιόμετρο laser. Η αποτύπωση γίνεται σπιθαμή προς σπιθαμή με μεγάλη ακρίβεια, η οποία όμως αναφέρεται μόνο στην συγκεκριμένη μέτρηση. Κάθε νέο σημείο συσχετίζεται με ένα προηγούμενο και αποτελεί την αρχή της νέας μέτρησης.

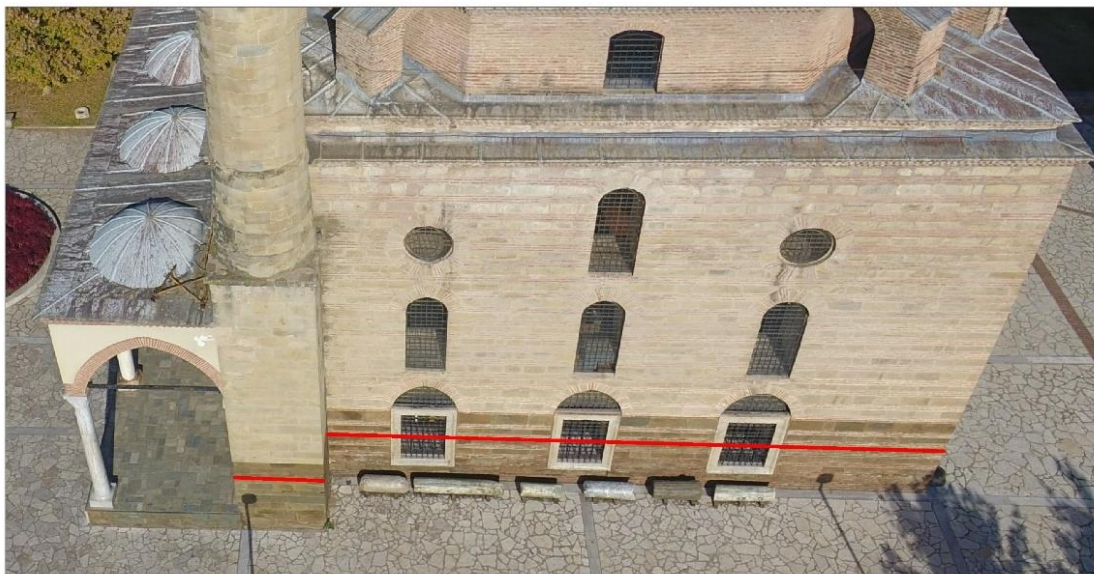


Εικόνα 76. Εξοπλισμός τοπομετρικής μεθόδου.

Στο τέμενος και τον τουρμπέ του Οσμάν Σαχ, η τοπομετρική μέθοδος χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση ορισμένων πλευρών, υψομετρικών διαφορών και ανοιγμάτων. Η γεωμετρία του περιγράμματος του κτιρίου και των ανοιγμάτων που βρίσκονται στην πρώτη καθ' ύψος ζώνη δεν είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη, ενώ το γείσο που βρίσκεται περιμετρικά του κτιρίου βοηθάει επίσης στην μέτρηση ορισμένων υψομετρικών διαφορών.

Οι μετρήσεις των μηκών του περιγράμματος του κτιρίου με την τοπομετρική μέθοδο πραγματοποιήθηκαν με μετροταινία σε συνδυασμό με αλφάδι και με αποστασιόμετρο laser με ενσωματωμένη ηλεκτρονική αεροστάμη.

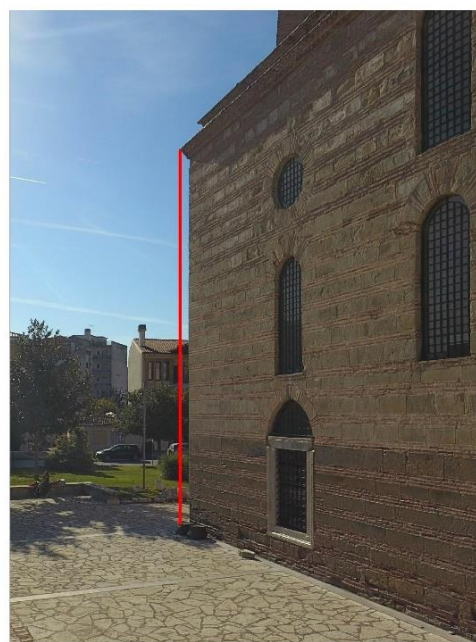
Στη μέτρηση του μήκους της νοτιοδυτικής πλευράς παρατηρήθηκε μικρή απόκλιση στα αποτελέσματα. Συγκεκριμένα η απόσταση από την ακμή έως την πλευρά του μιναρέ μετρήθηκε 18,628μ. με την μετροταινία και 18,611μ. με το αποστασιόμετρο. Στην μέτρηση υπήρξε απόκλιση 1,70εκ. Αυτή η απόκλιση οφείλεται στο σφάλμα κάμψης της μετροταινίας, η οποία σε μεγάλα μήκη μπορεί να αποφευχθεί μόνο με την αποσπασματική μέτρηση της πλευράς, κάτι το οποίο προσθέτει ακόμη περισσότερο χρόνο στην ούτως ή άλλως χρονοβόρα διαδικασία της συγκεκριμένης μεθόδου. Αντίθετα στη μέτρηση της νοτιοδυτικής πλευράς του μιναρέ δεν υπήρξε ουσιαστικά απόκλιση, καθώς με την μετροταινία μετρήθηκε 2,740μ., ενώ με το αποστασιόμετρο 2,737μ.



Εικόνα 77. Μέτρηση οριζοντιογραφικών τμημάτων του κτιρίου με την τοπομετρική μέθοδο.

Στα αποτελέσματα της μέτρησης της περιμέτρου της κύριας αίθουσας του τεμένους παρατηρήθηκε απόκλιση η οποία επηρεάζει σαφώς την ακρίβεια των τελικών προϊόντων της αποτύπωσης. Καταγράφηκαν συνολικά 8 μετρήσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στην ίδια στάθμη. Η περίμετρος μετρήθηκε με την μετροταινία 94,410μ., ενώ με το αποστασιόμετρο 94,292μ. Η διαφορά των δύο τιμών είναι 11,80εκ., αποτέλεσμα που προκύπτει από το άθροισμα των σφαλμάτων των μετρήσεων των τεσσάρων πλευρών με το μεγαλύτερο μήκος.

Στις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα ανοίγματα της πρώτης ζώνης του τεμένους δεν παρατηρήθηκαν ιδιαίτερες αποκλίσεις. Οι μετρήσεις των υψομετρικών διαφορών που διενεργήθηκαν και με τα δύο όργανα μέτρησης αφορούν αποστάσεις προσιτές στην ανθρώπινη κλίμακα, δηλαδή περίπου μέχρι 2,30 μέτρα από το έδαφος. Το αποστασιόμετρο laser δίνει την δυνατότητα μέτρησης μεγαλύτερων υψομετρικών διαφορών με την προϋπόθεση της ύπαρξης επιφανειών τις οποίες θα συναντήσει η ακτίνα του. Το τζαμί φέρει περιμετρικά γείσο, το οποίο δίνει τη δυνατότητα της μέτρησης αποστάσεων έως το ύψος του.




Εικόνα 78. Μέτρηση υψομετρικών τμημάτων του κτιρίου με την τοπομετρική μέθοδο.

Η τοπομετρική μέθοδος για την πλήρη αποτύπωση του τεμένους και του τουρμπέ του Οσμάν Σαχ κρίνεται ακατάλληλη. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η αποτύπωση μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς επιβάλλει την καταγραφή της θέσης τους στο χώρο, του ακριβούς σχήματος και των διαστάσεών τους. Έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί συμπληρωματικά με τις υπόλοιπες μεθοδολογίες αποτύπωσης, για μετρήσεις μικρών μηκών ή υψομετρικών διαφορών σε προσβάσιμα σημεία.

4.5 Μέθοδος πολικών συντεταγμένων

Η μέθοδος των πολικών συντεταγμένων χρησιμοποιήθηκε όπου δεν υπήρχε η δυνατότητα για τον άμεσο προσδιορισμό συντεταγμένων σημείου λεπτομερείας μεγάλων επιφανειών μεγάλου μνημείου όπως αυτό του Οσμάν Σαχ. Για κάθε σκοπευμένο σημείο από κάθε στάση λαμβάνονται η οριζόντια και κατακόρυφη γωνία και η κεκλιμένη απόσταση. Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός (total station) τύπου Geomax zoom50 ο οποίος μετράει το μήκος χωρίς την χρήση ανακλαστήρα, αλλά με στόχευση με laser σε οποιοδήποτε σημείο επιθυμεί ο χρήστης. Το σκοπευμένο σημείο μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την διακριτή κάλυψη των θέσεων όταν επιδιώκεται η κάλυψη ή η κάτοψη του κτιρίου, όσο και για την όψη του, καθώς δίνεται σε ορθή προβολή.

Ο γεωδαιτικός σταθμός είναι ο Geomax zoom 50 και επιτρέπει την ψηφιακή μέτρηση και καταγραφή μηκών και γωνιών στην ενσωματωμένη καταγραφική μονάδα που διαθέτει. Συνδέεται με ηλεκτρονικό υπολογιστή επιτυγχάνοντας αμφίδρομη επικοινωνία για την μεταφορά δεδομένων. Πραγματοποιεί μετρήσεις χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα καθώς υποστηρίζει ακτίνα laser. Ο χρόνος καταγραφής κάθε μέτρησης είναι της τάξεως του 1sec. Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται τα βασικά στοιχεία που αφορούν την ακρίβεια των μετρήσεων των μηκών και των γωνιών.

	Total Station Geomax zoom 50	
	Angle measurements:	1" (0.3mgon), 2" (0.6mgon)
	Distance measurements	
	Prism:	3500m / 2mm + 2ppm
	Long range:	10000m / 5mm + 2ppm
	Non-prism:	<500m -> 2mm + 2ppm
		>500m -> 4mm + 2ppm

Πίνακας 4. Τυπικές τιμές ακρίβειας Geomax zoom 50 γεωδαιτικού σταθμού (Geomax 2019).

Παρακάτω δίδεται ένα παράδειγμα προσδιορισμού σημείου με τη μέθοδο των πολικών συντεταγμένων. Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε για όλα τα σημεία που ελήφθησαν κατά τη διάρκεια των εργασιών πεδίου.

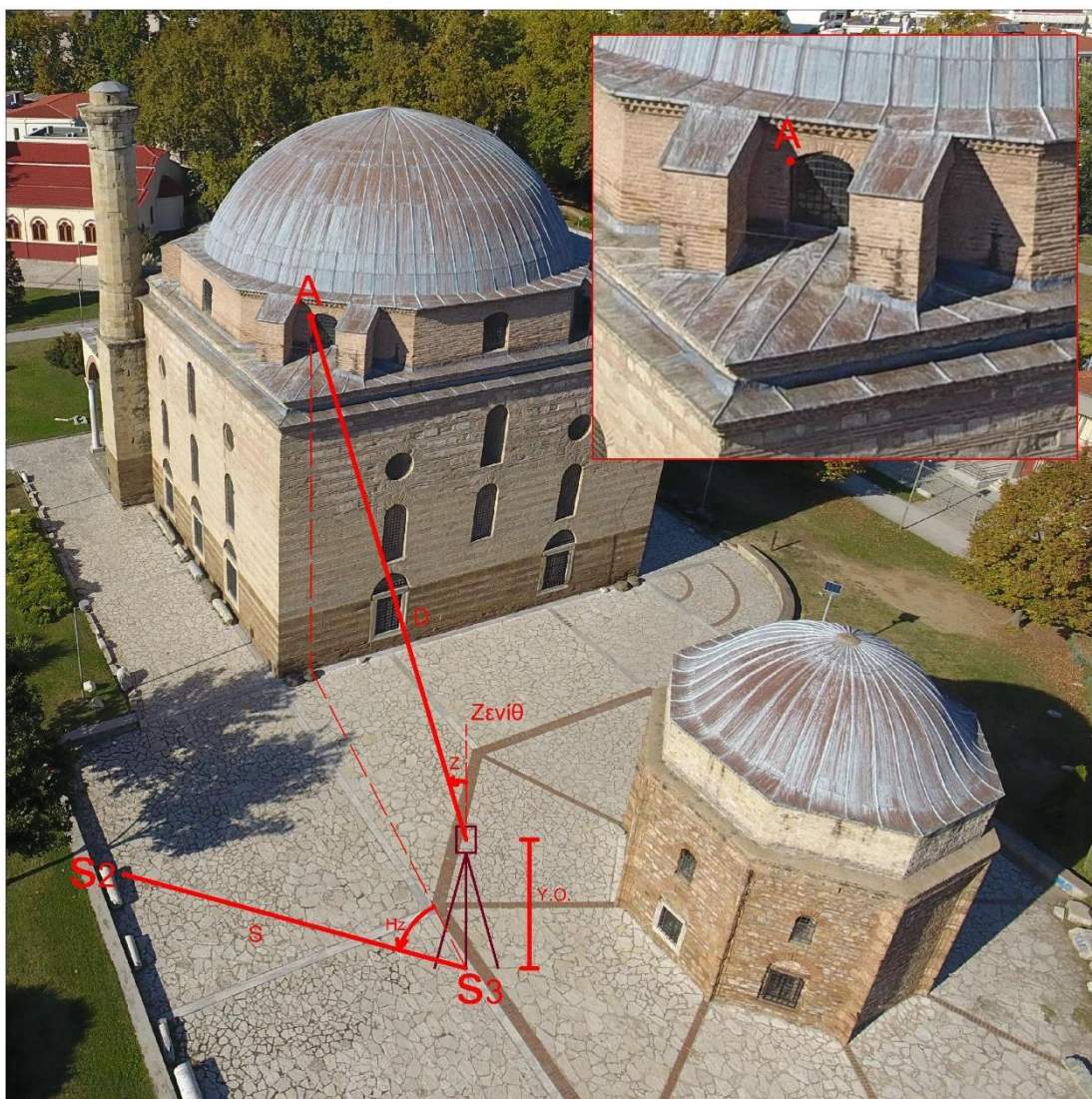
Σκοπός είναι να προσδιοριστεί το σημείο A (X_A, Y_A, Z_A), έχοντας ως δεδομένα τις συντεταγμένες των σημείων των στάσεων S_2 ($X_{S_2}, Y_{S_2}, Z_{S_2}$) και S_3 ($X_{S_3}, Y_{S_3}, Z_{S_3}$), σε ορισμένο σύστημα αναφοράς. Καταρχάς γίνεται μηδενισμός της οριζόντιας γωνίας από την S_3 στην S_2 και μέτρηση του ύψους οργάνου (Υ.Ο.) χειροκίνητα και καταχώριση της μέτρησης στον γεωδαιτικό σταθμό. Επίσης πρέπει να μετρηθούν το μήκος D, η ζενίθια γωνία z και η οριζόντια γωνία Hz. Τα τελευταία υπολογίζονται αυτόματα από τον γεωδαιτικό σταθμό, ο οποίος επιλύοντας συγκεκριμένο τυπολόγιο, ο οποίος υπολογίζει τις συντεταγμένες του σημείου A. Οι εξισώσεις υπολογισμού παρατίθενται στη συνέχεια. Αξίζει να αναφερθεί ότι το σημείο A είναι απρόσιτο καθώς απέχει από το έδαφος 17,00μ. και βρίσκεται σε εσοχή σε σχέση με την τοιχοποιία της κυρίας αίθουσας του τεμένους.

$$X_A = X_{S3} + D \cdot \sin z \cdot \sin(S_2 S_3 + H_z)$$

$$Y_A = Y_{S3} + D \cdot \sin z \cdot \cos(S_2 S_3 + H_z)$$

$$Z_A = Z_{S3} + D \cdot \cos z + Y.O$$

Εξίσωση 1. Προσδιορισμός σημείου με την μέθοδο των πολικών συντεταγμένων.



