

Πανεπιστήμιο Αιγαίου | Σχολή Ανθρωπιστικών Επιστημών | Τμήμα Μεσογειακών Σπουδών

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ | ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

Ιούνιος 2018



ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ
ΚΑΙ
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ
ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ
ΤΟΥ ΝΑΟΥ
ΤΟΥ ΗΦΑΙΣΤΟΥ

Φοιτήτρια | Βασιλική Μουζά | Αρχιτέκτων Μηχανικός | MSc Αποκατάσταση Μνημείων Α.Π.Θ.

Επιβλέπων | Καθ. Α. Γεωργόπουλος | Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών | Ε.Μ.Π

Εξεταστική Επιτροπή | Καθ. Ι. Λυριτζής | Τμήμα Μεσογειακών Σπουδών | Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Δρ. Δ. Τσιαφάκη | Ερ. Κέντρο ΑΘΗΝΑ | Ερευνήτρια με βαθμίδα Α'

Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Σχολή Ανθρωπιστικών Επιστημών | Τμήμα Μεσογειακών Σπουδών

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

*"Γεωμετρική και Αρχιτεκτονική Τεκμηρίωση
του Ναού του Ηφαίστου"*

Φοιτήτρια
Βασιλική Μουζά
Αρχιτέκτων Μηχανικός | MSc Αποκατάσταση Μνημείων Α.Π.Θ.

Επιβλέπων
Καθ. Α. Γεωργόπουλος
Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών | Ε.Μ.Π

Εξεταστική επιτροπή
Καθ. Ι. Λυριτζής | Τμήμα Μεσογειακών Σπουδών | Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Δρ. Δ. Τσιαφάκη | Ερ. Κέντρο ΑΘΗΝΑ | Ερευνήτρια με βαθμίδα Α'

Ημερομηνία
22 Ιουνίου 2018

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί η γεωμετρική και αρχιτεκτονική τεκμηρίωση του ναού του Ηφαίστου, στην Αρχαία Αγορά της Αθήνας, με την αξιοποίηση φωτογραμμετρικών προϊόντων. Στόχος υπήρξε η διερεύνηση του τρόπου διαχείρισης των ορθοφωτογραφιών και του πλήθους των γεωμετρικών πληροφοριών που εμπεριέχονται σε αυτές, η συλλογή και επεξεργασία των οποίων εκπονείται συστηματικά από το Τμήμα Φωτογραμμετρίας της Σχολής Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών, του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, καθώς και η παραγωγή γραμμικών σχεδίων αποτύπωσης.

Στο πλαίσιο αυτό κρίθηκε αναγκαίο να διερευνηθεί η ιστορική εξέλιξη αρχικά των μεθόδων αποτύπωσης, όπου διαφαίνονται οι αυξημένες δυνατότητες της συνεργασίας διαφορετικών επιστημονικών πεδίων, και στη συνέχεια του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Αγοράς, με επίκεντρο το ναό του Ηφαίστου. Η συλλογή των απαραίτητων πληροφοριών για την κατανόηση των βασικών αρχών που διέπουν την αρχιτεκτονική του μνημείου και την αναγνώριση της υφιστάμενης κατάστασής του είναι αυτή που καθιστά εν τέλει εφικτή την απόδοση των επιμέρους στοιχείων του ναού αλλά και του συνόλου του. Ακόλουθα, παρουσιάζονται οι φωτογραμμετρικές μέθοδοι συλλογής και επεξεργασίας τρισδιάστατων ψηφιακών δεδομένων, που αφορούν σε κατασκευές μεγάλης κλίμακας στον γεωγραφικό χώρο και συμπεριλαμβάνουν τα αρχιτεκτονικά μνημεία, λαμβάνοντας υπόψη τις αυξημένες απαιτήσεις και τους περιορισμούς που θέτει η εφαρμογή της φωτογραμμετρίας σε αντικείμενα μεγάλης κλίμακας, έναντι των κινητών μνημείων.

Όλα τα παραπάνω θέτουν τις βάσεις για τη σχεδιαστική τεκμηρίωση του ναού του Ηφαίστου που αποτελεί τον πυρήνα της εργασίας, καθώς και το πρωταρχικό στάδιο για οποιαδήποτε μελλοντική πρωτοβουλία σχετική με την προστασία, ανάδειξη και διαχείριση του μνημείου. Παρουσιάζεται συνοπτικά η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, καταγράφονται οι προβληματισμοί που προέκυψαν κατά την επεξεργασία του υλικού για τη σχεδιαστική απόδοση του μνημείου και παρατίθεται η σειρά των γραμμικών σχεδίων που παράχθηκαν στο τέλος της διαδικασίας.

Abstract

The subject of the present thesis is the geometric and architectural documentation of the Hephaestus temple, located in the Ancient Agora of Athens, using photogrammetric software. The aim was to explore the ways of managing orthophotos and the plethora of geometric information they contain, the collection and processing of which is systematically conducted by the Department of Photogrammetry of the School of Rural and Surveying Engineering of the National Technical University of Athens, as well as the creation of architectural measure drawings.

In this context it was deemed important to examine the historical evolution primarily of the methods of surveying, where the increased possibilities of cooperation between different scientific fields are made obvious, and then of the archaeological site of the Ancient Agora, focusing on the Hephaestus temple. The compilation of the information necessary for the comprehension of the basic principles governing its architecture and the evaluation of its current condition is what eventually makes possible the drawing of the separate architectural parts of the monument as well as in its entirety. Subsequently, the thesis introduces those photogrammetric methods for the collection and processing of 3D digital data that concern large-scale constructions and include architectural monuments, taking into account the increased requirements and limitations of the application of photogrammetry on large-scale objects, compared to mobile monuments.

All of the above set the basis for the creation of the set of drawings that document the Hephaestus temple, which is the core of the thesis as well as the first step for any future initiative concerning the protection, enhancement and management of the monument. The methodology followed is presented briefly, the problems that have arisen during the processing of the provided data are recorded and the set of drawings produced at the end of this process are displayed.

Ευχαριστίες

Η εργασία αυτή δεν θα είχε πραγματοποιηθεί χωρίς την πολύτιμη συμβολή και υποστήριξη του επιβλέποντα καθηγητή Ανδρέα Γεωργόπουλου, τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα για την συνεργασία, αλλά και για την δυνατότητα να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα.

Πολλές ευχαριστίες οφείλω και στην Σεβαστή Ταπεινάκη, Αγρονόμο & Τοπογράφο Μηχανικό στο Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας του Ε.Μ.Π., για την πολύτιμη βοήθεια της σε τεχνικά ζητήματα και πρακτικά προβλήματα.

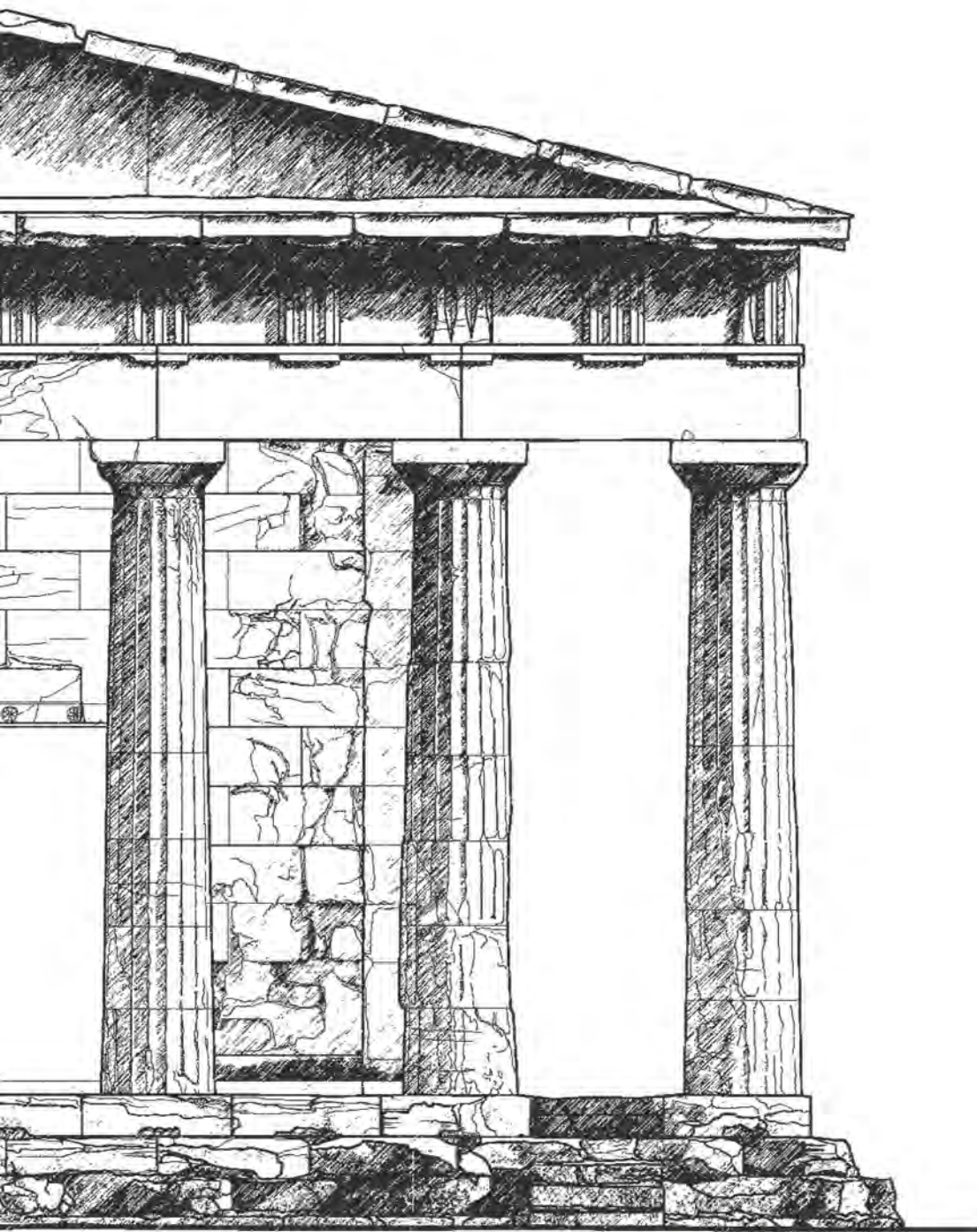
Η Γεωμετρική Τεκμηρίωση του Ναού του Ηφαίστου, εκπονείται από το Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, στο πλαίσιο του μαθήματος Αποτυπώσεις Μνημείων, από το οποίο μου παραχωρήθηκε το υλικό, οπότε και εμμέσως οφείλω να ευχαριστήσω όλους όσους συμμετείχαν στο έργο αυτό.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τις κυρίες Κλειώ Τσόγκα, Αρχαιολόγο, και Ευρύκλεια Αλεξανδράκη, Πολιτικό Μηχανικό, της Εφορείας Αρχαιοτήτων Αθηνών, για την βοήθεια τους σε ζητήματα που αφορούν στο μνημείο και την διάθεση βιβλιογραφικού υλικού.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω θερμά και καθέναν ξεχωριστά τους φίλους μου Μαρία Λουκμά, Σοφία Σφέτκου και Δημήτρη Χρόνη, για την ανεκτίμητη υποστήριξη τους κατά την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Περιεχόμενα

| | |
|--|-----------|
| Εισαγωγή | 1 |
| A. Τεκμηρίωση μνημείων | 3 |
| A1. Η έννοια και η αναγκαιότητα της τεκμηρίωσης..... | 3 |
| A2. Ιστοριογραφία της αποτύπωσης..... | 4 |
| A3. Βασικές αρχές και μέθοδοι της γεωμετρικής τεκμηρίωσης..... | 10 |
| Ο Ναός του Ηφαίστου | |
| B. Ιστορική αναδρομή –Κλασικοί ναοί | 13 |
| B1. Η Αρχαία Αγορά των Αθηνών..... | 13 |
| B2. Ναοί της Κλασικής εποχής..... | 19 |
| B3. Η αρχιτεκτονική του δωρικού ρυθμού..... | 22 |
| Γ. Ανάλυση του ναού του Ηφαίστου | 29 |
| Γ1. Ιστορικά στοιχεία..... | 29 |
| Γ2. Τυπολογία..... | 30 |
| Γ3. Μορφολογικά στοιχεία..... | 32 |
| Γ4. Κατασκευαστική ανάλυση..... | 35 |
| Γ5. Οικοδομικές ιστορικές φάσεις..... | 37 |
| Γ6. Παθολογία..... | 42 |
| Δ. Συλλογή τρισδιάστατων ψηφιακών δεδομένων | 45 |
| Δ1. Βασικές αρχές..... | 45 |
| Δ2. Σαρώσεις laser και γεωδαιτικές μετρήσεις..... | 47 |
| Δ3. Διαδικασία συλλογής εικονιστικών δεδομένων..... | 51 |
| Δ4. Επεξεργασία – παραγωγή ορθοφωτογραφιών..... | 54 |
| Ε. Γεωμετρική και αρχιτεκτονική τεκμηρίωση | 57 |
| Ε1. Γεωμετρική τεκμηρίωση – στοιχεία εφαρμογής..... | 57 |
| Ε2. Μεθοδολογία – Απόδοση ψηφιακών προϊόντων..... | 62 |
| Ε2. Αρχιτεκτονική αποτύπωση – παραγωγή σχεδίων..... | 67 |
| Δ. Συμπεράσματα | 75 |
| Βιβλιογραφία | 81 |



Εισαγωγή

Εισαγωγή

Η εφαρμογή της φωτογραμμετρίας παρέχει διευρυμένες δυνατότητες, καθώς μία από αυτές συναντάται στο πεδίο της Προστασίας και Διαχείρισης της Πολιτιστικής Κληρονομιάς. Ειδικότερα, στον τομέα της τεκμηρίωσης των μνημείων αποτελεί σημαντικό και εξαιρετικό εργαλείο, καθώς επιτυγχάνει την συλλογή πολλαπλών πληροφοριών σε μειωμένο χρόνο και με μεγαλύτερη ακρίβεια σε σχέση με άλλες μεθόδους.

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί η γεωμετρική και αρχιτεκτονική τεκμηρίωση του ναού του Ηφαίστου, στην Αρχαία Αγορά της Αθήνας, με την αξιοποίηση φωτογραμμετρικών προϊόντων. Το συνολικό έργο της γεωμετρικής τεκμηρίωσης, η συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων, εκπονείται συστηματικά από το Τμήμα Φωτογραμμετρίας της Σχολής Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών, του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, το οποίο διέθεσε τα απαραίτητα δεδομένα για την εκπόνηση αυτής της εργασίας. Τα φωτογραμμετρικά προϊόντα που χρησιμοποιήθηκαν είναι δισδιάστατες ορθοφωτογραφίες σε χαρακτηριστικές θέσεις του μνημείου (κάτοψη, τομές, όψεις).

Στόχος της εργασίας είναι η παραγωγή γραμμικών σχεδίων αποτύπωσης και η διερεύνηση του τρόπου διαχείρισης των ορθοφωτογραφιών και του πλήθους των πληροφοριών που εμπεριέχονται σε αυτές. Για την επίτευξη αυτού του στόχου διαφάνηκε η ανάγκη για την κατανόηση του μνημείου, τόσο στην υφιστάμενη κατάσταση διατήρησής του, όσο και σε επίπεδο ιστορικής ανάλυσης. Επιπλέον, κρίθηκε απαραίτητη η γνώση των βασικών αρχών που διέπουν την αρχιτεκτονική της κλασικής εποχής, ιδιαίτερα των ναών, καθώς διαθέτει εξαιρετικές κατασκευαστικές λεπτομέρειες. Παράλληλα, μέσα από την διαδικασία παραγωγής των σχεδίων αποτύπωσης, γίνεται προσπάθεια για διερεύνηση και σύγκριση των αρχών σχεδιασμού μεταξύ της απόδοσης ψηφιακών προϊόντων με τη χρήση λογισμικών σχεδιασμού και της παραδοσιακής μεθόδου απόδοσης σχεδίων σε αναλογική μορφή (σχεδιασμός με το χέρι).

Η εργασία αποτελείται από πέντε κεφάλαια, καθένα από τα οποία κρίνεται απαραίτητο για την ολοκληρωμένη προσέγγιση του αντικειμένου της εργασίας. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην αναγκαιότητα της τεκμηρίωσης των μνημείων, όπως αυτή διατυπώνεται στην σύγχρονη θεωρία της προστασίας της πολιτιστικής κληρονομιάς. Επίσης, γίνεται σύντομη ιστορική αναδρομή στην εξέλιξη των μεθόδων αποτύπωσης, από την οποία διαφαίνονται οι αυξημένες δυνατότητες της συνεργασίας διαφορετικών επιστημονικών πεδίων.