Εικόνα 79. Προσδιορισμός σημείου με τη μέθοδο των πολικών συντεταγμένων.



Εικόνα 80. Σύγκριση προσδιορισμού σημείου με τη μέθοδο των πολικών συντεταγμένων και την τοπομετρική.

Για τον προσδιορισμό του σημείου B του τουρμπέ, η απόστασή του από το έδαφος είναι 1,924μ. σύμφωνα με την μέτρηση με την μέθοδο των πολικών συντεταγμένων. Το ίδιο σημείο μετρήθηκε με την ίδια ακρίβεια και με την τοπομετρική μέθοδο. Συνεπώς η μεθοδολογία που ενδείκνυται για την μέτρηση αντιστοίχων σημείων είναι η τοπομετρική.

Η αποτύπωση με τη μέθοδο των πολικών συντεταγμένων δίδει την δυνατότητα αποτύπωσης απροσίτων σημείων και ταυτόχρονα μειώνει σημαντικά τόσο το ανθρώπινο δυναμικό, όσο και τον χρόνο παραμονής στο πεδίο. Η μέθοδος παρέχει ακρίβεια στον προσδιορισμό των συντεταγμένων σημείων από $\pm 2\text{mm}$ έως $\pm 1\text{cm}$ ανάλογα με τον διαθέσιμο εξοπλισμό και την ακρίβεια του (Μωυσιάδης 2017).

4.6 Μέθοδος εμπροσθοτομίας

Η αποτύπωση με τη μέθοδο της εμπροσθοτομίας στον χώρο, χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της τρισδιάστατης θέσης ενός απροσίτου σημείου με υψηλή ακρίβεια. Συγκρινόμενη με τη μέθοδο των πολικών συντεταγμένων, η μέθοδος της εμπροσθοτομίας παρέχει υψηλότερη ακρίβεια, ωστόσο αποτελεί μία χρονοβόρα διαδικασία. Εκτός της τοπογραφικής αποτύπωσης χρησιμοποιείται και στην φωτογραμμετρία για την εξάρτηση στο φωτογραμμετρικό μοντέλο.

Η μέθοδος της εμπροσθοτομίας συνίσταται στον προσδιορισμό συντεταγμένων απροσίτων σημείων από δυο γνωστές προσιτές στάσεις. Έτσι δημιουργείται ένα τρίγωνο με κορυφές τις δύο στάσεις και το σκοπευμένο σημείο. Τα σκοπευόμενα σημεία που μετρώνται λέγονται φωτοσταθερά και επισημαίνονται με αυτοκόλλητους στόχους. Στην περίπτωση του τεμένους επιλέχθηκαν διακριτά σημεία, ορατά και από τις δύο στάσεις.

Για τη συγκεκριμένη μέθοδο, τα μεγέθη που μετρώνται είναι οι οριζόντιες και οι κατακόρυφες γωνίες καθώς και το ύψος οργάνου. Απαραίτητη διαδικασία αποτελεί ο μηδενισμός μεταξύ των στάσεων.

Παρακάτω δίδεται ένα παράδειγμα προσδιορισμού σημείου με τη μέθοδο της εμπροσθοτομίας. Η ίδια διαδικασία πραγματοποιήθηκε για όσα σημεία μετρήθηκαν με τον τρόπο αυτόν.

Σκοπός είναι ο προσδιορισμός του σημείου Γ (X_Γ,Y_Γ,Z_Γ). Οι συντεταγμένες των δύο στάσεων S₁ (X_{s1},Y_{s1},Z_{s1}) και S₇ (X_{s7},Y_{s7},Z_{s7}) προσδιορίστηκαν με τη χρήση Δ.Σ.Π.Θ. όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Η απόσταση μεταξύ των στάσεων μετρήθηκε με μετροταινία και ελέγχθηκε με αποστασιόμετρο. Αρκεί η μέτρηση των οριζόντιων γωνιών α και β και των ζενίθων γωνιών Z₁ και Z₇, καθώς και το ύψος οργάνου I₁ και I₇ σε κάθε στάση. Το σημείο Γ είναι ένα απρόσιτο σημείο καθώς απέχει από το έδαφος 17,40μ. και δεν είναι εύκολα προσβάσιμο για τον άνθρωπο. Συνεπώς δεν μπορεί να μετρηθεί με την τοπομετρική μέθοδο με τη χρήση μετροταινίας και αποστασιόμετρου.



Εικόνα 81. Προσδιορισμός σημείου με τη μέθοδο της εμπροσθοτομίας.

Ο προσδιορισμός των συντεταγμένων του σημείου Γ βασίζεται στις παρακάτω εξισώσεις.

$$X_{\Gamma} = \frac{Y_{S7} - Y_{S1} + X_{S1} \cdot \cot b + X_{S7} \cdot \cot a}{\cot a + \cot b}$$

$$Y_{\Gamma} = \frac{X_{S1} - X_{S7} + Y_{S1} \cdot \cot b + Y_{S7} \cdot \cot a}{\cot a + \cot b}$$

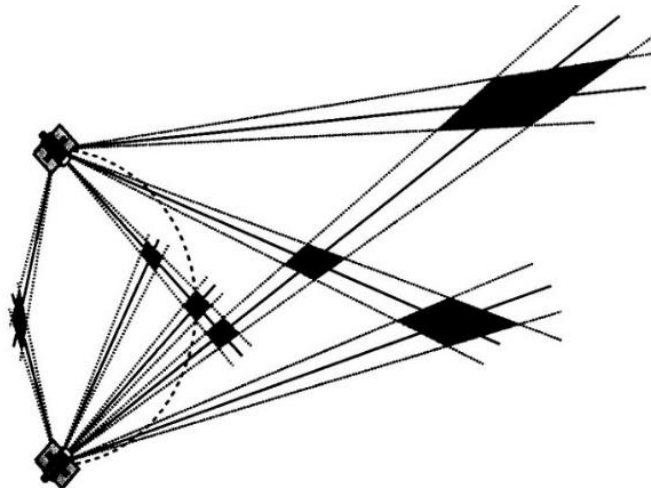
$$Z_{\Gamma} (s1) = Z_1 + DS1 \cdot \cot z_1 + I_1 \quad (1)$$

$$Z_{\Gamma} (s7) = Z_7 + DS7 \cdot \cot z_7 + I_7 \quad (2)$$

$$Z_{\Gamma} = \frac{Z_{\Gamma S1} + Z_{\Gamma S7}}{2} \quad \text{από (1) και (2)}$$

Εξίσωση 2. Εξισώσεις επίλυσης με την μέθοδο της εμπροσθοτομίας.

Εκτός από τον οριζοντιογραφικό προσδιορισμό του σημείου Γ, γίνεται και έλεγχος στον υψομετρικό προσδιορισμό του, καθώς αυτός υπολογίζεται από δύο στάσεις. Επίσης, η ακρίβεια της μεθόδου της εμπροσθοτομίας εξαρτάται από τη σωστή μέτρηση των οριζοντίων και των ζενιθίων γωνιών καθώς και των υψών οργάνου. Ωστόσο η ακρίβεια στον προσδιορισμό των συντεταγμένων του απροσίτου σημείου επηρεάζεται από τη γεωμετρία του σχηματιζόμενου τριγώνου μεταξύ των δύο στάσεων και του σκοπευομένου σημείου (Μωυσιάδης 2017).



Σχήμα 1. Ακρίβεια προσδιορισμού σημείου με τη μέθοδο της εμπροσθοτομίας (Leica Geosystems AG 2002).

4.7 Φωτογραφική τεκμηρίωση

Η φωτογραφική τεκμηρίωση του μνημείου απαιτεί τον σωστό προγραμματισμό λήψεων φωτογραφιών. Παράγοντες που λαμβάνονται υπόψιν είναι ο διαθέσιμος εξοπλισμός, η γεωμετρία του κτιρίου, ο περιβάλλοντος χώρος του, καθώς και η ακρίβεια των τελικών προϊόντων.

Για τη φωτογραμμετρική αποτύπωση τόσο δισδιάστατων επιφανειών όσο και τρισδιάστατων κρίθηκε αναγκαία ή πλήρης φωτογραφική κάλυψη του μνημείου μέσω εναέριας και επίγειας φωτογράφισης. Η εναέρια φωτογράφιση έγινε με ΣμηΕΑ (Σύστημα μη Επανδρωμένου Αεροσκάφους), γνωστό ως drone ενώ η επίγεια πραγματοποιήθηκε με φωτογραφική μηχανή. Οι τεχνικές προδιαγραφές του εξοπλισμού παρουσιάζονται παρακάτω.

Εναέρια φωτογράφιση



Προγραμματίστηκαν και πραγματοποιήθηκαν δύο σχέδια πτήσης. Κατά την πρώτη πτήση το drone ακολούθησε διαδρομή σε σχήμα κανάβου με κύριο στόχο τη λήψη φωτογραφιών για την κάλυψη των κτιρίων και του περιβάλλοντος χώρου. Στη φωτογραφική μηχανή ορίστηκε γωνία 20° σε σχέση με την κατακόρυφο, με τον φακό της στραμμένο προς το κτίριο σε όλη τη διάρκεια της πτήσης. Η κλίση της κάμερας ευνοεί στο να φαίνονται στις φωτογραφίες οι όψεις των κτιρίων ώστε να ευθυγραμμιστούν με τις φωτογραφίες της επόμενης πτήσης, ταυτόχρονα όμως είναι τόση ώστε να ληφθούν φωτογραφίες με μικρή γωνία στροφής. Η δεύτερη πτήση ακολούθησε διαδρομή σε σχήμα οβάλ έτσι ώστε να περιλαμβάνει και τα δύο κτίρια. Στην φωτογραφική μηχανή ορίστηκε γωνία 45° με σκοπό την κάλυψη των όψεων των κτιρίων με ταυτόχρονη κάλυψη των οροφών τους. Οι φωτογραφίες αυτές θα χρησιμοποιηθούν για την τρισδιάστατη φωτογραμμετρική αποτύπωση όπως αυτή αναφέρεται στο επόμενο κεφάλαιο.

Ελήφθησαν εναέριες φωτογραφίες κάλυψης των δύο κτιρίων με τις ελάχιστες στροφές, με σκοπό τη φωτογραμμετρική αναγωγή όπως αναφέρεται στο επόμενο κεφάλαιο. Το ύψος πτήσης του drone ορίστηκε στα 40 μέτρα και στις δύο πτήσεις. Συνολικά ελήφθησαν 355 φωτογραφίες από τις οποίες 302 ανήκουν στην πρώτη πτήση ενώ 53 στη δεύτερη.



Εικόνα 82. Σχέδια πτήσης του ΣμηΕΑ.

Το ΣμηΕΑ που χρησιμοποιήθηκε για την εναέρια φωτογράφιση είναι το Dji Phantom 4 το οποίο κρίθηκε κατάλληλο για τις απαιτήσεις της εργασίας αυτής. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα κυριότερα τεχνικά χαρακτηριστικά του ΣμηΕΑ και της φωτογραφικής μηχανής που φέρει.

Dji Phantom 4		
	Aircraft	
	Weight:	1380 g (Battery & Propellers Included)
	Diagonal Size:	350 mm (Propellers Excluded)
	Satellite Positioning Systems:	GPS/GLONASS
	Hover Accuracy Range	
Vertical:	(with Vision Positioning): ±0.1 m (with GPS Positioning): ±0.5 m	
Horizontal:	(with Vision Positioning): ±0.3 m (with GPS Positioning): ±1.5 m	
	Camera	
	Sensor:	1/2.3" CMOS Effective pixels: 12.4 M
	ISO Range:	100-1600 (photo)
	Image Size:	4000x3000
	Photo:	JPEG, DNG (RAW)

Πίνακας 5. Τεχνικά χαρακτηριστικά του drone (Dji 2019).