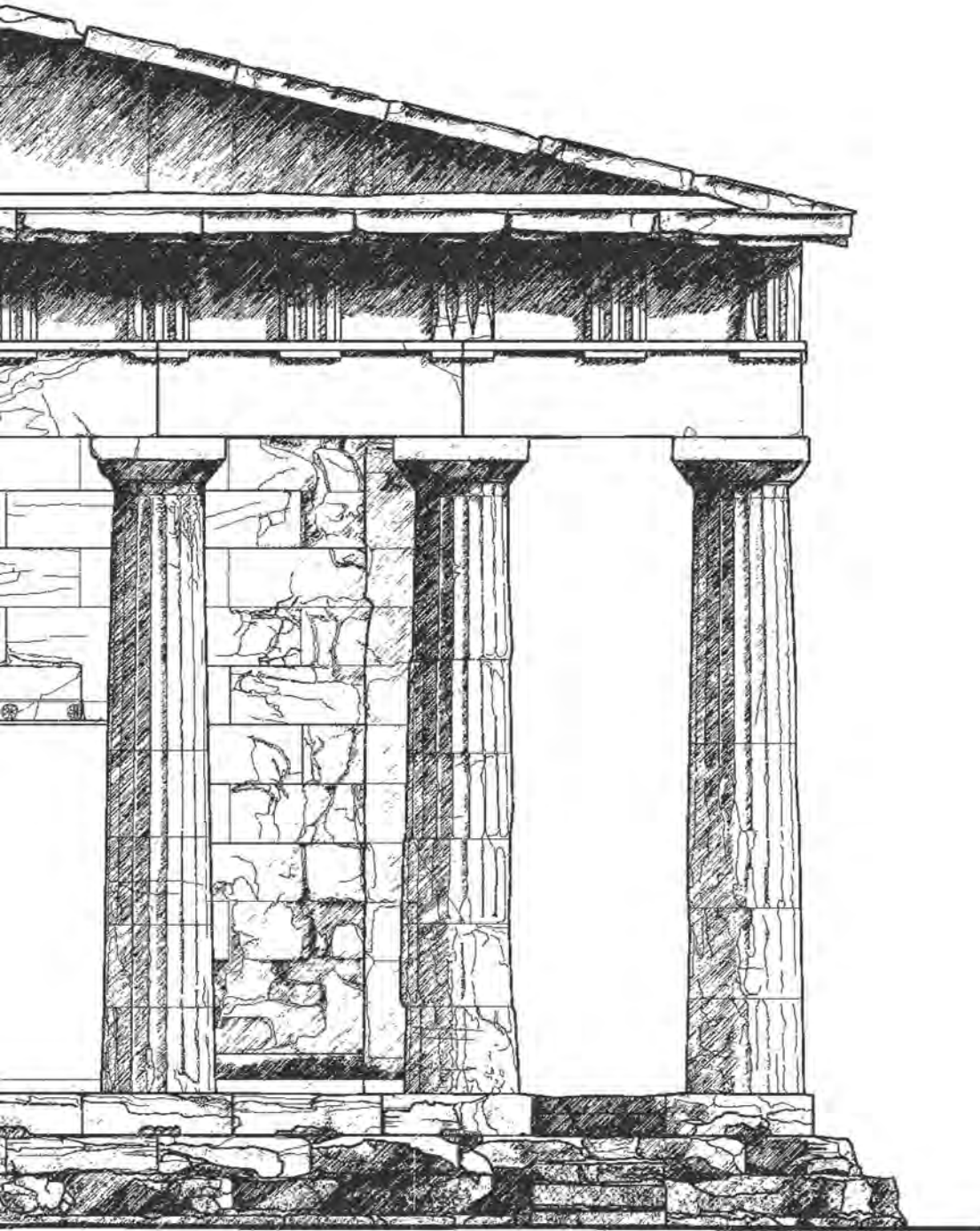
Τα επόμενα δύο κεφάλαια αφορούν στην ιστορική τεκμηρίωση, της Αρχαίας Αγοράς των Αθηνών και του ναού του Ηφαίστου. Η αναφορά στην ιστορική εξέλιξη της Αρχαίας Αγοράς θεωρήθηκε απαραίτητη τόσο λόγω της σημασίας της ως κέντρο της πόλης, αλλά και όσο για την άμεση συσχέτιση των μεταβολών που συνέβησαν στον περιβάλλοντα χώρο του Ηφαιστείου. Στη σύγχρονη εποχή, οι εκτεταμένες ανασκαφικές εργασίες που πραγματοποιήθηκαν στον χώρο της Αρχαίας Αγοράς, είχαν ως αποτέλεσμα την αποκάλυψη και διαμόρφωση ενός σημαντικού αρχαιολογικού χώρου. Επιπλέον, η εκτεταμένη διερεύνηση της αρχιτεκτονικής των ναών της κλασικής εποχής, αποτέλεσε σημαντικό εφόδιο για τον σχεδιασμό και την ερμηνεία της

κατασκευής του ναού. Στο τρίτο κεφάλαιο, η ιστορική τεκμηρίωση επικεντρώνεται στον ναό του Ηφαίστου, με σκοπό τη συλλογή και γνώση των απαραίτητων πληροφοριών για την κατανόηση του μνημείου και της υφιστάμενης κατάστασης του. Έτσι, γίνεται εφικτή η απόδοση των επιμέρους στοιχείων του ναού αλλά και του συνόλου του.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται οι φωτογραμμετρικές μέθοδοι συλλογής και επεξεργασίας τρισδιάστατων ψηφιακών δεδομένων, που αφορούν σε κατασκευές μεγάλης κλίμακας στον γεωγραφικό χώρο και συμπεριλαμβάνουν τα αρχιτεκτονικά μνημεία. Οι συγκεκριμένες μέθοδοι αφορούν στις απαιτήσεις και στους περιορισμούς που εμφανίζει η εφαρμογή της φωτογραμμετρίας σε αντικείμενα μεγάλης κλίμακας, έναντι των κινητών μνημείων.

Το πέμπτο κεφάλαιο εστιάζεται στην εφαρμογή που πραγματοποιήθηκε στον ναό του Ηφαίστου, η οποία παρουσιάζεται συνοπτικά για την κατανόηση της μεθοδολογίας και στη συνέχεια την παραγωγή των προϊόντων που αποτέλεσαν τη βάση της παρούσας εργασίας. Επίσης, καταγράφονται οι προβληματισμοί που προέκυψαν κατά την επεξεργασία του υλικού για τη σχεδιαστική απόδοση του μνημείου. Τέλος, παρουσιάζεται η σειρά των γραμμικών σχεδίων που παράχθηκαν από την όλη διαδικασία.

Η εργασία αφορά στη διαδικασία σχεδιαστικής τεκμηρίωσης και παραγωγής σχεδίων, καθώς αυτή αποτελεί το πρωταρχικό στάδιο για οποιαδήποτε ενέργεια σχετική με το μνημείο. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ορθή και τεκμηριωμένη σχεδιαστική απεικόνιση του κάθε μνημείου αποτελεί τη βάση για την εκπόνηση μελετών συντήρησης και αποκατάστασης. Η πλήρης τεκμηρίωση ενός μνημείου απευθύνεται σε πολλαπλά επιστημονικά πεδία και αποτελεί το κύριο εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με την προστασία του, την ανάδειξη και διαχείρισή του.



Τεκμηρίωση Μνημείων

Τεκμηρίωση μνημείων

A1. Η έννοια και η αναγκαιότητα της τεκμηρίωσης

Στην σύγχρονη εποχή, η προστασία της Πολιτιστικής Κληρονομιάς έχει αναδειχθεί σε μείζονος σημασίας και εκτεταμένης έκτασης ζήτημα, το οποίο ορίζεται από διεθνείς συμβάσεις, την νομοθεσία κάθε κράτους, αλλά και από πλήθος φορέων και οργανισμών σε εθνικό, ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο.

Στην Ελλάδα, σύμφωνα με τον αρχαιολογικό νόμο υπ' αριθ. 3028/2002 «Για την προστασία των Αρχαιοτήτων και εν γένει της Πολιτιστικής Κληρονομιάς», το περιεχόμενο της προστασίας αυτής συνίσταται κυρίως:

- στον εντοπισμό, της έρευνα, την καταγραφή, την τεκμηρίωση και τη μελέτη των στοιχείων της
- στη διατήρηση και στην αποτροπή της καταστροφής, της αλλοίωσης και γενικά κάθε άμεσης ή έμμεσης βλάβης της
- στην αποτροπή της παράνομης ανασκαφής, της κλοπής και της παράνομης εξαγωγής
- στη συντήρηση και στην κατά περίπτωση αναγκαία αποκατάστασή της
- στη διευκόλυνση της πρόσβασης και της επικοινωνίας του κοινού με αυτήν
- στην ανάδειξη και την ένταξή της στη σύγχρονη κοινωνική ζωή
- στην παιδεία, την αισθητική αγωγή και την ευαισθητοποίηση των πολιτών για την πολιτιστική κληρονομιά

Ως πρώτη σχετική ενέργεια στον αρχαιολογικό νόμο ορίζεται η έρευνα, η καταγραφή και η τεκμηρίωση, η σημασία της οποίας επισημαίνεται στην Χάρτα της Βενετίας, στο άρθρο 9, σχετικά με την Αποκατάσταση και Αναστήλωση:

“Η διαδικασία της αποκαταστάσεως είναι μια επέμβαση υψηλής εξειδίκευσης που επιβάλλεται να γίνεται κατ' εξαίρεση. Έχει ως στόχο να διατηρήσει και να αποκαλύψει τις ιστορικές και αισθητικές αξίες του μνημείου και βασίζεται στον σεβασμό προς την αρχική του υπόσταση και τα αυθεντικά του στοιχεία. Σταματάει στο σημείο που αρχίζουν να υπάρχουν υποθέσεις. Πέρα από αυτό το σημείο, οποιαδήποτε εργασία που ενδεχομένως θα θεωρηθεί απαραίτητη για τεχνικούς ή αισθητικούς λόγους, θα πρέπει να διαχωρίζεται από την αρχική αρχιτεκτονική σύνθεση και να φέρνει την σφραγίδα της εποχής μας. Σε όλες τις περιπτώσεις η αρχαιολογική μελέτη θα προηγείται της αποκατάστασης και θα την ακολουθεί.”

και πιο συγκεκριμένα στο άρθρο 16 που αφορά στην Τεκμηρίωση και δημοσιεύσεις:

“Οι εργασίες συντηρήσεως, αποκαταστάσεως και ανασκαφής θα πρέπει να βασίζονται σε εξακριβωμένη τεκμηρίωση, δηλαδή σε αναλυτικές και κριτικές εκθέσεις, εικονογραφημένες με σχέδια και φωτογραφίες. Όλες οι φάσεις των εργασιών για την απάλειψη νεότερων στοιχείων, την στερέωση, την ανασύνθεση και την ένταξη νέων (στοιχείων), καθώς και όλα τα τεχνικά και μορφολογικά στοιχεία που θα εξακριβώνονται κατά την διάρκεια των εργασιών, θα πρέπει να καταγράφονται λεπτομερειακά. Αυτή η τεκμηρίωση θα κατατίθεται στα αρχεία ενός δημοσίου ιδρύματος και θα είναι προσιτή στους ερευνητές. Προτείνεται η δημοσίευσή τους”.

Η τεκμηρίωση ενός ιστορικού μνημείου είναι μέγιστης σημασίας και αποτελεί τη βάση για κάθε είδους ενέργεια που θα ακολουθήσει για την διατήρηση, αποκατάσταση, διαχείριση και ανάδειξη του. Ο όρος τεκμηρίωση, περιλαμβάνει την πλήρη καταγραφή και αρχειοθέτηση όλων των πληροφοριών που σχετίζονται με το μνημείο, δηλαδή κάθε ιστορικού, αρχαιολογικού, καλλιτεχνικού, επιστημονικού, κοινωνικού ή τεχνικού στοιχείου που αφορά στην κατασκευή, συμπεριλαμβανομένων των εγκαταστάσεων ή διακοσμητικών στοιχείων που αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα της, όπως ορίζεται το μνημείο στη Σύμβαση της Γρανάδας.

Συνοπτικά, και σύμφωνα με τα παραπάνω, η τεκμηρίωση ενός μνημείου περιλαμβάνει τις παρακάτω ενότητες και υποενότητες:

- την ιστορική – αρχαιολογική, όπου αναζητείται η ιστορική αναδρομή του μνημείου και της ευρύτερης περιοχής του, αλλά και στοιχεία που αφορούν το νομικό πλαίσιο, όπως το ιδιοκτησιακό καθεστώς.
- τη γεωμετρική, δηλαδή την πραγματική υπόσταση της κατασκευής στον χώρο.
- την αρχιτεκτονική, που περιλαμβάνει την τυπολογική, μορφολογική, οικοδομική και χρωματική ανάλυση.
- την παθολογία, που προσδιορίζει τον βαθμό διατήρησης της κατασκευής μέσα από τα δομικά υλικά.

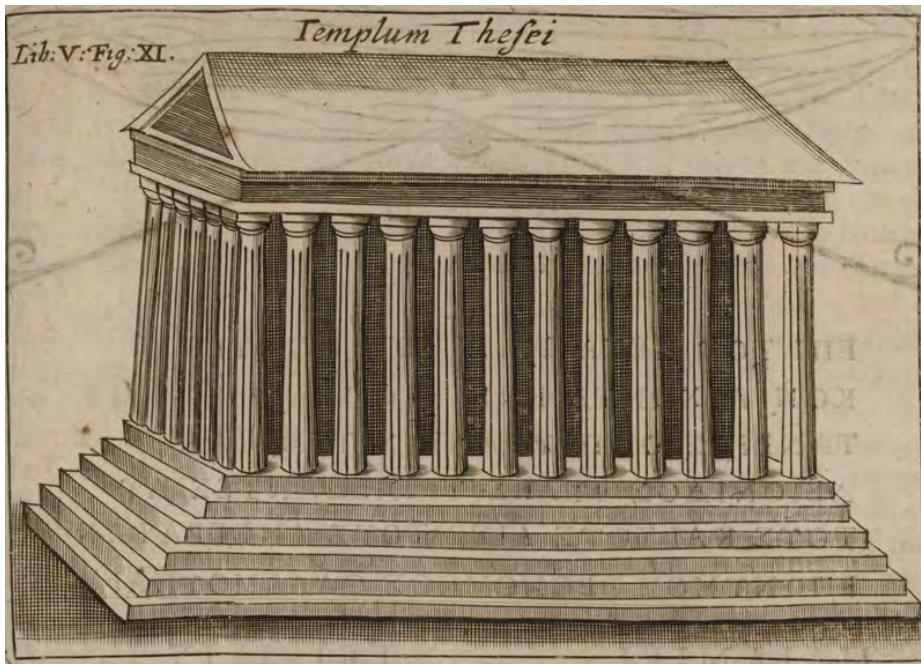
Κάθε ενότητα, αποτελεί πεδίο διαφορετικής επιστημονικής ειδικότητας (αρχαιολόγοι, τοπογράφοι μηχανικοί, αρχιτέκτονες, πολιτικοί μηχανικοί, χημικοί μηχανικοί, συντηρητές κ.ά.), όμως για την επίτευξη μια ολιστικής προσέγγισης απαιτείται η υπέρβαση των επιμέρους ορίων και η διεπιστημονική συνεργασία, ώστε να επιτευχθούν οι απαραίτητοι συσχετισμοί που θα οδηγήσουν σε ορθά συμπεράσματα.

A2. Ιστοριογραφία της αποτύπωσης

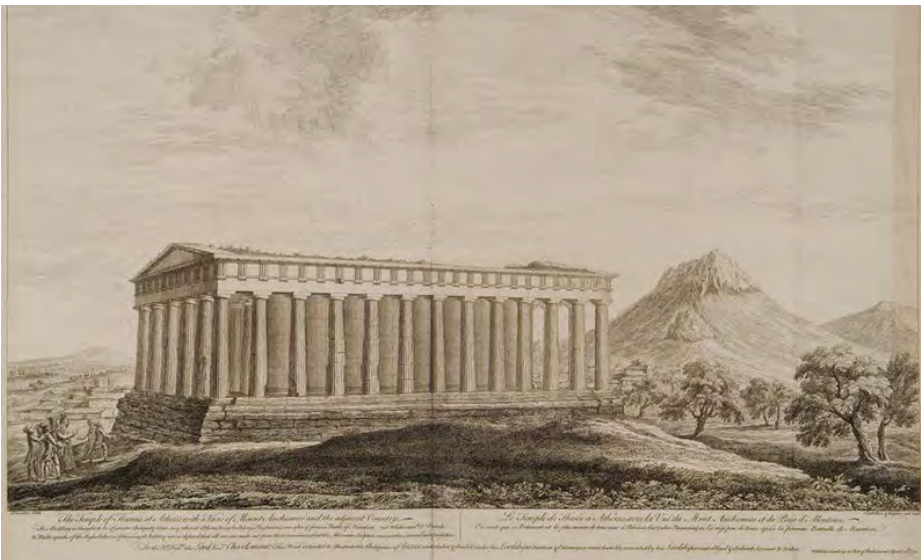
Όπως διαφάνηκε στο προηγούμενο εδάφιο, ο όρος «τεκμηρίωση» υποδηλώνει την επιστημονική προσέγγιση και διέπεται από βασικές αρχές, οι οποίες καθορίζουν και την έννοια της γεωμετρικής τεκμηρίωσης στη σύγχρονη εποχή. Όμως, αξίζει να σημειωθεί ότι η ορολογία αυτή αποτελεί εξέλιξη της έννοιας της αποτύπωσης στη διάρκεια του χρόνου, καθώς κάθε εποχή την αντιλαμβάνεται διαφορετικά, όπως συμβαίνει και με την έννοια του μνημείου και το θεωρητικό πλαίσιο για την προστασία και αποκατάσταση του.