Επίγεια φωτογράφιση

Η επίγεια φωτογράφιση περιελάμβανε χρονικά δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση πραγματοποιήθηκαν λήψεις στο τέμενος και στη δεύτερη στον τουρμπέ. Οι λήψεις των φωτογραφιών έγινε με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε να απεικονίζει σε ορθή προβολή τις όψεις του κτιρίου, έτσι ώστε να υπάρχουν οι μικρότερες στροφές στη φωτομηχανή. Επίσης ελήφθησαν φωτογραφίες που να επικαλύπτονται με κάθε επόμενη για την τρισδιάστατη φωτογραμμετρική αποτύπωση. Η φωτογράφιση έγινε νωρίς το πρωί, έτσι ώστε οι σκιάσεις να είναι οι ελάχιστες δυνατές.

Για τη φωτογράφιση του τεμένους ακολουθήθηκε πορεία περιμετρικά του, απόστασης περίπου 12μ. από αυτό. Για τον τουρμπέ πραγματοποιήθηκε ανάλογη πορεία απόστασης 6μ. από αυτό. Συνολικά έγινε ελήφθησαν 175 φωτογραφιών, 106 για το τζαμί και 69 για τον τουρμπέ.

Η φωτογραφική μηχανή που χρησιμοποιήθηκε είναι η Nikon D7000 και ο φακός Nikkor 24-120mm, τα τεχνικά χαρακτηριστικά των οποίων παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

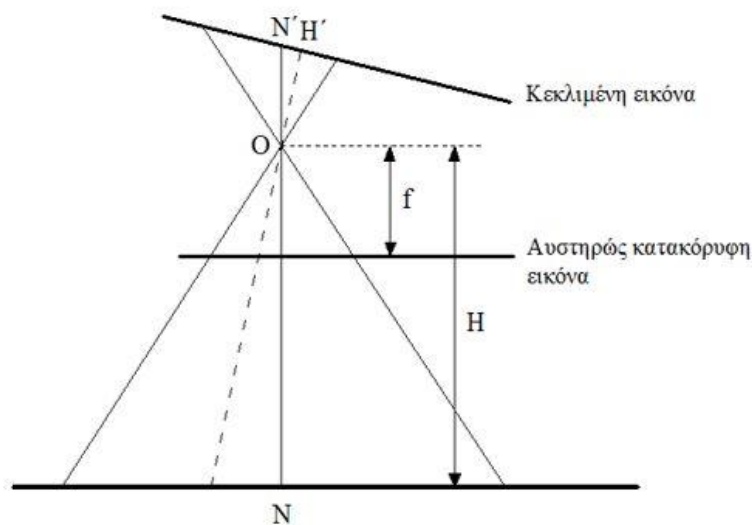
	Nikon D7000	
	Αισθητήρας εικόνας:	CMOS 23,6 x 15,6 mm
	Ωφέλιμα pixel:	16.2 Mpixel
	Μέγεθος εικόνας (pixel) :	4.928 x 3.264 [L], 3.696 x 2.448 [M], 2.464 x 1.632 [S]
	Μέσα αποθήκευσης:	κάρτες μνήμης SD, SDHC και SDXC
	Διαστάσεις (Π x Υ x Β):	132 x 105 x 77 mm
	Βάρος (μόνο το σώμα):	Περίπου 690 g
	Nikkor 24-120mm	
	Εστιακή απόσταση:	24-120mm
	Μέγιστο διάφραγμα:	f/4
Ελάχιστο διάφραγμα:	f/22	

Πίνακας 6. Τεχνικά χαρακτηριστικά του φωτογραφικού εξοπλισμού (Nikon 2019).

Κατά την διαδικασία της επίγεια φωτογράφισης προέκυψε πρόβλημα εξαιτίας του περιβάλλοντος χώρου. Όπως διαπιστώθηκε στο στάδιο αναγνώρισης της περιοχής, η ύπαρξη ενός δένδρου σε κοντινή απόσταση στα αριστερά της κύριας όψης, άλλαξε την απόσταση λήψης σε εκείνο το σημείο. Έγινε λήψη φωτογραφιών από τα 5μ. - 6μ. με αποτέλεσμα να υπάρξει μεγάλη στροφή στις φωτογραφίες που αποτυπώνουν το άνω μέρος της όψης. Για να αποφευχθούν οι μεγάλες στροφές της φωτομηχανής ελήφθησαν πυκνότερες λήψεις.

4.8 Δισδιάστατη φωτογραμμετρική αποτύπωση

Αναγωγή εικόνας με την γενική έννοια του όρου, «ονομάζεται η διαδικασία με την οποία σημεία που βρίσκονται σε ένα επίπεδο, προβάλλονται με τη βοήθεια της κεντρικής προβολής σε άλλο επίπεδο, με την προϋπόθεση ότι είναι γνωστή η σχέση που υπάρχει ανάμεσα στα δύο αυτά επίπεδα. Μία ανηγμένη φωτογραφία μιας αντίστοιχης κεκλιμένης, αντιστοιχεί σε μία ισοδύναμη κατακόρυφη που λήφθηκε από το ίδιο κέντρο προβολής με την αντίστοιχη κεκλιμένη. Συνεπώς παραμορφώσεις εξ' αιτίας τις κλίσεις της φωτογραφίας έχουν απαλειφθεί στην ανηγμένη φωτογραφία. Ο προφανής λοιπόν σκοπός της αναγωγής είναι η απαλοιφή των σφαλμάτων αυτών. Οι ανηγμένες εικόνες παράγονται ευκολότερα από τις ορθοφωτογραφίες, αλλά βρίσκουν εφαρμογή μόνο σε επίπεδες επιφάνειες» (Πατιάς 2008).



Σχήμα 2. Αρχή δημιουργίας ορθοεικόνας (Μωυσιάδης 2015).

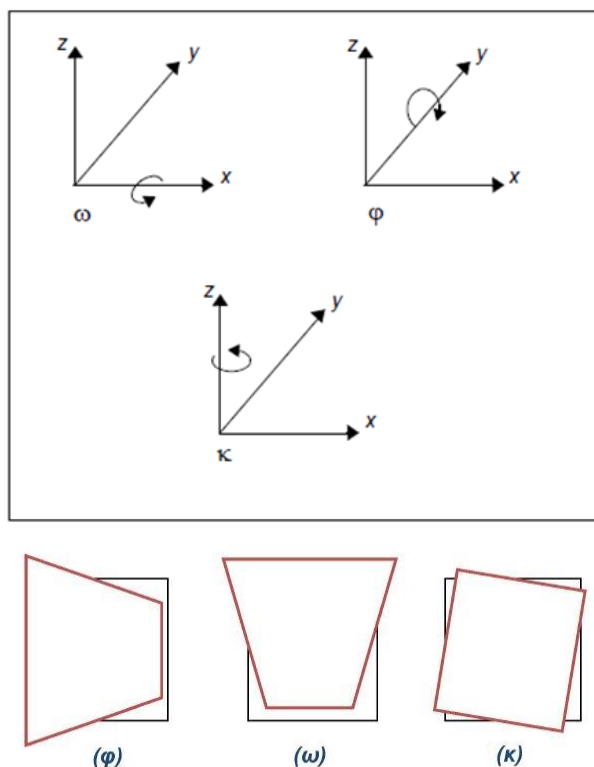
Αναγωγή καλείται ο προβολικός μετασχηματισμός της εικόνας ενός δισδιάστατου αντικειμένου σε ορθή προβολή μέσω ενός ζεύγους εξισώσεων, σύμφωνα με τις οποίες προσδιορίζονται οι συντελεστές μετατροπής των συντεταγμένων του εκάστοτε σημείου της κεκλιμένης εικόνας, σε συντεταγμένες της εικόνας σε ορθή προβολή η οποία ονομάζεται ορθοεικόνα.

$$X = \frac{\alpha'_1 x + \beta'_1 y + d'_1}{\alpha'_3 x + \beta'_3 y + d'_3} = \frac{\alpha_1 x + \beta_1 y + d_1}{\alpha_3 x + \beta_3 y + 1}$$

$$Y = \frac{\alpha'_2 x + \beta'_2 y + d'_2}{\alpha'_3 x + \beta'_3 y + d'_3} = \frac{\alpha_2 x + \beta_2 y + d_2}{\alpha_3 x + \beta_3 y + 1}$$

Εξίσωση 3. Προβολικός μετασχηματισμός.

Όπου x, y είναι οι συντεταγμένες των σημείων της εικόνας και a_i τα στοιχεία του πίνακα στροφής, με τα οποία η εικόνα καθίσταται σε ορθή προβολή με την όψη του κτιρίου.



Σχήμα 3. Στροφές ω , ϕ , κ γύρω από τους άξονες x , y , z αντίστοιχως (Μωυσιάδης 2016).

Η λήψη των εικόνων αναπόφευκτα γίνονται με κλίσεις, συνεπώς υπάρχει απόκλιση από την ορθή προβολή. Για να μετατραπεί η εικόνα σε ορθή προβολή πρέπει να προσδιορισθούν οι οκτώ άγνωστοι παράμετροι που συνδέουν τα δύο επίπεδα, δηλαδή το επίπεδο της όψης και το φωτογραφικό επίπεδο στο οποίο γίνεται η καταγραφή. Ο προσδιορισμός των αγνώστων παραμέτρων πραγματοποιείται με την επίλυση ενός συστήματος τουλάχιστον οκτώ εξισώσεων. Συνεπώς, αν υπάρχουν τέσσερα τουλάχιστον γνωστά σημεία στον πραγματικό χώρο και μετρηθούν οι εικονοσυντεταγμένες τους, μπορεί να δημιουργηθεί ένα σύστημα εξισώσεων που οδηγεί στην εύρεση των παραπάνω τιμών.

Με τη φωτογραμμετρική αναγωγή παράγεται ένα συνεχές προϊόν με ενιαία ακρίβεια και μετρητική ικανότητα. Ανηγμένες φωτογραφίες όπου η μία είναι συνέχεια της άλλης δημιουργούν το φωτομωσαϊκό. Επίσης, από τις ανοιγμένες εικόνες, είναι δυνατή η μετατροπή της από ψηφιδωτή (raster) σε διανυσματική (vector) μορφή.

Παρακάτω παρατίθενται παραδείγματα ορθοανηγμένων εικόνων σε σύγκριση με τις αρχικές εικόνες. Στο πρώτο παράδειγμα παρουσιάζεται η κύρια είσοδος του τεμένους. Η ορθοανηγμένη εικόνα παρέχει πλέον αξιόπιστη μετρητική πληροφορία και ενιαία ακρίβεια. Η εικόνα πριν την ορθοαναγωγή παρουσιάζει απόκλιση από την κατακόρυφο 4° και από το οριζόντιο επίπεδο 1° . Το σημείο A απέχει 2,610μ. από το δάπεδο στην ορθοανηγμένη, ενώ στην αρχική εικόνα μετατοπίζεται στη θέση του A' που απέχει 0,164μ. κατά μήκος και 0,168μ. καθ' ύψος. Αντιστοίχως το σημείο B βρίσκεται στα 4,768μ., ενώ στην αρχική εικόνα μετατοπίζεται 0,294μ. κατά μήκος και 0,160μ. καθ' ύψος.



Εικόνα 83. Αρχική φωτογραφία και ορθοανηγμένη της εισόδου του τεμένους του Οσμάν Σαχ.

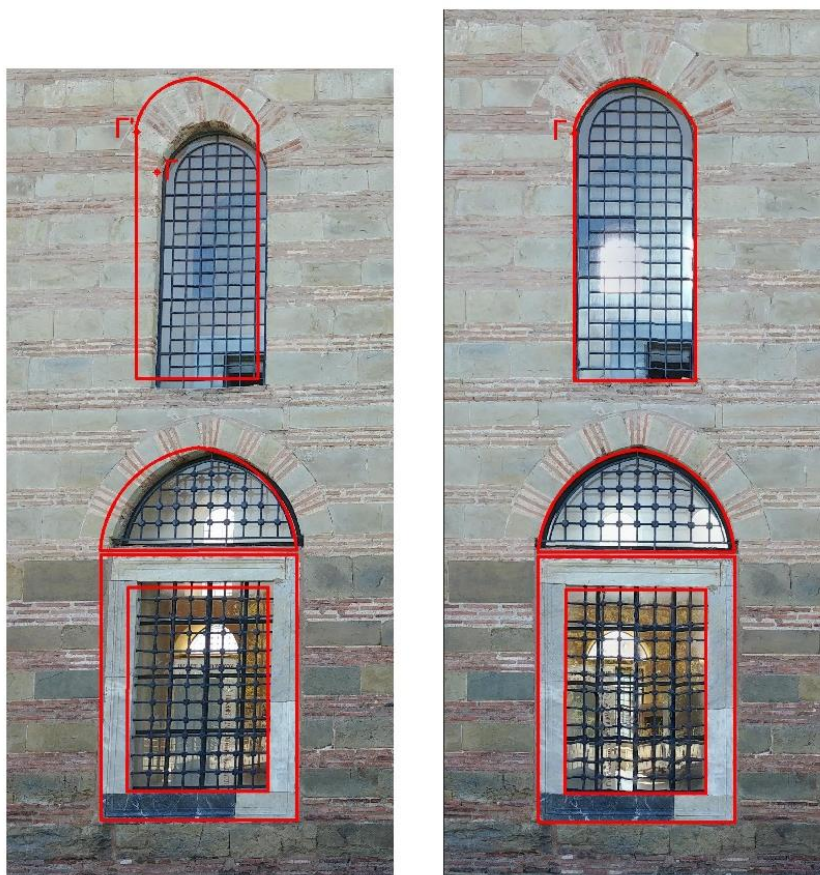


Εικόνα 84. Γεωμετρικές διαφορές στην αποτύπωση του μνημείου πριν και μετά την ορθοαναγωγή.



Εικόνα 85. Εξαγωγή διανυσμάτων από την ορθοαναγμένη εικόνα της κύριας εισόδου του τεμένους του Οσμάν Σαχ.

Το σημείο Γ απέχει από την ποδιά του ανοίγματος 2,457μ. στην πραγματικότητα. Στην εικόνα πριν την επεξεργασία το σημείο Γ βρίσκεται 0,202μ. και 0,402μ. μετατοπισμένο κατά μήκος και καθ' ύψος αντιστοίχως.



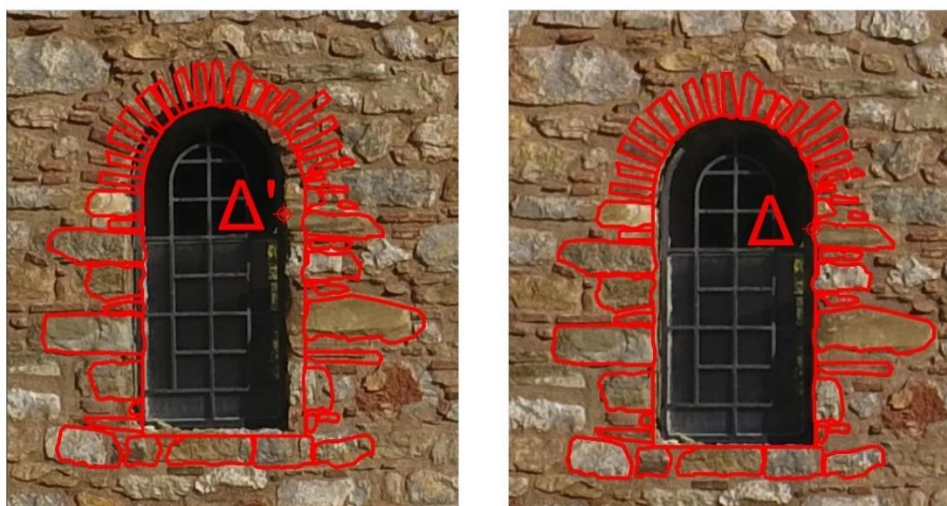
Εικόνα 86. Γεωμετρική τεκμηρίωση ανοιγμάτων πριν και μετά την ορθοαναγωγή.

Στο παρακάτω παράδειγμα ενώ φαινομενικά οι εικόνες φαίνονται οι ίδιες, στην ουσία πρόκειται για τις εικόνες πριν και μετά την ορθοαναγωγή.



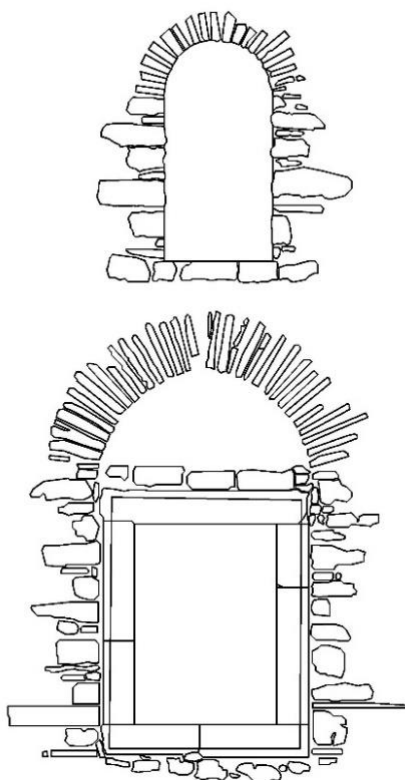
Εικόνα 87. Αρχική και ορθοαναγμένη εικόνα ανοιγμάτων του τουρμπέ.

Το σημείο Δ μετατοπίζεται κατά 8,22εκ. κατά μήκος και κατά 1,64εκ. καθ' ύψος σε σχέση με την ακριβή του θέση.



Εικόνα 88. Σύγκριση ακρίβειας προσδιορισμού σημείων πριν και μετά την ορθοαναγωγή.

Συνεπώς, η ψηφιοποίηση σε αρχική εικόνα δεν προσδίδει ακριβή γεωμετρική πληροφορία, καθώς υφίστανται οι στροφές ω , ϕ , κ της φωτομηχανής κατά τη λήψη των εικόνων, όπως αυτές αναλύθηκαν προηγουμένως.



Εικόνα 89. Αρχιτεκτονικές λεπτομέρειες των ανοιγμάτων του τουρμπέ μετά την ορθοαναγωγή.

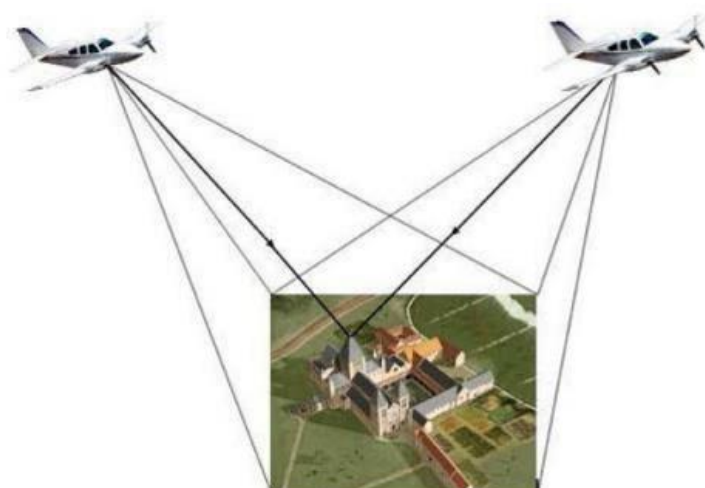
4.9 Τρισδιάστατη φωτογραμμετρική αποτύπωση

Εσωτερικός προσανατολισμός

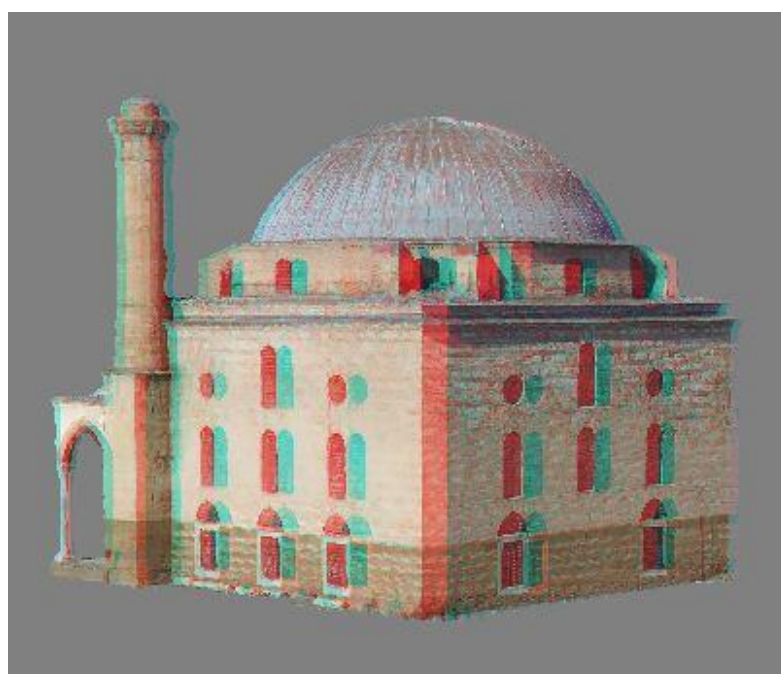
Η στερεοσκοπική όραση χρησιμοποιείται με σκοπό να εκμεταλλευτούμε την ικανότητα του ανθρώπινου εγκεφάλου να αντιλαμβάνεται και να ανιχνεύει το βάθος από δύο επικαλυπτόμενες εικόνες. Η μορφή της δέσμης ακτίνων καθορίζεται από την απόσταση (c) του προβολικού κέντρου (O) από το εστιακό επίπεδο (αρνητικό), την θέση (x_0, y_0) της προβολής (H) του προβολικού κέντρου (O) σε κάποιο σύστημα αναφοράς, καθώς και το μέτρο της ακτινικής διαστροφής του φακού (Δr).

Τα παραπάνω στοιχεία, καλούνται στοιχεία του εσωτερικού προσανατολισμού της φωτογραφικής μηχανής και καθορίζουν το μοντέλο εκείνο της κεντρικής προβολής, το οποίο περιγράφει καλύτερα τη συγκεκριμένη φωτογραφική μηχανή.

Η στερεοσκοπική όραση χρησιμοποιεί την ικανότητα του ανθρώπινου εγκεφάλου να αντιλαμβάνεται και να ανιχνεύει το βάθος από δύο επικαλυπτόμενες εικόνες. Σε αυτήν τη βασική αρχή βασίζεται η εξαγωγή της τρισδιάστατης πληροφορίας από εικόνες. Κατά συνέπεια, για την εξαγωγή τρισδιάστατης μετρητικής πληροφορίας από εικόνες, απαραίτητη προϋπόθεση είναι δύο επικαλυπτόμενες εικόνες που να απεικονίζουν το ίδιο τμήμα του μνημείου που πρόκειται να αποτυπωθεί.



Εικόνα 90. Στερεοζεύγος αεροφωτογραφιών.



Εικόνα 91. Στερεόγραμμα του τεμένους του Οσμάν Σαχ.

Εξωτερικός προσανατολισμός

Για την επίλυση του θεμελιώδους φωτογραμμετρικού προβλήματος, δηλαδή την σύνδεση εικονοσυνταταγμένων με γεωδαιτικές συντεταγμένες, αρκεί να προσδιοριστεί η «σωστή» θέση της δέσμης στο χώρο των τριών διαστάσεων.

Για την παραγωγή προϊόντος με μετρητική πληροφορία χρειάζεται να προσδιοριστεί η θέση μιας ακτίνας στον τρισδιάστατο χώρο. Για το λόγο αυτό πρέπει να είναι γνωστή η θέση του σημείου a' στην εικόνα (x, y) και του κέντρου προβολής (X_0, Y_0, Z_0) , ο προσανατολισμός του άξονα λήψης (ω, ϕ, κ) και οι συντεταγμένες του σημείου στο χώρο (X, Y, Z) . Η εξίσωση της ευθείας της ακτίνας στον τρισδιάστατο χώρο εκφράζεται με την συνθήκη συγγραμμικότητας, στην οποία όπου λ είναι η κλίμακα στο συγκεκριμένο σημείο A και $R\omega\phi\kappa$ ο ορθοκανονικός πίνακας στροφής στον χώρο.

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ -c \end{bmatrix} = \lambda \cdot \mathcal{R}_{\omega\phi\kappa} \cdot \begin{bmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{bmatrix}$$

Εξίσωση 4. Γενική μορφή της συνθήκης συγγραμμικότητας.

$$M = \begin{bmatrix} \cos\phi \cos\kappa & -\cos\phi \sin\kappa & \sin\phi \\ \sin\omega \sin\phi \cos\kappa + \cos\omega \sin\kappa & -\sin\omega \sin\phi \sin\kappa + \cos\omega \cos\kappa & -\sin\omega \cos\phi \\ -\cos\omega \sin\phi \cos\kappa + \sin\omega \sin\kappa & \cos\omega \sin\phi \sin\kappa + \sin\omega \cos\kappa & \cos\omega \cos\phi \end{bmatrix}$$

$$M_\omega = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\omega & \sin\omega \\ 0 & -\sin\omega & \cos\omega \end{bmatrix}$$

$$M_\phi = \begin{bmatrix} \cos\phi & 0 & -\sin\phi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\phi & 0 & \cos\phi \end{bmatrix}$$

$$M_\kappa = \begin{bmatrix} \cos\kappa & \sin\kappa & 0 \\ -\sin\kappa & \cos\kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Εξίσωση 5. Πίνακες στροφών ω , ϕ , κ .

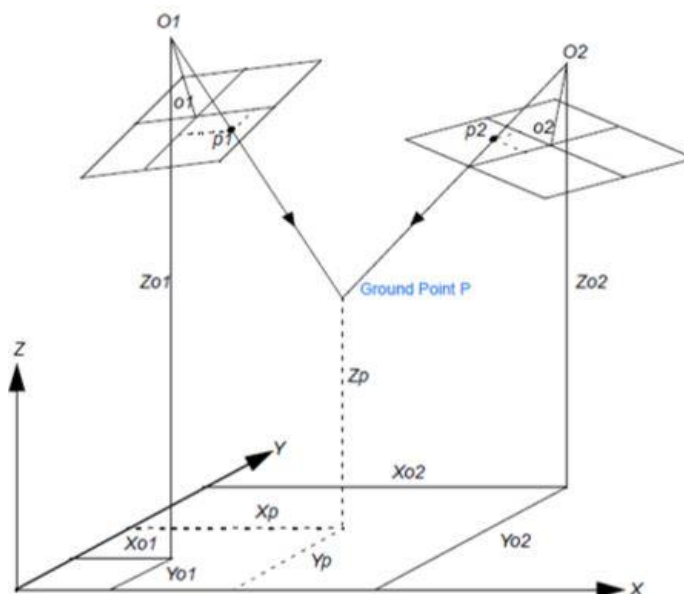
$$x = x_0 - c \frac{(X - X_0)R_{11} + (Y - Y_0)R_{12} + (Z - Z_0)R_{13}}{(X - X_0)R_{31} + (Y - Y_0)R_{32} + (Z - Z_0)R_{33}}$$

$$y = y_0 - c \frac{(X - X_0)R_{21} + (Y - Y_0)R_{22} + (Z - Z_0)R_{23}}{(X - X_0)R_{31} + (Y - Y_0)R_{32} + (Z - Z_0)R_{33}}$$

Εξίσωση 6. Συνθήκη συγγραμμικότητας.