Η έννοια της αποτύπωσης γεννιέται με την «ανακάλυψη» του αρχαίου κόσμου, από τους περιηγητές, στις αρχές του 14^{ου} αιώνα, οι οποίοι ενσωματώνουν στα κείμενά τους σχεδιαστικές αναπαραστάσεις των αρχαιοτήτων. Οι αναπαραστάσεις αυτές δεν αποδίδουν την αντικειμενική πραγματικότητα, αλλά εντυπώσεις ή αισθητικές και στιλιστικές αντιλήψεις της εποχής, και πολλές φορές χαρακτηρίζονται από την αδυναμία και γνώσεις του σχεδιαστή (Κουρτζέλλης, 2012). Τον 16^ο και 17^ο αιώνα, ακολουθείται μια πρώιμη μορφή χαρτογράφησης των αρχαιοτήτων, καθώς γίνεται προσπάθεια για την καθιέρωση μιας ακριβούς περιγραφής κάθε μνημείου και τον προσδιορισμό της συγκεκριμένης και διακριτής θέσης του μέσα σε ένα ευρύτερο πλαίσιο. Οι περιηγητές επισκέπτονται τους αρχαίους τόπους, πραγματοποιούν επιτόπου μετρήσεις, σημειώνουν παρατηρήσεις και

A2. Ιστοριογραφία της αποτύπωσης



Εικ.1
Ο Ναός του Ηφαίστου (Θησείο) στην Αρχαία Αγορά της Αθήνας, απεικόνιση σε έκδοση του 1682 (el.travelogues.gr).



Εικ.2
Ο Ναός του Ηφαίστου (Θησείο) με τον Λυκαβηττό, απεικόνιση σε έκδοση του 1751-1752 (el.travelogues.gr).



Εικ.3
Ο ναός του Ηφαίστου (Θησείο) από τα βορειοανατολικά, απεικόνιση σε έκδοση του 1895 (el.travelogues.gr).

διεξάγουν έρευνα στη γραπτή και προφορική παράδοση κάθε τόπου, με σκοπό την ερμηνεία (Κουρτζέλλης, 2012).

Οι πρώτες σκέψεις πάνω στις μεθόδους αποτύπωσης διατυπώνονται στα μέσα του 17^{ου} αιώνα, όταν η Βασιλική Σχολή Αρχιτεκτονικής του Παρισιού αναθέτει σε φοιτητές της να αποτυπώσουν τα ιστορικά κτίρια της Ρώμης, δίνοντας οδηγίες ακόμη και σε πρακτικά ζητήματα εξοπλισμού. Παρόλα αυτά, ακόμα δεν έχει διευκρινιστεί το ζήτημα της ακρίβειας των αποτυπώσεων των μνημείων, καθώς οι τάσεις της εποχής υπαγόρευαν προσοχή στις γενικές αναλογίες και την τυπολογία (Τοκμακίδης, 2004). Τον 18^ο αιώνα, παράλληλα με την διαμόρφωση του κλάδου της αρχαιολογίας, εξελίσσεται και η έννοια της αποτύπωσης και το σχέδιο αποκτά σημαντικό ρόλο. Οι ανασκαφές που πραγματοποιούνται είτε για την ανακάλυψη αρχαίων τοποθεσιών, είτε στο πλαίσιο δημοσίων έργων, διακρίνονται και για τις σχεδιαστικές απεικονίσεις της ανασκαφικής διαδικασίας και την επιμέλεια στη σχεδίαση και την τοπογραφική εξάρτησή τους (Κουρτζέλλης, 2012). Ταυτόχρονα, την εποχή αυτή, εκδίδονται έργα που αφορούν στις αρχαιότητες και περιλαμβάνουν σχέδια αρχαίων μνημείων κάθε είδους, στο πλαίσιο κατανόησης του παρελθόντος που διαμορφώνεται ευρύτερα με το κίνημα του Κλασικισμού. Οι αρχιτεκτονικές σχολές, συμβάλλουν στην εξέλιξη της σχεδιαστικής αποτύπωσης, καθώς η μελέτη των αρχαιοτήτων σε χώρες της κεντρικής και δυτικής Ευρώπης επιτυγχάνεται κυρίως μέσω των βιβλίων και των αρχιτεκτονικών σχεδίων. Επιπλέον, η σχεδιαστική αποτύπωση που μέχρι τότε αφορούσε στην κατανόηση του παρελθόντος, βρίσκει εφαρμογή και στο παρόν του ευρωπαϊκού χώρου, καθώς η αρχιτεκτονική των κτιρίων της εποχής επηρεάζεται άμεσα από τις μνημειακές μορφές. Από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, ο ρόλος του αρχιτέκτονα στον τομέα της αρχαιολογίας διαμορφώνεται στην αποτύπωση των αρχαιολογικών καταλοίπων, στην αρχιτεκτονική μελέτη τους και σε ζητήματα που αφορούν την αναστήλωση τους (Πολυχρονοπούλου, 2003).

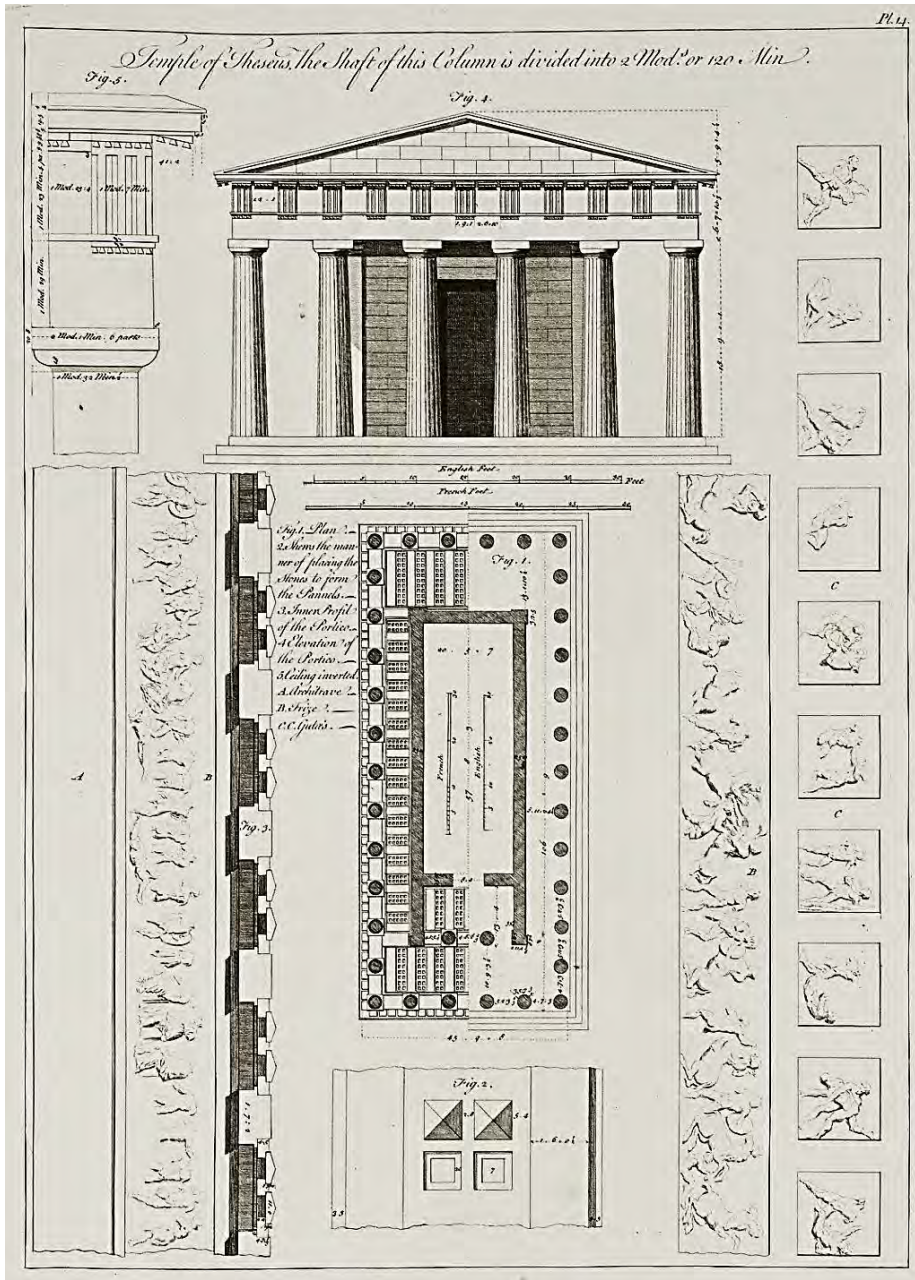
Κατά την ιστορική αυτή εξέλιξη, η αποτύπωση ενός μνημείου ταυτίστηκε με την αρχιτεκτονική αποτύπωση, που σημαίνει τη μέτρηση και το σχεδιασμό σύμφωνα με τις αρχές της παραστατικής γεωμετρίας, με σκοπό την παραγωγή γραμμικών σχεδίων υπό κλίμακα, τόσο των γενικών όσο και των λεπτομερειακών στοιχείων του κτίσματος, με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη αντικειμενικότητα. Εκτός όμως της αποτύπωσης των μνημείων, από της αρχές του 19^{ου} αιώνα, γίνεται αντιληπτή η ανάγκη για διεπιστημονική πρακτική της έρευνας, με αποτέλεσμα στις μεγάλες επιστημονικές αποστολές που συνοδεύουν τις στρατιωτικές εκστρατείες, να συμμετέχουν οι ειδικότητες των γεωγράφων και χαρτογράφων, εκτός των αρχιτεκτόνων και των αρχαιολόγων, υποστηρίζοντας την αντίληψη ότι πρέπει να μελετηθούν «το έδαφος και τα προϊόντα, η ιστορία και τα μνημεία της, οι ακτές, οι παραλίες και οι θάλασσες που τις βρέχουν» (Πολυχρονοπούλου, 2003).