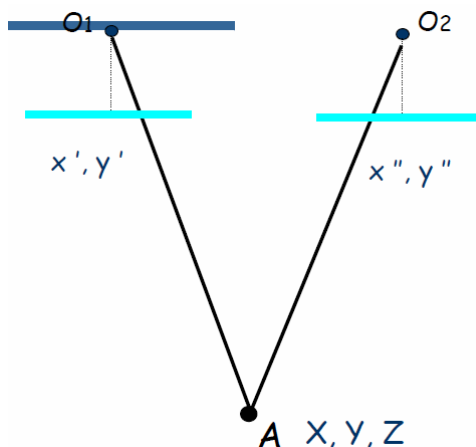
Στις εξισώσεις της συνθήκης συγγραμμικότητας έχουμε ως παρατηρήσεις x , y στις οποίες περιέχονται τα στοιχεία του εσωτερικού προσανατολισμού (βαθμονόμηση: $(x_0, y_0$ και Δr), οι παράμετροι του εξωτερικού προσανατολισμού (οπισθοτομία: $X_0, Y_0, Z_0, \omega, \phi, \kappa$) και οι γεωδαιτικές συντεταγμένες (εμπροσθοτομία: X, Y, Z).

Ο προσδιορισμός της θέσης σημείων στο χώρο πραγματοποιείται με την εμπροσθοτομία δύο τουλάχιστον ομόλογων ακτίνων που ανάγεται στο πρόβλημα του προσδιορισμού του σημείου τομής δύο ευθειών στον τρισδιάστατο χώρο. Ο προσδιορισμός των θέσεων δύο εικόνων κατά τη στιγμή της λήψης ($X_0, Y_0, Z_0, \omega, \phi, \kappa$) γίνεται μέσω της φωτογραμμετρικής οπισθοτομίας ή οποία παροσιάζεται σχηματικά παρακάτω.



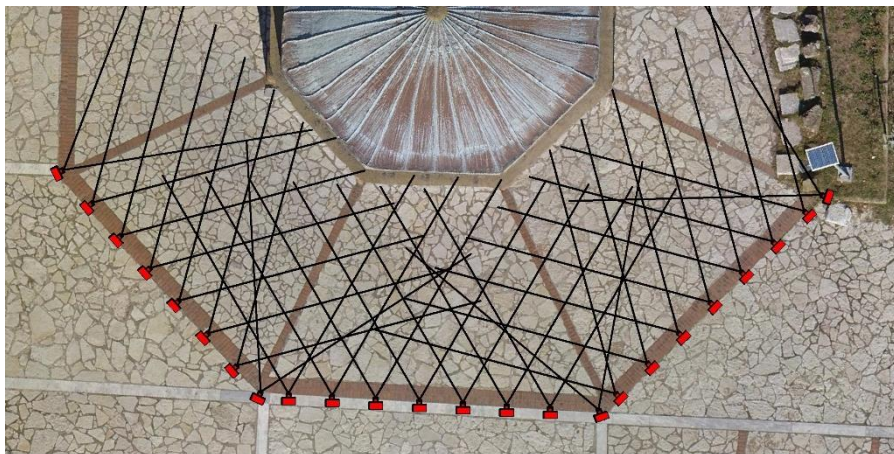
Σχήμα 4. Φωτογραμμετρική οπισθοτομία.

Ο προσδιορισμός των γεωδαιτικών συντεταγμένων προκύπτει από την επίλυση της εμπροσθοτομίας, δηλαδή από τον υπολογισμό του σημείου τομής στο χώρο των δύο τουλάχιστον ομόλογων ακτίνων από τις δύο τουλάχιστον διαθέσιμες εικόνες. Δημιουργείται έτσι ένα σύστημα από $2n$ εξισώσεις, (όπου $n > 2$ το πλήθος εικόνων), με τρεις αγνώστους, που επιλύεται με τη βοήθεια της μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων (MET).



Σχήμα 5. Φωτογραμμετρική εμπροσθοτομία.

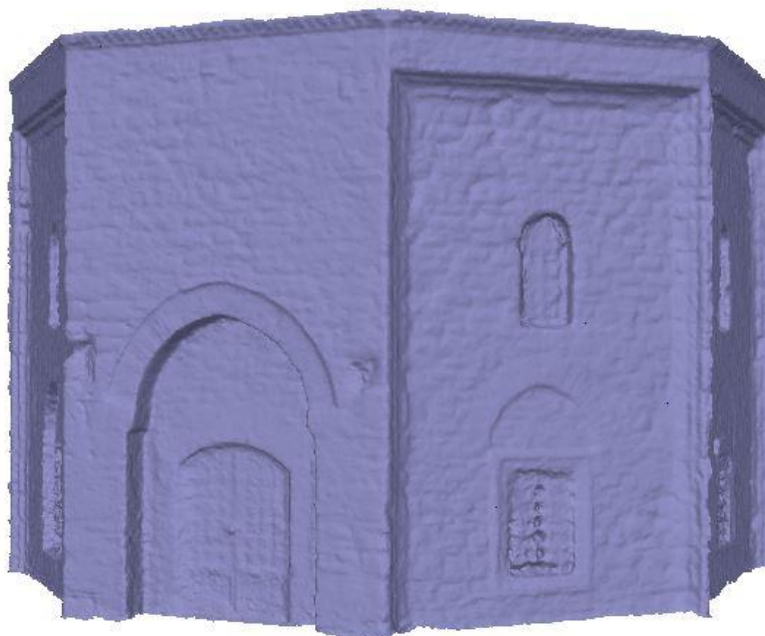
Για την τρισδιάστατη φωτογραμμετρική γεωμετρική τεκμηρίωση του τουρμπέ ελήφθησαν στερεοζεύγη από πολλαπλούς σταθμούς λήψεων εικόνων, όπως διακρίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 92. Στερεοζεύγη από πολλαπλούς σταθμούς λήψης.



Εικόνα 93. Στερεοζεύγη για την τρισδιάστατη φωτογραμμετρική αποτύπωση του τουρμπέ.

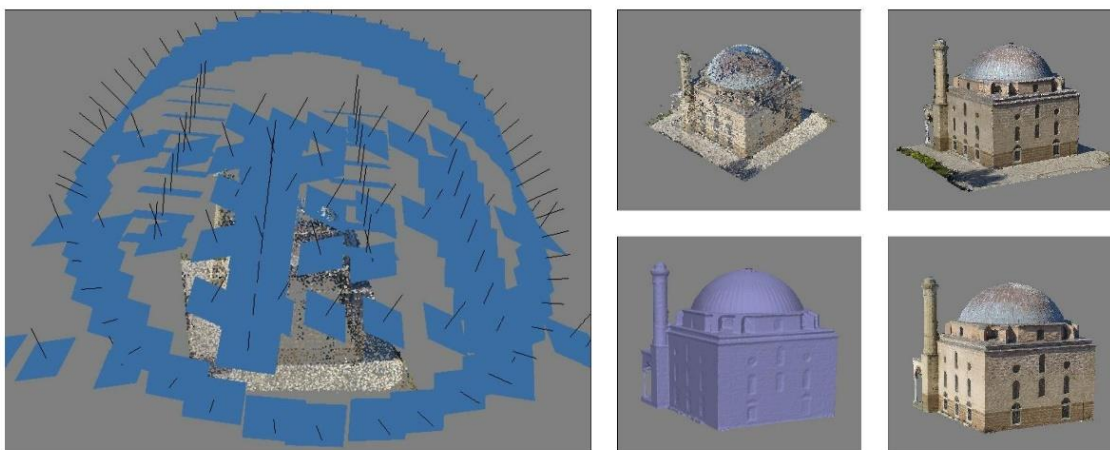


Εικόνα 94. Τρισδιάστατο μοντέλο υφής τμήματος του τουρμπέ.



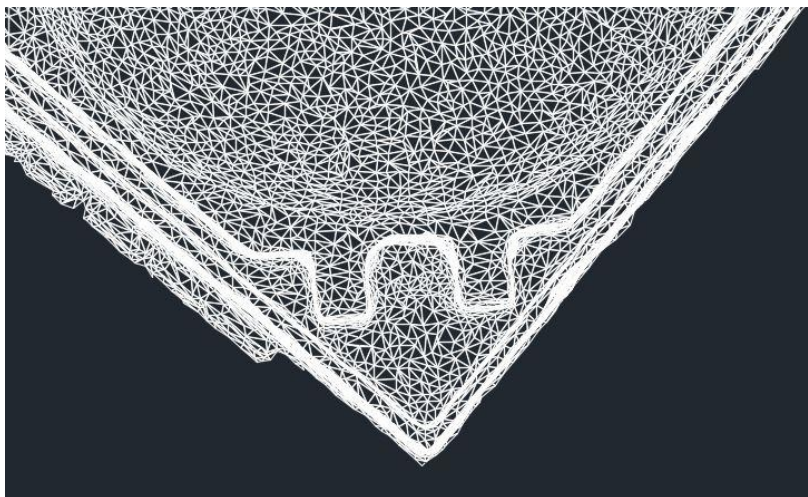
Εικόνα 95. Τελικό τρισδιάστατο φωτογραμμετρικό μοντέλο τμήματος του τουρμπέ.

Αντιστοίχως, στο παράδειγμα που ακολουθεί παρατίθενται στα στάδια της τρισδιάστατης φωτογραμμετρικής αποτύπωσης του τζαμιού. Αυτή βασίστηκε στη λήψη 355 φωτογραφιών. Η απόσταση λήψης των αεροφωτογραφιών σε σχέση με το μνημείο επηρεάζει την ακρίβεια του τελικού μοντέλου.

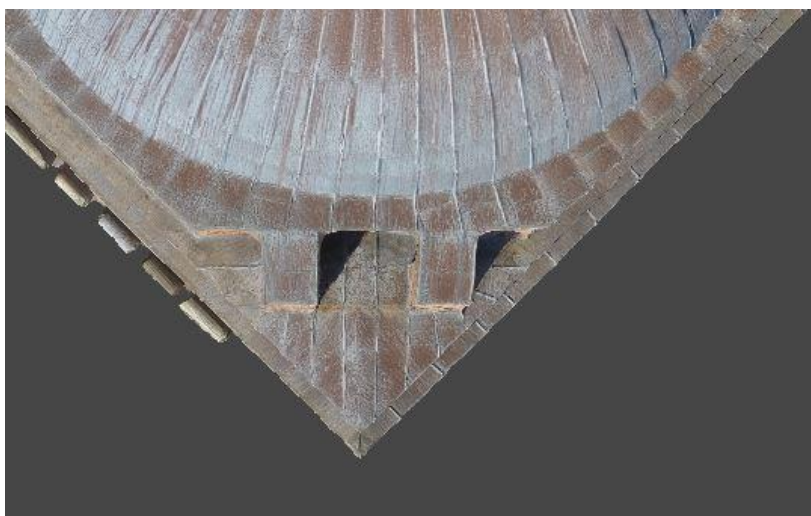


Εικόνα 96. Στάδια για την τρισδιάστατη φωτογραμμετρική αποτύπωση του τζαμιού.

Ωστόσο, οι υλισμικές απαιτήσεις για την επεξεργασία ενός πολύ υψηλής ανάλυσης φωτογραμμετρικού μοντέλου του τεμένους οδήγησε στην δημιουργία μικρότερων μοντέλων τμημάτων του μνημείου σε πολύ υψηλή ανάλυση που ήταν καλύτερα επεξεργάσιμα. Έτσι για την ακριβέστερη μοντελοποίηση της παθολογίας του μνημείου προτείνεται η τμηματική φωτογραμμετρική αποτύπωση του, καθώς παρέχουν ενιαία ακρίβεια με πληροφρία εικόνας.



Εικόνα 97. Δίκτυο ακανονίστων τριγώνων (Triangular Irregular Network/TIN) λεπτομερείας του θόλου.



Εικόνα 98. Τελικό φωτογραμμετρικό μοντέλο λεπτομερείας του θόλου.

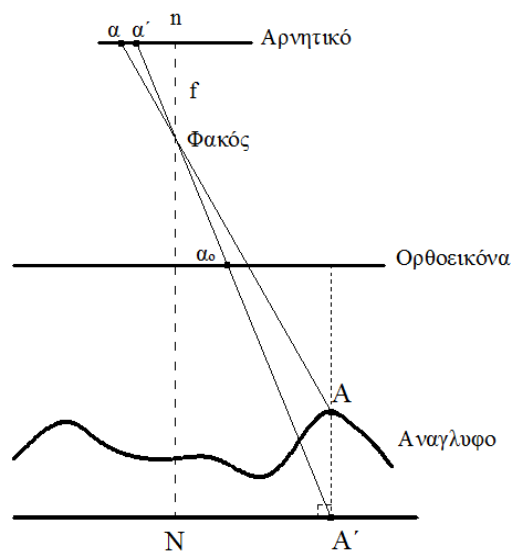
Τα περιγράμματα της κάλυψης των κτιρίων που παράχθηκαν με την τοπογραφική μέθοδο ταυτίστηκαν με την κάλυψη των κτιρίων στον παραγόμενο ορθοφωτοχάρτη τόσο στις μετρήσεις των περιμέτρων όσο και στον προσανατολισμό τους. Ταυτόχρονα στη σύγκριση του ορθοφωτοχάρτη με τους χάρτες του κτηματολογίου και της google παρατηρήθηκε πολύ μεγάλη απόκλιση, αποδεικνύοντας την απαγορευτική του χρήση για οποιαδήποτε μέτρηση με ακρίβεια.



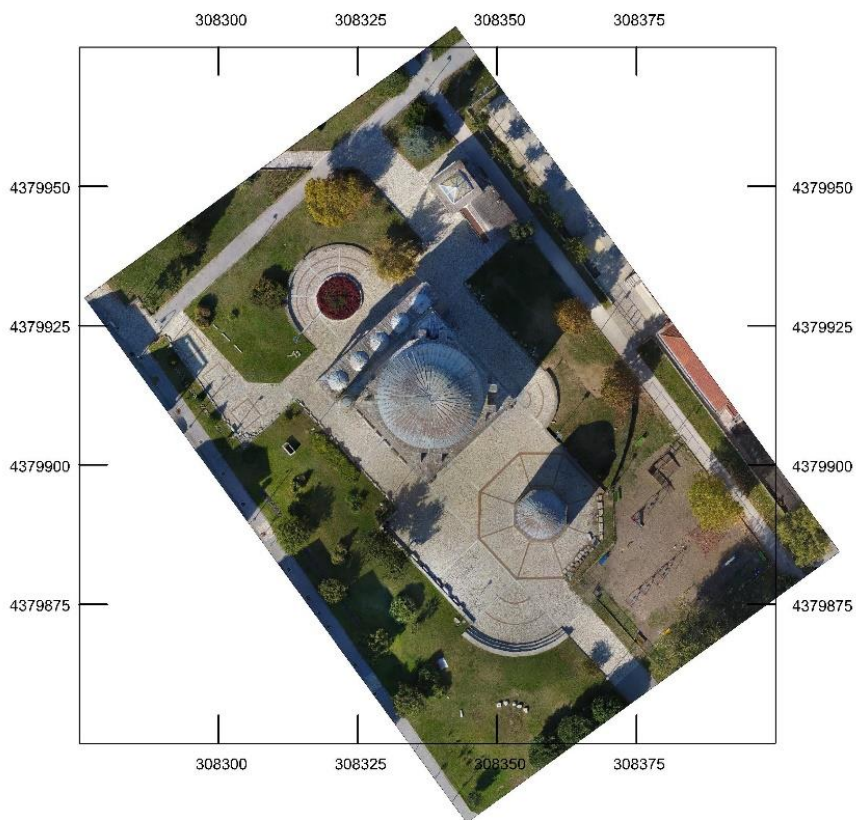
Εικόνα 99. Σύγκριση της κάλυψης του ορθοφωτοχάρτη με την τοπογραφική μέθοδο.



Εικόνα 100. Σύγκριση της κάλυψης του μνημείου. α) Ορθοφωτοχάρτης, β) δορυφορική εικόνα μέσω της google maps, γ) Ορθοφωτοχάρτης κτηματολογίου.



Σχήμα 6. Η αρχή δημιουργίας της ορθοεικόνας (Μωυσιάδης 2015).



Εικόνα 101. Διάγραμμα κάλυψης του μνημείου σε ΕΓΣΑ 87.

Μετά τη συγκριτική ανάλυση του πραγματοποιήθηκε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της φωτογραμμετρικής μεθόδου συνοψίζονται παρακάτω.

Πλεονεκτήματα φωτογραμμετρικής μεθόδου

- Οι φωτογραμμετρικές μέθοδοι ανήκουν στις πλήρως ελεγχόμενες αποτυπώσεις.
- Προσδιορίζουν τρισδιάστατες συντεταγμένες σε ενιαίο σύστημα αναφοράς.
- Δεν υπάρχει ανάγκη σχεδίων πεδίου (σκαριφήματα).
- Εξασφαλίζουν προδιαγεγραμμένη και ενιαία ακρίβεια.
- Παρέχουν προσαρμοστικότητα και ευελιξία, αλλά και ταχύτητα, ασφάλεια και αποδοτικότητα.
- Είναι οι οικονομικότερες, με την έννοια ότι είναι οι μόνες που μπορούν να ικανοποιήσουν με ασφάλεια τις οποιοσδήποτε προδιαγραφές με το μικρότερο δυνατό συνολικό κόστος και τη μεγαλύτερη ωφέλεια.

Μειονεκτήματα φωτογραμμετρικής μεθόδου

- Η αλγοριθμική επεξεργασία των δεδομένων είναι δύσκολη.
- Υπάρχει ανάγκη για πρόσθετες εργασίες της τοπογραφικής μεθόδου (στις περιπτώσεις χρήσης φωτοσταθερών).
- Ο απαραίτητος εξοπλισμός για τις επεξεργασίες γραφείου είναι εξειδικευμένος είτε μέτρου είτε υψηλού κόστους.

Η προοδευτική εξέλιξη της τεχνολογίας και της πληροφορικής παρέχουν μεγαλύτερο εύρος εξοπλισμού και λογισμικών φωτογραμμετρίας σε σχέση με τις προηγούμενες δεκαετίες. Οι διαδικασίες παραγωγής των φωτογραμμετρικών προϊόντων έχουν αυτοματοποιηθεί, γίνονται ταχύτερα, ενώ ταυτόχρονα έχουν μεγαλύτερη ακρίβεια.

Η παραγωγή τρισδιάστατων μοντέλων ευνοεί στην καλύτερη γεωμετρική ερμηνεία του μνημείου. Από το τρισδιάστατο μοντέλο υπάρχει η δυνατότητα παραγωγής δισδιάστατων προϊόντων κατά βούληση. Η διεθνής τάση είναι η δημιουργία ψηφιακών αρχείων ιστορικών κτιρίων για την τεκμηρίωση τους, με στόχο την συντήρηση, την αποκατάσταση και την ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς.

5 Συμπεράσματα

Αντικείμενο της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας αποτέλεσε η συγκριτική ανάλυση μεθοδολογιών γεωμετρικής τεκμηρίωσης του οθωμανικού τεμένους του Οσμάν Σαχ, το οποίο βρίσκεται στα Τρίκαλα. Λόγω της αρχιτεκτονικής, ιστορικής και συμβολικής του αξίας, από το 1936 είναι κηρυγμένο ιστορικό διατηρητέο μνημείο με το Βασιλικό Διάταγμα της 30-5-1936 και Φ.Ε.Κ. 245/Α/8-6-1936, βάσει του άρθρου 5 του Ν.2447. Το τέμενος κατασκευάστηκε στα μέσα του 16ου αιώνα από τον Οσμάν Σαχ και είναι το μεγαλύτερο σε μέγεθος στην Ελλάδα. Αρχιτέκτονας είναι ο «μεγάλος» Οθωμανός αρχιτέκτονας Κοτζά Σινάν. Πλησίον του τεμένους βρίσκεται ο τουρμπές του Οσμάν Σαχ, ο οποίος αποτέλεσε επίσης αντικείμενο της μελέτης.

Η γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα στάδια της προστασίας τους. Επιβάλλει την ακριβή καταγραφή της θέσης τους στον χώρο, του ακριβούς σχήματος και των διαστάσεων τους. Οι μεθοδολογίες γεωμετρικής τεκμηρίωσης για την αποτύπωση ενός μνημείου διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες: τοπομετρικές, τοπογραφικές, φωτογραμμετρικές (εναέριας και επίγειας) και σάρωσης με λέιζερ (εναέριας και επίγειας).

Για τον σκοπό της συγκριτικής ανάλυσης των μεθοδολογιών αποτύπωσης, αρχικά πραγματοποιήθηκε επιτόπια αναγνώριση της περιοχής. Η προσβασιμότητα κρίθηκε ιδιαίτερα καλή, καθώς εκτιμήθηκαν περιορισμένης έκτασης προβλήματα. Παράλληλα πραγματοποιήθηκε η φωτογραφική τεκμηρίωση του μνημείου. Κατόπιν έγινε η ίδρυση των στάσεων του πολυγωνομετρικού δικτύου. Συνολικά ιδρύθηκαν επτά στάσεις δημιουργώντας έτσι μία κλειστή εξαρτημένη όδευση. Η επίλυση της πολυγωνομετρικής όδευσης πραγματοποιήθηκε με χρήση Δορυφορικού Συστήματος Προσδιορισμού Θέσης, το οποίο παρέιχε συντεταγμένες εξαρτημένες στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (Ε.Γ.Σ.Α. 87). Ακολούθησε η σύνταξη των σκαριφημάτων, η οποία ήταν αρκετά χρονοβόρα διαδικασία κυρίως λόγω του μεγέθους του τεμένους.

Με το πέρας των παραπάνω εργασιών ξεκίνησαν οι απαραίτητες μετρήσεις στα κτίρια. Με την τοπομετρική μέθοδο μετρήθηκαν τα μήκη των πλευρών του τεμένους, μερικά από τα ανοίγματα των δύο κτιρίων και ορισμένες υψομετρικές διαφορές. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με μετροταινία και αποστασιόμετρο laser. Για την τοπογραφική μέθοδο λήφθηκαν σημεία με την μέθοδο των πολικών συντεταγμένων και την μέθοδο της εμπροσθοτομίας. Για την πραγματοποίηση της φωτογραμμετρικής μεθόδου πραγματοποιήθηκαν λήψεις εναέριας με drone και επίγειας με φωτογραφική μηχανή.

Κατά την σύγκριση των αποτελεσμάτων των μηκών που λήφθηκαν με μετροταινία και αποστασιόμετρο διαπιστώθηκαν διαφοροποιήσεις στις τιμές που αφορούσαν τις μεγαλύτερες πλευρές του τεμένους. Το παραπάνω οφείλεται στο σφάλμα κάμψης λόγω της καμπυλότητας της μετροταινίας. Στις μικρές αποστάσεις, καθώς και στις μετρήσεις υψομετρικών διαφορών προσιτές στην ανθρώπινη κλίμακα δεν διαπιστώθηκαν διαφορές.

Σε σύγκριση προσιτών σημείων μεταξύ της μεθόδου των πολικών συντεταγμένων και της τοπομετρίας δεν διαπιστώθηκαν διαφοροποιήσεις στα αποτελέσματα. Για την μέτρηση απροσίτων σημείων χρησιμοποιήθηκαν οι τοπογραφικές μέθοδοι των πολικών συντεταγμένων και της εμπροσθοτομίας. Δεν παρατηρήθηκαν ιδιαίτερες αποκλίσεις, ενώ η εφαρμογή της μεθόδου της εμπροσθοτομίας ήταν σαφώς πιο χρονοβόρα από αυτή των πολικών συντεταγμένων.

Οι ορθοανηγμένες εικόνες παρέχουν ενιαία ακρίβεια και η εξαγωγή διανυσματικών προϊόντων γίνεται άμεσα σε αντίθεση με την χειροκίνητη σχεδίαση η οποία αποδεικνύεται ιδιαίτερα χρονοβόρα για την επίτευξη αντίστοιχου αποτελέσματος. Τα τρισδιάστατα μοντέλα μέσω της φωτογραμμετρίας εξυπηρετούν στην μελέτη της παθολογίας των κτιρίων καθώς παρέχουν ενιαία ακρίβεια με πληροφορία εικόνας. Χρησιμοποιούνται έτσι ως υπόβαθρο για την στατική ανάλυση του κτιρίου.

Τα περιγράμματα της κάλυψης των κτιρίων που παράχθηκαν με την τοπογραφική μέθοδο ταυτίστηκαν με την κάλυψη των κτιρίων στον παραγόμενο ορθοφωτοχάρτη τόσο στις μετρήσεις των περιμέτρων όσο και στον προσανατολισμό τους. Ταυτόχρονα στη σύγκριση του ορθοφωτοχάρτη με τους χάρτες του κτηματολογίου και της google παρατηρήθηκε πολύ μεγάλη απόκλιση, αποδεικνύοντας την απαγορευτική του χρήση για οποιαδήποτε μέτρηση με ακρίβεια.

Επίσης, οι υλισμικές απαιτήσεις για την επεξεργασία ενός πολύ υψηλής ανάλυσης φωτογραμμετρικού μοντέλου του τεμένους οδήγησε στην δημιουργία μικρότερων μοντέλων τμημάτων του μνημείου σε πολύ υψηλή ανάλυση που ήταν πλέον επεξεργάσιμα. Από τις πρώτες δοκιμές διαπιστώθηκε η υψηλή ακρίβεια των μοντέλων σε σύγκριση με την τοπογραφική μέθοδο.

Η μεθοδολογία της τρισδιάστατης σάρωσης με laser δεν κρίθηκε αναγκαία να χρησιμοποιηθεί για τους παρακάτω λόγους. Το τέμενος ήταν εύκολα προσβάσιμο και με σχετικά απλή γεωμετρία ώστε να πραγματοποιηθεί η φωτογραμμετρική μέθοδος αποτύπωσης η οποία παρέχει εφάμιλλη ακρίβεια με τον σαρωτή laser. Στις μέρες μας το κόστος του εξοπλισμού της σάρωσης με laser είναι πολύ υψηλό με αποτέλεσμα τη χρήση του μόνο σε περιπτώσεις που η αποτύπωση με ακρίβεια κάποιου αντικειμένου δεν καλύπτεται από τις προαναφερθείσες μεθοδολογίες.

Η σύγκριση των παραπάνω μεθοδολογιών οδήγησε στο γεγονός ότι η ακρίβεια και η αξιοπιστία των τελικών προϊόντων της γεωμετρικής τεκμηρίωσης είναι συνάρτηση της κλίμακας απόδοσης, των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του μνημείου, της προσβασιμότητας σε αυτό καθώς και του διατιθέμενου εξοπλισμού. Η συνεισφορά της ακριβούς γεωμετρικής τεκμηρίωσης του οθωμανικού τεμένους του Οσμάν Σαχ έγκειται στο γεγονός ότι θα αποτελέσει το πρώτο στάδιο για την αποκατάστασή του, καθώς επίσης στο ότι θα χρησιμοποιηθεί ως τεκμήριο σε περίπτωση μερικής ή ολικής καταστροφής του.

6 Βιβλιογραφία

6.1 Ελληνική βιβλιογραφία

Αθανασιάδης, Π., 2009. *Σινάν, ο μέγας αρχιτέκτων*, Νεώτερη ελληνική ιστορία. Διαθέσιμο από https://sitalkisking.blogspot.com/2009/12/blog-post_14.html [Πρόσβαση 22 Ιανουαρίου 2019].

Βλάχος, Δ., 1997. *Τοπογραφία*. Θεσσαλονίκη: Τόμος Β' - Τοπογραφικές Χαρτογραφήσεις.

Βογιατζής, Σ., 2009. *The mosque Osman Sah bey (Kursum) in Trikala, Thessaly. Η συντήρηση και η αποκατάσταση των οθωμανικών μνημείων στην Ελλάδα*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press, 155-172.