Η επιστήμη της τοπογραφίας, όπως γίνεται κατανοητή στην σημερινή έννοια, αναπτύσσεται τον 18^ο αιώνα, η οποία απαντά στις ανάγκες της διανομής γης και έργων μεγάλης κλίμακας, υλοποιώντας μετρήσεις τριγωνομετρικών δικτύων. Η εξέλιξη της τεχνολογίας, προσφέρει νέα όργανα που αξιοποιούν τηλεμετρικές μεθόδους, όπως το θεοδόλιχο, με αποτέλεσμα η ποιότητα και η ακρίβεια των χαρτών να βελτιώνονται και να αποκτούν ικανοποιητική ακρίβεια. Ο κλάδος της τοπογραφίας αποτελεί εξέλιξη της

A2. Ιστοριογραφία της αποτύπωσης



Εικ.4
Ο Ναός του Ηφαίστου (Θησείο) στην Αρχαία Αγορά της Αθήνας, απεικόνιση σε έκδοση του 1817 (el.travelogues.gr).



Εικ.5
Ο Ναός του Ηφαίστου (Θησείο) στην Αρχαία Αγορά: Κάτοψη και άνοψη. Λεπτομέρειες των φατνωμάτων της οροφής. Τομή της οροφής με λεπτομέρειες των φατνωμάτων Πρόσοψη. Όψη του θριγκού. Οι μετόπες και η ζωφόρος του ναού. Σχέδια σε έκδοση του 1759 (el.travelogues.gr).

χαρτογραφίας, η ιστορία της οποίας χάνεται στα βάθη του χρόνου. Αξίζει να σημειωθεί, ότι ήδη από τον 16^ο αιώνα, η χαρτογραφία με τη συμβολή των μαθηματικών και της αστρονομίας, ασχολείται με την σύνταξη χαρτών μικρής κλίμακας και επιτυγχάνει τον σχεδιασμό του πρώτου γεωδαιτικού χάρτη.

Στις αρχές του 19^{ου} αιώνα, ο τομέας της τοπογραφίας κατέχει όργανα υψηλής ακρίβειας, ενώ έναν αιώνα μετά η ανάπτυξη στον τομέα της Γεωδαισίας θα είναι ραγδαία. Τόσο ο Α΄ Παγκόσμιος Πόλεμος, όσο και η βιομηχανική επανάσταση δημιουργούν τις συνθήκες για την έρευνα σε ζητήματα γεωδαισίας, όσο και στην παραγωγή τοπογραφικών οργάνων. Με τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο, νέες ανάγκες για στρατιωτικούς λόγους δίνουν ώθηση στην επιστημονική έρευνα, με αποτέλεσμα την αξιοποίηση των δυνατοτήτων της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, η οποία αποτελεί σταθμό για την επιστήμη της τοπογραφίας, τόσο για την μέτρηση μηκών, αλλά και για τον γεωγραφικό εντοπισμό θέσεων. Από το 1950 και μετά, η τεχνολογική εξέλιξη είναι αλματώδης, συνδυάζοντας την ανάπτυξη ηλεκτρονικών συστημάτων, με αξιοσημείωτη την ανάπτυξη του Ολοκληρωμένου Γεωδαιτικού Σταθμού (total station) και την χρήση δορυφορικών συστημάτων (GPS) για τον εντοπισμό θέσεων πάνω στην Γη.

Επίσης, από τα μέσα του 19^{ου} αιώνα, αναπτύσσεται ένας νέος επιστημονικός κλάδος, αυτός της Φωτογραμμετρίας, αξιοποιώντας τις δυνατότητες της φωτογραφίας. Το 1859 στην Γαλλία, ο Συνταγματάρχης Α. Laussedat παρουσίασε τον τρόπο προσδιορισμού των συντεταγμένων ενός αντικειμένου με εμπροσθοτομία στον χώρο, από δύο φωτογραφικές λήψεις, ενώ την ίδια περίπου εποχή ο Α. Meydenbauer διεξήγαγε επιτυχή πειράματα στην Γερμανία για την εφαρμογή της φωτογραμμετρίας στις αποτυπώσεις κτιρίων. Το 1901, ο C. Pulfrich, εισάγει την στερεοφωτογραμμετρία, η οποία αποτελεί το υπόβαθρο για την επίτευξη της συνεχούς απόδοσης γραμμών οριζοντιογραφίας και ισοϋψών, από τον E. von Orel, το 1909. Μετά από έρευνες των T. Scheimpflug, M. Gasser, U. Nistri και R. Hugerschoff, το 1923 ο W. Bauersfeld με την κατασκευή του στερεοπλανιγράφου, κατόρθωσε την μεταφορά αυτής της αρχής και τεχνικής απόδοσης από επίγειες λήψεις σε αεροφωτογραφίες. Τις επόμενες δεκαετίες πολλοί κατασκευαστικοί οίκοι



Εικ.6
Φωτογραφία του
Alfred N. Normand
περίπου το 1850,
της δυτικής όψης του
ναού του Ηφαίστου.
Διακρίνονται η
θεμελίωση του ναού,
μεταλλικό κιγκλίδωμα
που υπήρχε στον
οπισθόδομο, καθώς και
περίσφιξη στον ακραίο
κίονα, λόγω βλάβης σε
μεσαίο σφόνδυλο
(Η παλιά Αθήνα).

A2. Ιστοριογραφία της αποτύπωσης

κατασκεύασαν ολοένα και καλύτερα οπτικομηχανικά φωτογραμμετρικά όργανα απόδοσης και μηχανές λήψης, Παράλληλα και κυρίως οι S. Finsterwalder και O.v. Gruber διατύπωσαν τις θεωρητικές αρχές για την παραγωγική χρήση και ευρεία εφαρμογή αυτών των οπτικομηχανικών οργάνων απόδοσης. Η εμπορική αξιοποίηση του μετασχηματισμού ορθοφωτογραφιών από αεροφωτογραφίες επετεύχθη από τον R. K. Bean, το 1955. Η εξέλιξη της ηλεκτρονικής τεχνολογίας στην πληροφορική φέρνει μία νέα εποχή την φωτογραμμετρία, κατά την οποία οι υπολογιστές εκτελούν μεγάλα μέρη της διαδικασίας της φωτογραμμετρικής απόδοσης. Ήδη από την δεκαετία 1950-60, η ολοένα αυξανόμενη υπολογιστική ισχύς επέτρεψε την εξέλιξη της αναλυτικής φωτογραμμετρίας, και παράλληλα η ανάπτυξη αλγορίθμων του αεροτριγωνισμού, ωθεί στην ανεξαρτητοποίηση των φωτογραμμετρικών διαδικασιών από τη μέτρηση πολλών σταθερών σημείων. (Kraus, 2003) Στην σημερινή εποχή, η εξέλιξη της φωτογραμμετρίας χαρακτηρίζεται από τη πολλαπλή χρήση ψηφιακών μέσων, με την χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών και κατάλληλων λογισμικών επεξεργασίας, καθώς και την ενσωμάτωση της ψηφιακής εικόνας στις διαδικασίες.

Η ψηφιακή εποχή προσέδωσε νέες δυνατότητες στην προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς και αποτέλεσε πεδίο συνεργασίας πολλών επιστημονικών κλάδων, όπως αποτέλεσε και το σημείο τομής για την τοπογραφία και την αρχιτεκτονική στο πεδίο της προστασίας και διαχείρισης των μνημείων. Το σημαντικό πλεονέκτημα του ψηφιακού έναντι του αναλογικού, είναι ότι η κωδικοποιημένη ψηφιακή πληροφορία παραμένει ποιοτικά σταθερή στο πέρασμα του χρόνου και η διάδοση και παρουσίασή της επιτυγχάνεται με ευκολία. Τα χαρακτηριστικά αυτά, απαντούν σε θεμελιώδη ζητήματα που αφορούν στην πολιτιστική κληρονομιά, με αποτέλεσμα την αναγκαιότητα της ψηφιοποίησής της, η οποία περιλαμβάνει τον μετασχηματισμό αναλογικών δεδομένων σε ψηφιακή μορφή, την συλλογή ψηφιακών δεδομένων, την επεξεργασία των πληροφοριών και την αρχειοθέτηση και αποθήκευση προς διατήρηση του ψηφιακού περιεχομένου (Γεωργόπουλος, 2017). Οι σύγχρονες μέθοδοι που εφαρμόζονται στα μνημεία περιλαμβάνουν και προσφέρουν την δυνατότητα για την παραγωγή ποικίλων



Εικ.7
Φωτογραφία του Alfred N. Normand περίπου 1850, της ανατολικής όψης του ναού του Ηφαίστου. Διακρίνεται η θεμελίωση του ναού και η διατήρηση του αετώματος πριν τις εργασίες αναστήλωσης (Η παλιά Αθήνα).