Ζαφείρης, Γ., 2013. *Πολεοδομικές διαδρομές στην πόλη των Τρικάλων από το παρελθόν στο σήμερα*. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Ινστιτούτο Πολιτιστικής & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας ΙΠΕΤ, 2005. *Εγχειρίδιο τρισδιάστατης ψηφιοποίησης ακινήτων μνημείων και χώρων*. DIGITECH III: Μελέτη τεχνολογιών ψηφιοποίησης σε τρεις διαστάσεις.

Κατσαρός, Κ., 2009. *Η Πολεοδομική Ιστορία των Τρικάλων*. Τρικαλινό Ημερολόγιο, 23, Τρίκαλα: Πολιτιστικός Οργανισμός Δήμου Τρικάλων.

Κατσαρός, Κ., 2014. *Τέμενος Οσμάν Σαχ, οι αιώνες παίρνουν τα μνημεία μένουν*. ΕΡΓΟΤΕΧΝΙΚΗ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΤΡΙΚΑΛΩΝ. Διαθέσιμο από http://ergotexniki.blogspot.gr/2014/06/blog-post_7377.html [Πρόσβαση 5 Νοεμβρίου 2018].

Κατσόγιαννος, Ν., 1992. *Τα Τρίκαλα και οι συνοικισμοί τους*. Λάρισα: Πολιτιστικός Οργανισμός Δήμου Τρικάλων.

Κότσιαρη, Α., 2016. *Τρίκαλα: η πολεοδομική εξέλιξη από το 1880 έως το 1940 - Από την Οθωμανική περίοδο στο ελληνικό κράτος*. Διδακτορική διατριβή. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Κουρτίδης, Ν., 2016. *Φωτογραφικό αρχείο*.

Κύρμπας, Σ., 2013. *Ο πόλεμος και η γέφυρα των Τρικάλων*. ΤΡΙΚΚΗPRESS. Διαθέσιμο από <http://trikkypress.gr/o-polemos-kai-h-gefyra-twn-trikalwn/> [Πρόσβαση 30 Νοεμβρίου 2018].

Κύρμπας, Σ., 2017. *Φωτογραφικό αρχείο*.

Μανούκας, Γ., 2018. *Προσδιορισμός και αποτίμηση φέρουσας συμπεριφοράς ιστορικών κτιρίων υπό στατικά και σεισμικά φορτία - Επεμβάσεις*. Σημειώσεις διάλεξης που διανεμήθηκαν στο ΠΜΣ ΑΔΟΑΠ, στα Τρίκαλα το Νοέμβριο του 2017.

Μαντζανά, Κ., 2012. *Οθωμανικό Τέμενος Οσμάν Σαχ*. ΟΔΥΣΣΕΥΣ. Διαθέσιμο από http://odysseus.culture.gr/h/2/gh251.jsp?obj_id=5585 [Πρόσβαση 18 Οκτωβρίου 2018].

Μωυσιάδης, Α., 2015. *Στοιχεία Φωτογραμμετρίας - Φωτοερμηνείας*.

Μωυσιάδης, Α., 2016. *Η Γεωματική και η Τοπογραφία στην έρευνα, χαρτογράφηση και πρόβλεψη αρχαιολογικών χώρων και στην αποτύπωση μνημείων*. Διδακτορική διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Μωυσιάδης, Α., 2017. *Τοπογραφία - Γεωματική*, Σημειώσεις διάλεξης που διανεμήθηκαν στο ΠΜΣ ΑΔΟΑΠ, στα Τρίκαλα το Νοέμβριο του 2017.

Παρδαλόπουλος, Σ., 2018. *Βελτίωση και ενίσχυση εδαφών και φέροντα οργανισμού ιστορικών κτιρίων*, Σημειώσεις διάλεξης που διανεμήθηκαν στο ΠΜΣ ΑΔΟΑΠ, στα Τρίκαλα τον Φεβρουάριο του 2018.

Πασαλή, Α., 2017. *Αποκατάσταση Ιστορικών Κτιρίων*, Σημειώσεις διάλεξης που διανεμήθηκαν στο ΠΜΣ ΑΔΟΑΠ, στα Τρίκαλα τον Φεβρουάριο του 2018.

Πατιάς, Π., 2008. *Φωτογραμμετρία και τεκμηρίωση αρχαιολογικών χώρων και ευρημάτων - Με απλά λόγια*.

Πετρονώτης, Α., 2008. *Πρακτικά 8ου συμπόσιου τρικαλινών σπουδών*. Τρίκαλα: Φ.Ι.Λ.Ο.Σ. 29.

Ρεφενέ, Ε., 2016. *Τα εν ζωή οθωμανικά μνημεία στην περιοχή της Θεσσαλίας*. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας.

Σαμαράς, Ν. και Κρασιά, Μ., 2017. *Χαρακτηριστικές απώλειες στοιχείων της αρχιτεκτονικής ταυτότητας της πόλης, μέσα από τις μεταβολές στην αντίληψη για την εικόνα της, στην σύγχρονη ιστορία των Τρικάλων*. poster στο 2ο Πανελλήνιο συνέδριο Marketing + Branding τύπου. 31/3-2/4/2017. Λάρισα.

Σπανός, Β., 2000. *Οι οικισμοί της βορειοδυτικής Θεσσαλίας κατά την τουρκοκρατία (από τον 14ο έως τον 19ο αι.)*. Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Τελλάκη, Μ., 2012. *Αποκατάσταση Ιστορικών Κτιρίων Ι - Θεωρία*.

Τρικκαίων, Δ., 2019. *Μουσείο Τσιτσάνη - Παλιές Φυλακές*. ΕΡΓΟΤΕΧΝΙΚΗ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΤΡΙΚΑΛΩΝ. Διαθέσιμο από <https://trikalacity.gr/building/kentro-erevnas-mousio-vas-tsitsani/> [Πρόσβαση 5 Νοεμβρίου 2018].

Τσιγάρας, Δ., 2016. *Λεύκωμα, Τρίκαλα... Τότε και Τώρα*. Διαθέσιμο από <https://trikalatkt.blogspot.com/> [Πρόσβαση 30 Νοεμβρίου 2018].

3Τ ΠΟΛΥΔΟΜΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ, 2011. *Τέμενος Οσμάν Σαχ - Κουρσούμ Τζαμί*. Διαθέσιμο από <https://3tpolydomiki.gr/3t/synthrhsh-mnhmeiwn/islamiki-arxitektoniki/78-temenos-osman-sah-koursoum-tzami> [Πρόσβαση 7 Νοεμβρίου 2018].

6.2 Ξένη βιβλιογραφία

Ahmed, A. F., 2010. *Byzantine influences on Early Ottoman Architecture of Greece*. Phd. National and Kapodistrian University of Athens .

CETS, 2005. *Council of Europe Framework Convention on the Value of Cultural Heritage for Society*, Faro: Council Of Europe.

Conforti Andreoni, D. & Pinto, L., 2004. *The creation of digital models for the protection of cultural heritage: The baptistery of Cremona*, Milano.

ICOMOS, 1964. *International Charter for the Conservation and Restoration of Monuments and Sites*, Venice: s.n.

Kakoulidou, I., 2011. *Κουρσούμ τζαμί Τρίκαλα*. The Ottoman Monuments of Greece. Διαθέσιμο από ottomanmonuments.blogspot.com/2011/10/blog-post.html [Πρόσβαση 2 Νοεμβρίου 2018].

Leica Geosystems, AG., 2002. *Axyz, mathematics for users*, Leica.

Moysiadis, A., 2017. *Photogrammetry and interactive 3d virtual tour to the outreach of cultural heritage. The case study of the church of Panagia Episkepsi, Trikala, Greece.*, Silver Oak 2, India.

Moysiadis, A., 2014. *The importance of geometric documentation through technological geospatial approaches to the conservation of cultural heritage*.

Petersen, A., 1996. *Dictionary of Islamic Architecture*. London: Routledge.

Ringle, K., Nutto, M., Voegtle, M., Pfanner, M. and Maischberger, M., 2009. *3d modelling of the market gate of Miletus developed from photogrammetric evaluations*, Berlin.

Takigawa, M., 2012. *Hagia Sophia and Sinan's Mosques: Structure and Decoration in Suleymaniye Mosque and Selimiye Mosque*. Tokyo, Seiyo University.

UNESCO, 1972. *Convention Concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage*, Paris: UNESCO.

UNESCO, 2003. *The Convention for the Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage*, Paris: UNESCO.

Vacca, G., Deidda, M., Dessi, A. & Marras, M., 2012. *Laser scanner survey to cultural heritage conservation and restoration*, Cagliari.

6.3 Πηγές διαδικτύου

<https://www.anexartitos.gr/eyropaiko-etos-politistikis-klironomias-2018-xenagiseis-mathiton-sto-mpezesteni-apo-tin-eforeia-archaiotiton-serron>

<http://www.bestourism.com/medias/dfp/14820>

<https://www.bing.com/maps>

<https://www.britannica.com/place/Ottoman-Empire>

<https://www.bursahaberportali.com/camiiler/bursa-yildirim-beyazit-camii-ve-kulliyesi-h17198.html>

<https://www.busiweek.com/uk-invests-3m-in-restoring-egyptian-cultural-heritage/>

<http://www.degisti.com/index.php/archives/21210>

<https://www.elliniko-panorama.gr/articles/252/1,9/-politistikoi-peripatoi-thessalonikis-%7C-5os-peripatos.html>

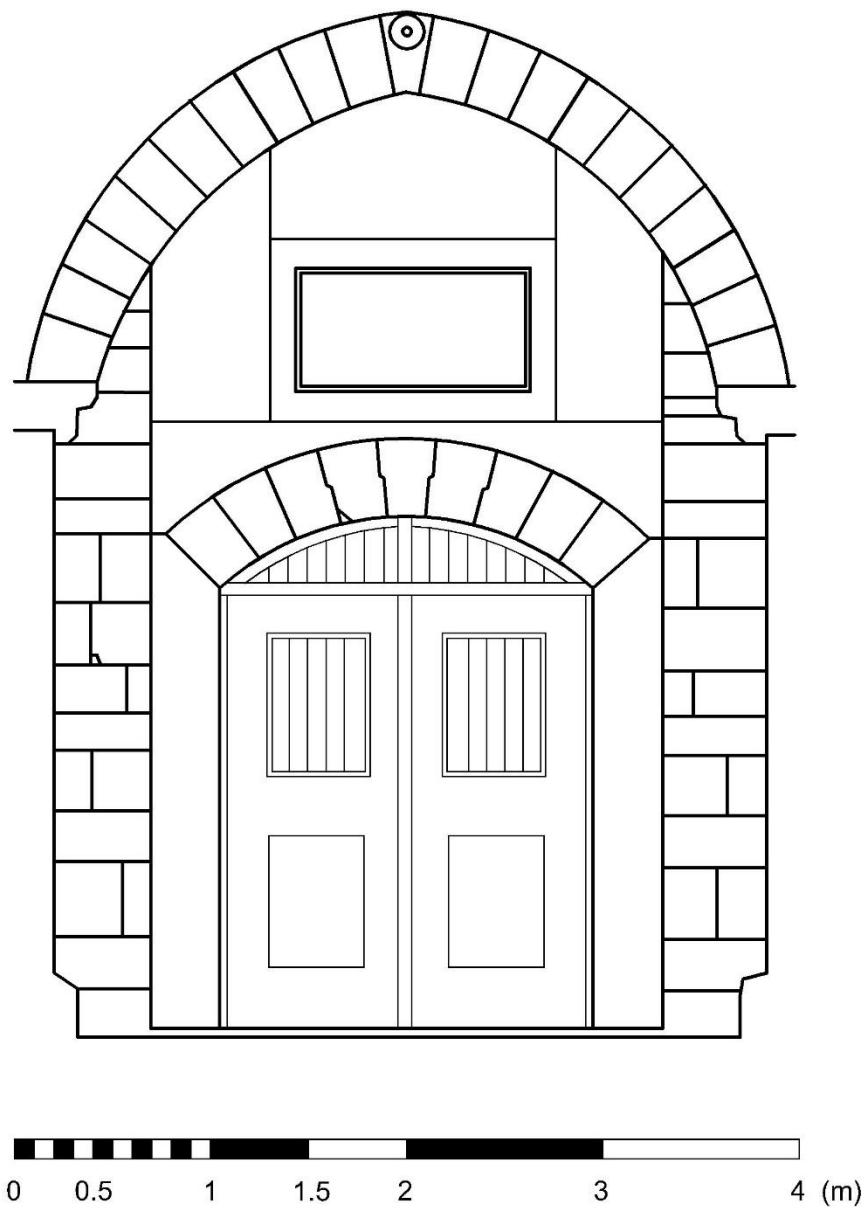
<http://www.exploringbyzantium.gr/EKBMM/Page?name=monument&id=53&sub=660&sub2=384&lang=en&template=infokiosk>

http://www.festivalierapetra.gr/index.php/el/?option=com_content&view=article&id=140&id_films=9857
<https://www.google.com/maps>
<https://www.istanbul.net.tr/istanbul-rehberi/dini-mekanlar/suleymaniye-camii/33/5>
<http://www.milliyet.com.tr/selimiye-camii-nerededir--tatil-2447993/>
<https://www.mixanitouxronou.gr/ta-loutra-paradisos-me-ta-thermenomena-dapeda-ke-tous-tichous-pou-evgazan-zesto-aera-dimiourgithikan-apo-ton-porthiti-mourat-v-me-ilika-apo-epta-ekklisies/>
<http://www.oteledirne.com/osmanli-kenti-edirne.html>
<http://www.ozmagazine.com.mx/los-domos-mas-increibles-del-mundo/>
<https://pixabay.com>
<http://www.serrelib.gr/othomanikaserron.htm>
<https://www.tourismtoday.gr/?p=76312>
http://tovaltino.blogspot.com/2017_09_17_archive.html
<https://www.trip2athens.com/el/city-areas/thecenter/monastirakipsyrri/attraction-563/>
<http://trikala-city.blogspot.com/2015/11/blog-post.html>
<https://trikalacity.gr/building/litheos-potamos/>
<https://trikalacity.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=ff72c6b636444ddea9448c632874582>
https://www.trikalaneews.gr/ta_nea_tis_polis/iera_agrupnia_ston_in_agiou_konstantinou_trikalalon_154741.html
<https://trikala-tkt.blogspot.com/>

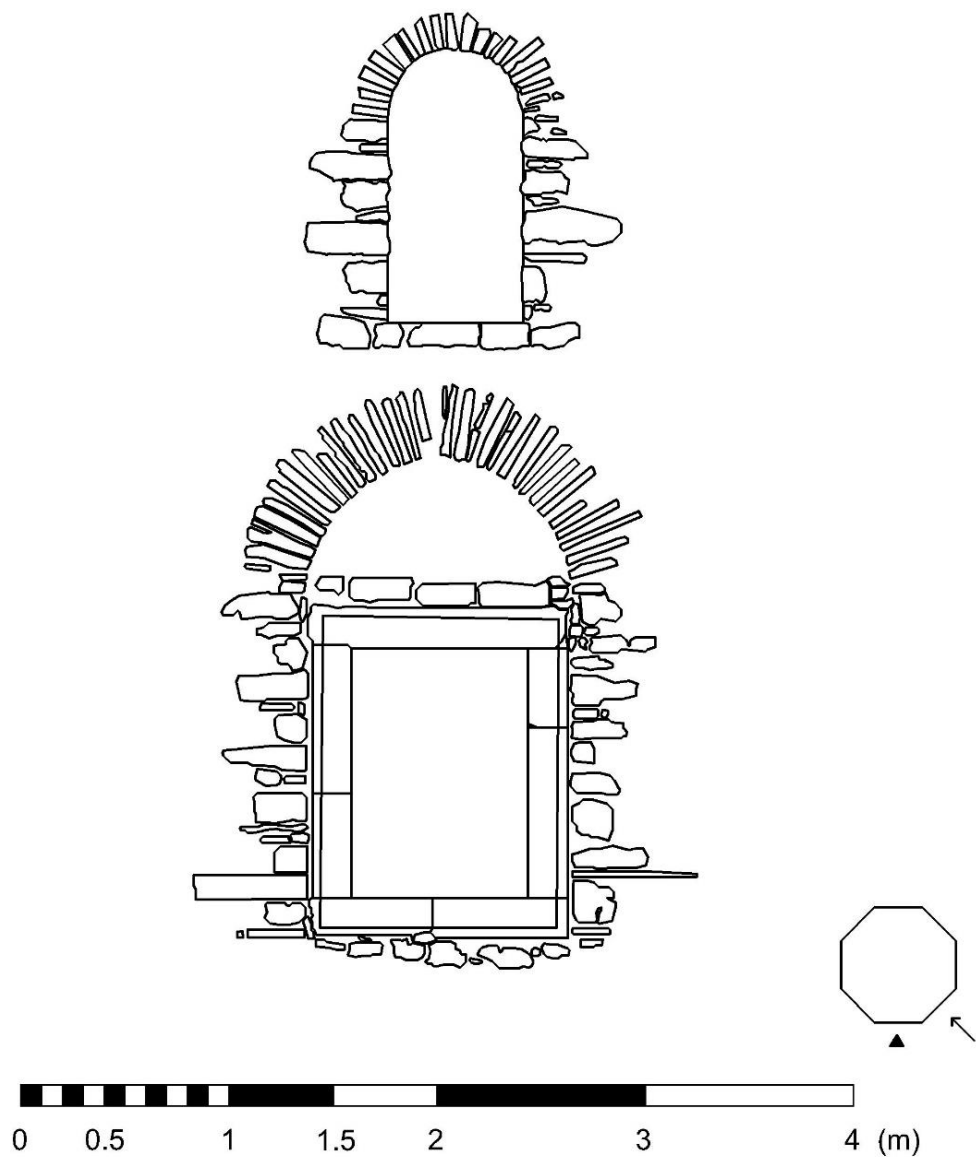
Εγχειρίδια χρήσης

Geomax Zoom50 Series
Maggelan ProMark 200
Dji Phantom 4
Nikon D7000
AF-S NIKKOR 24-120mm f/4G ED VR

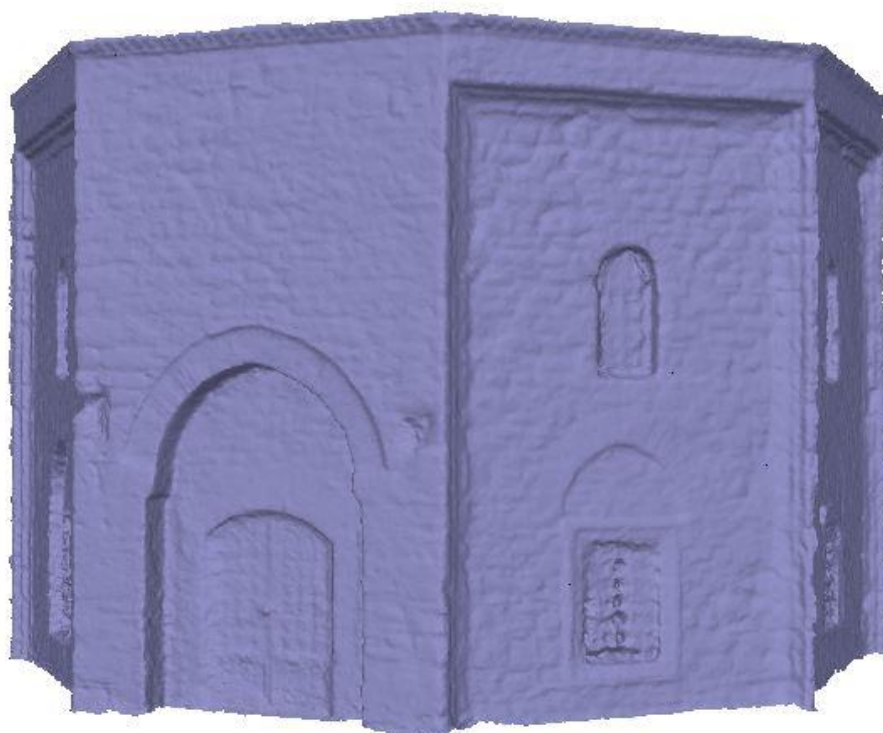
Παράρτημα



Όψη κύριας εισόδου τεμένους Οσμάν Σαχ



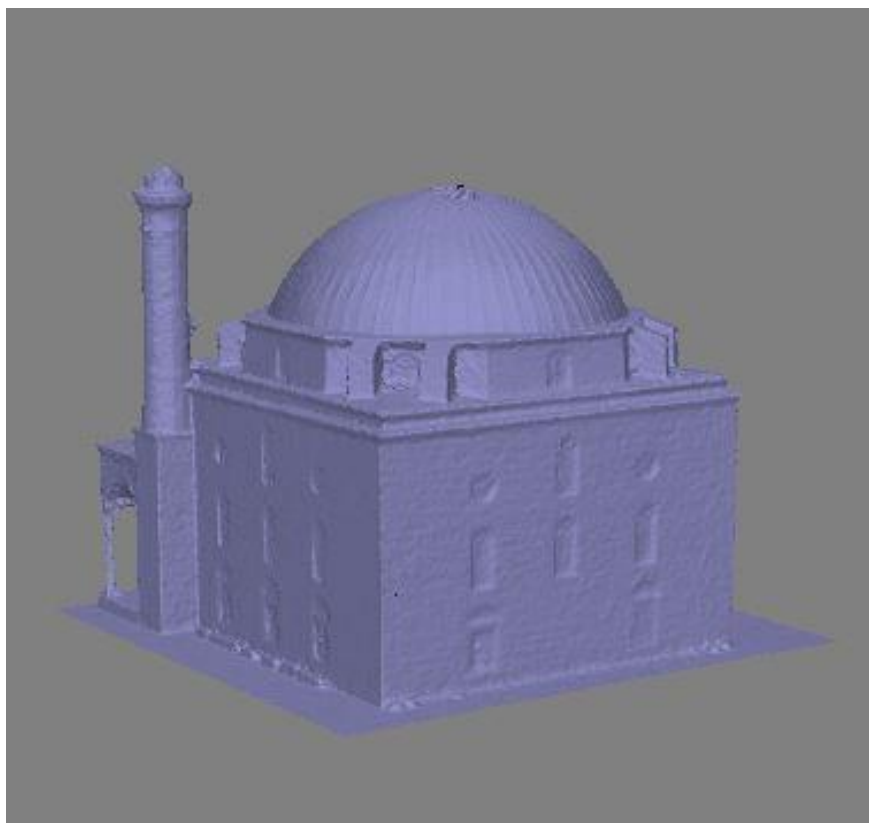
**Αρχιτεκτονικές λεπτομέρειες των ανοιγμάτων του τουρμπέ
μετά την ορθοαναγωγή**



Τρισδιάστατο μοντέλο υφής τμήματος του τουρμπέ



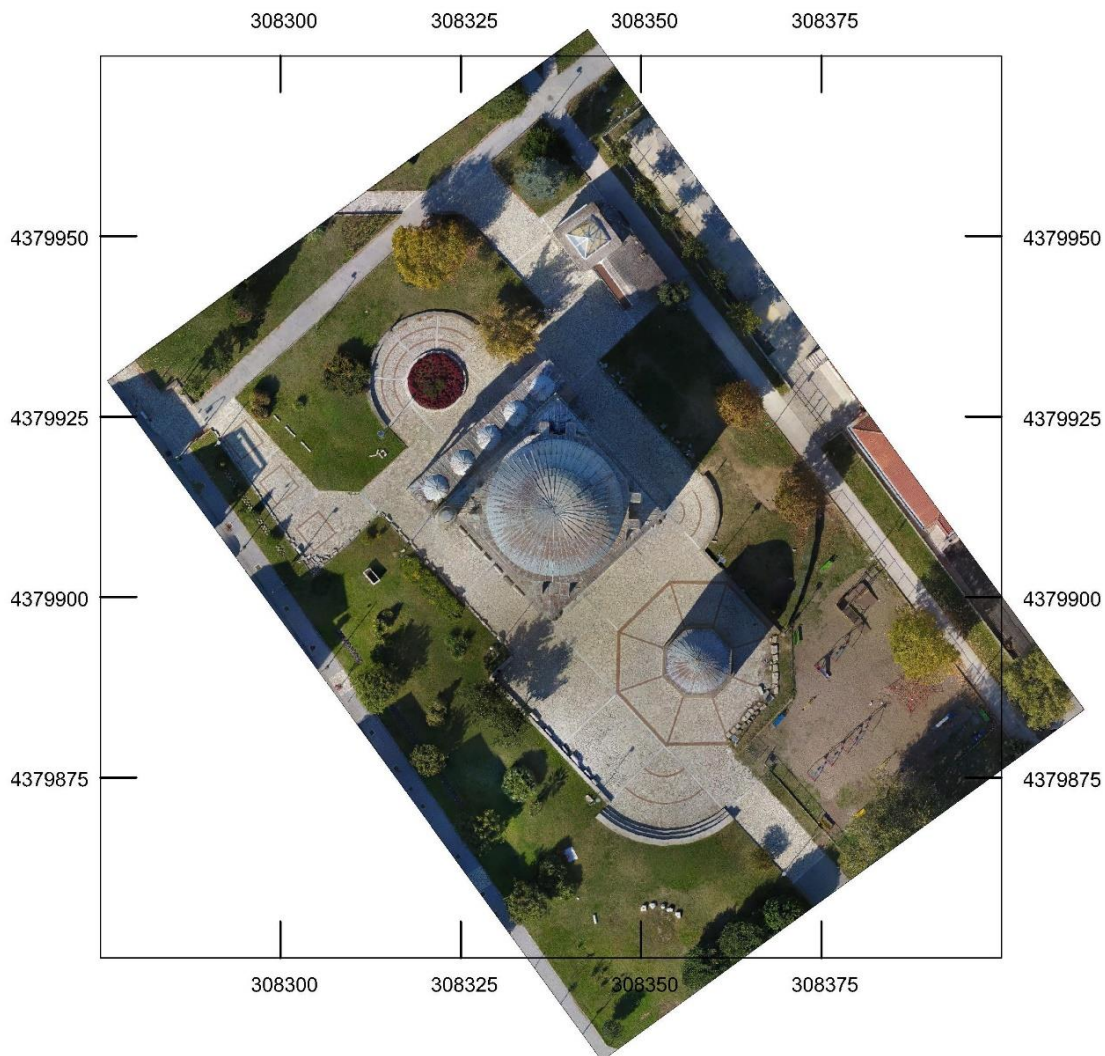
**Τελικό τρισδιάστατο φωτογραμμετρικό μοντέλο
τμήματος του τουρμπέ**



Τρισδιάστατο μοντέλο υφής του τεμένους



Τρισδιάστατο φωτογραμμετρικό μοντέλο του τεμένους



Διάγραμμα κάλυψης του μνημείου σε ΕΓΣΑ 87

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/Η κάτωθι υπογεγραμμένος/η.....Μαλέζικας Στέλιος....., του
Αποστόλου φοιτητής του ΠΜΣ Αρχιτεκτονική και Δομοδοσιακή Διακατάσταση
Ιστορικών Κτιρίων και Συνόλων
του Α.Ε.Ι Πειραιά Τ.Τ, πριν αναλάβω την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας μου,
δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Διπλωματική Εργασία (Δ.Ε) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε, ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα, σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονεμίσει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφασή της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση Π.Ε με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε πρέπει να ολοκληρώσει εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού βμήνου από την ημερομηνία ανάθεσής της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18. παρ.5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού».

Ο Δηλών


Ημερομηνία
18/04/2019