τεκμηριωτικών προϊόντων (δισδιάστατες σχεδιαστικές απεικονίσεις, ορθοφωτογραφίες, τρισδιάστατα μοντέλα, εικονικές περιηγήσεις, κ.ά.) με αποτέλεσμα την δημιουργία ενός τεκμηριωμένου ψηφιακού πολιτιστικού αποθέματος.

A3. Βασικές αρχές και μέθοδοι της γεωμετρικής τεκμηρίωσης

Η γεωμετρική τεκμηρίωση ορίζεται ως η διαδικασία συλλογής, επεξεργασίας, απόδοσης και καταχώρισης στοιχείων για τον προσδιορισμό της θέσης και της πραγματικής μορφής, σχήματος και μεγέθους ενός μνημείου στο χώρο των τριών διαστάσεων σε μια δεδομένη χρονική στιγμή. Καταγράφει το παρόν του μνημείου, όπως αυτό προέκυψε στην πορεία του χρόνου και είναι αναγκαίο υπόβαθρο τόσο στις μελέτες που αφορούν στο παρελθόν του ίδιου του μνημείου, όσο και στις μελέτες που αφορούν στο μέλλον του (Γεωργόπουλος, 2017).

Στις βασικές αρχές της γεωμετρικής τεκμηρίωσης καθορίζονται οι επιτρεπόμενες επεμβάσεις στο μνημείο σύμφωνα με Διεθνείς κανόνες και οδηγίες και η ανάγκη για διεπιστημονική προσέγγιση, ώστε να προσδιοριστούν οι τεχνικές προδιαγραφές που απαιτούνται κατά περίπτωση. Τα τελικά προϊόντα πρέπει να ανταποκρίνονται, στην αξία και μορφή του μνημείου, αλλά και στις ανάγκες των χρηστών της γεωμετρικής τεκμηρίωσης που αφορούν στο είδος των επεμβάσεων συντήρησης και αποκατάστασης που πρόκειται να εφαρμοστούν. Επιπλέον, λόγω των πολλαπλών δυνατοτήτων που παρέχουν οι σύγχρονες τεχνολογίες, θα πρέπει να αξιολογείται και να επιλέγεται σε κάθε εφαρμογή η οικονομικά και τεχνικά βέλτιστη λύση, η οποία προσδιορίζεται από παράγοντες όπως το διαθέσιμο χρονικό περιθώριο εκτέλεσης, η δυνατότητα επαφής ή μη του αντικειμένου, η θέση και η κατάσταση διατήρησης του, το μέγεθος και η πολυπλοκότητα του κ.τ.λ.

Εκτός των παραπάνω βασικών αρχών, η γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείων χαρακτηρίζεται από δύο θεμελιώδεις έννοιες την κλίμακα και την ακρίβεια (Γεωργόπουλος, 2017). Τόσο ο βαθμός ακρίβειας όσο και η κλίμακα απόδοσης μια αποτύπωσης αποτελεί συνάρτηση της διατιθέμενης δαπάνης και του σκοπού χρήσης των αποτελεσμάτων. Ιδανική αρχή μιας αποτύπωσης είναι να καλύπτει τον σκοπό για τον οποίο προορίζεται με το μικρότερο δυνατό κόστος και την μέγιστη δυνατή ή απαιτούμενη ακρίβεια, χωρίς να ξεπερνιούνται τα όρια της επιτρεπόμενης ακρίβειας. Η μέγιστη δυνατή ακρίβεια αποτελεί πάντοτε το μεγαλύτερο προσόν μιας αποτύπωσης, το οποίο παρόλο που αποτελεί συνάρτηση πολλών παραγόντων, κατά κύριο λόγο σχετίζεται με την ικανότητα, εξειδίκευση και εμπειρία του ανθρώπου που εκτελεί την εργασία (Χαρκιολάκης, 2011).

Τα παραπάνω κριτήρια και ζητούμενα, προσδιορίζουν και τις κατάλληλες μεθόδους για την συλλογή δεδομένων, οι οποίες διαχωρίζονται σε τρεις ευρύτερες κατηγορίες:

Τοπομετρική μέθοδος, είναι η απλούστερη και παλαιότερη μέθοδος και βασίζεται στην θεωρία των γεωμετρικών κατασκευών με μετρήσεις, κυρίως μηκών. Τα απαραίτητα όργανα για την εφαρμογή της μεθόδου είναι μετροταινίες, αλφάδια, νήμα της στάθμης κτλ. Η μέγιστη ακρίβεια κυμαίνεται μεταξύ 5-10cm. στην κλίμακα 1:50. Ταυτόχρονα εκτός από τις βασικές μετρήσεις, σημειώνονται αποκλίσεις των επιμέρους στοιχείων από την τυπική

A3. Βασικές αρχές και μέθοδοι της γεωμετρικής τεκμηρίωσης

ως προς την κατασκευή διάταξη και καταγράφονται υψομετρικές διαφορές, συχνά με τη χρήση χωροβάτη ή αλφαδολάστιχου. Επιμέρους οικοδομικά στοιχεία ή μορφολογικές λεπτομέρειες σχεδιάζονται ξεχωριστά, συνήθως σε μεγαλύτερη κλίμακα. Η εργασία εκτελείται είτε με την βοήθεια σκαριφημάτων και την αναγραφή των μετρήσεων, είτε με απευθείας σχεδίαση υπό κλίμακα, ενώ παράλληλα σημειώνονται σχετικές περιγραφές και παρατηρήσεις. Επιπλέον, απαραίτητη είναι φωτογραφική τεκμηρίωση όλων των τμημάτων που σχεδιάζονται (Χαρκιολάκης, 2011). Τα δεδομένα που συγκεντρώνονται, υπόκεινται στη συνέχεια σε επεξεργασία μέσω της συνθετικής διαδικασίας και της εμπειρικής γνώσης του αντικειμένου που έχει αποκτηθεί κατά την συλλογή τους. Σημαντικό μειονέκτημα της μεθόδου, είναι τα σφάλματα που μπορεί να προκύψουν από τον ανθρώπινο παράγοντα, τα οποία διαπιστώνονται κατά τις εργασίες γραφείου και δύσκολα μπορούν να περιοριστούν και να καθοριστούν.

Τοπογραφική μέθοδος. Είναι μετρητική μέθοδος που εφαρμόζεται με την χρήση των κλασικών τοπογραφικών οργάνων και του Ολοκληρωμένου Γεωδαιτικού Σταθμού (total station). Η ακρίβεια της μεθόδου κυμαίνεται μεταξύ 1-1,5cm. στην κλίμακα 1:50. Για να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις με τη χρήση γεωδαιτικού σταθμού, ορίζεται ένα κατάλληλο σύστημα αναφοράς πάνω στο οποίο με σκόπευση στα σημεία ενδιαφέροντος, προσδιορίζονται οι συντεταγμένες τους στον τρισδιάστατο χώρο. Η ανακατασκευή της ζητούμενης γεωμετρίας επιτυγχάνεται με την γραφική σύνδεση των χαρακτηριστικών αυτών σημείων, που απαραίτητα ταυτόχρονα με την σκόπευσή τους σημειώνονται σε βοηθητικό σκαρίφημα. Για την εξασφάλιση των σημείων αυτών, εκτός από την αριθμητική και σχεδιαστική καταγραφή τους, γίνεται και φωτογραφική κάλυψή τους (Χαρκιολάκης, 2011). Πλεονέκτημα της μεθόδου αποτελεί η μέτρηση απρόσιτων σημείων, ο γεωγραφικός προσδιορισμός τους, αλλά και η δυνατότητα επιστημονικού ελέγχου του αποτελέσματος για την ικανοποίηση των απαιτήσεων ακρίβειας και αξιοπιστίας. Στις δυσκολίες της μεθόδου περιλαμβάνεται η ανάγκη για επιλογή απόλυτα χαρακτηριστικών και προσδιορισμένων σημείων της γεωμετρίας του αντικειμένου, ώστε στη συνέχεια η γεωμετρία αυτή να μπορεί να αναπαρασταθεί ορθά, καθώς και ότι είναι αδύνατο, για πρακτικούς και οικονομικούς λόγους, να μετρηθούν πολύπλοκες μορφές.

Φωτογραμμετρική μέθοδος. Βασίζεται στην λήψη φωτογραφιών από προσδιορισμένες θέσεις σε σχέση με το αντικείμενο και η αναγωγή τους σε συγκεκριμένες κλίμακες. Η ακρίβεια της μεθόδου κυμαίνεται στα επίπεδα της τοπογραφικής (Χαρκιολάκης, 2011). Σε αυτήν την μέθοδο περιλαμβάνονται πολλές διαφορετικές τεχνικές, με κοινή αρχή την εξαγωγή μετρικής πληροφορίας από την φωτογραφία, και όχι με απευθείας μετρήσεις στο αντικείμενο. Οι φωτογραμμετρικές τεχνικές πλεονεκτούν στο ότι μπορούν να προσδιορίσουν κάθε σημείο του αντικειμένου στο χώρο με ταυτόχρονη απόδοση των ποιοτικών του πληροφοριών, δημιουργώντας μια ολοκληρωμένη αναπαράσταση της υφιστάμενης κατάστασης του μνημείου. Το εύρος των δεδομένων που συλλέγονται προσφέρει μέγιστη αντικειμενικότητα στην τεκμηρίωση, ακόμα και σε επίπεδο λεπτομερειών που στις άλλες μεθόδους θα είχαν παραλειφθεί. Στα πλεονεκτήματα της μεθόδου συμπεριλαμβάνεται και ο μειωμένος χρόνος παραμονής που απαιτείται στο πεδίο, σε αντίθεση με τον χρόνο επεξεργασίας που απαιτείται για τις εργασίες γραφείου, για τις οποίες απαιτούνται ισχυρά υπολογιστικά συστήματα και εξειδικευμένα λογισμικά. Στις αδυναμίες της μεθόδου, συγκαταλέγονται οι περιορισμοί που προκύπτουν λόγω του υλικού ή της

υφής του αντικειμένου, καθώς και οι περιβαλλοντικές και καιρικές συνθήκες που επικρατούν.

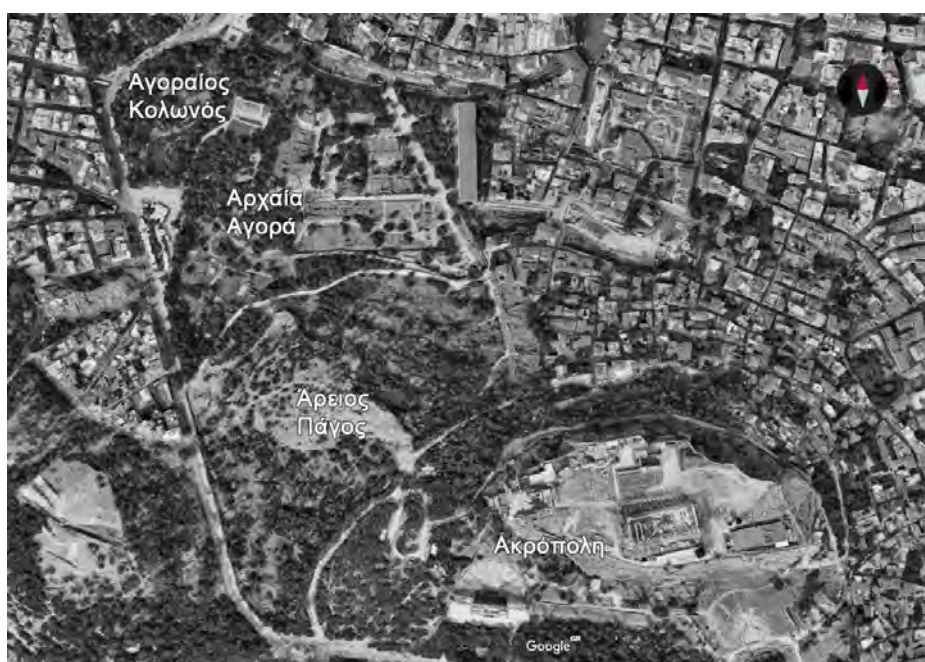
Οι παραπάνω μέθοδοι αν και περιγράφονται ξεχωριστά, διατηρούν μεταξύ τους άμεσους και έμμεσους συσχετισμούς. Ο πιο σαφής σχέση είναι αυτή της τοπογραφικής και φωτογραμμετρικής μεθόδου, στην οποία η τελευταία απαιτεί τη γνώση των συντεταγμένων σταθερών και ευδιάκριτων σημείων, ώστε να επιτευχθεί ο προσανατολισμός και η απόδοση κλίμακας των φωτογραμμετρικών προϊόντων. Αρκετά ξεκάθαρα προσδιορίζεται και η σχέση τοπογραφικής και τοπομετρικής μεθόδου, οι οποίες στην πράξη εκτελούνται συνδυαστικά, με την τοπογραφική μέθοδο να αποσκοπεί στον προσδιορισμό της βασικής γεωμετρίας του αντικειμένου και την τοπομετρική μέθοδο να συμπληρώνει προσθετικά τις μορφολογικές και κατασκευαστικές λεπτομέρειες. Επιπλέον, ως έμμεση σχέση των δύο μεθόδων προσδιορίζεται η απαίτηση για γνώσεις γραμμικού σχεδίου, τόσο για τα απαραίτητα βοηθητικά σκαριφήματα, όσο και για την παραγωγή των τελικών σχεδίων απεικόνισης.

Ιστορική αναδρομή – Κλασικοί ναοί

B1. Η Αρχαία Αγορά των Αθηνών

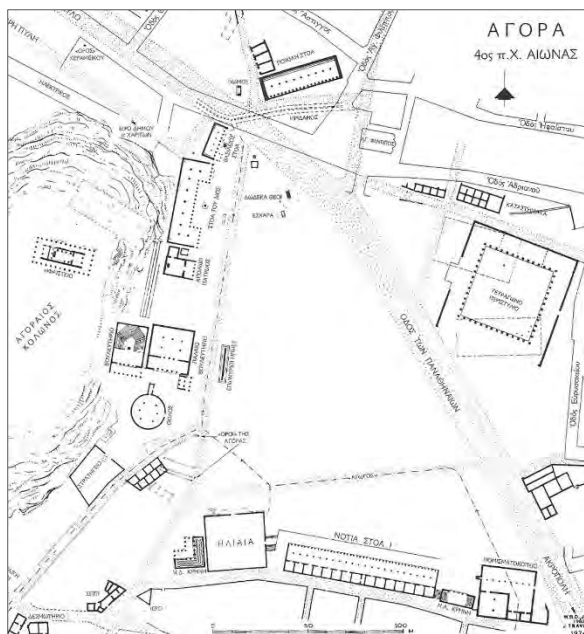
Η αγορά ήταν το κέντρο της κοινωνικής ζωής, η έδρα των διοικητικών και δικαστικών αρχών, ο κύριος τόπος εμπορίου και συναλλαγών. Βρίσκεται στους βόρειους πρόποδες του Αρείου Πάγου και βορειοδυτικά της Ακρόπολης και την διέσχιζε η οδός των Παναθηναίων, η οποία οδηγούσε από την κύρια πύλη της πόλης, το Δίπυλο, στην Ακρόπολη (Φιλαδέλφειας, 1994). Στην αρχαία Αθήνα, η αγορά καταλάμβανε έκταση περίπου σαράντα στρεμμάτων, όπου υπήρχαν συγκεντρωμένα πλήθος δημόσιων κτιρίων και μνημείων, που υποδήλωναν τον εξαιρετικό πλούτο και την εντατική πολιτιστική ανάπτυξη της πόλης (Φιλαδέλφειας, 1994). Μέσα στο χρόνο διακρίνονται πλήθος οικοδομικών φάσεων στον χώρο της, η αλληλουχία των οποίων αντικατοπτρίζει την εξελικτική πορεία του δημοκρατικού πολιτεύματος στους πέντε αιώνες ύπαρξης της πόλεως-κράτους (odysseus.culture.gr).

Χρονολογικά η περιοχή χρησιμοποιήθηκε ως δημόσιος χώρος από τον 6^ο π.Χ. αιώνα, με τα πρώτα κτίρια, η Νοτιοανατολική Κρήνη και ο Βωμός των Δώδεκα Θεών, να οικοδομούνται το 520 π.Χ., την εποχή της τυραννίδας των Πεισιστρατιδών. Η έντονη οικοδομική δραστηριότητα ξεκίνησε το 508/7 π.Χ., όταν το πολίτευμα γίνεται δημοκρατικό, οπότε και κατασκευάστηκαν το Παλιό Βουλευτήριο για τη νέα Βουλή και η Βασιλείος Στοά, έδρα του Άρχοντα Βασιλέα (odysseus.culture.gr). Το 480/479 π.Χ., ο χώρος της Αγοράς λεηλατήθηκε από τα περσικά στρατεύματα που κατέστρεψαν πολλά από τα οικοδομήματά της. Από τα μισά του 5^{ου} π.Χ. αιώνα και σε συνέχεια τον 4^ο αιώνα, παρατηρείται έντονη ανοικοδόμηση, η οποία συνδέεται άμεσα με την ακμή της Δημοκρατίας. Την εποχή αυτή χτίζονται η Ποικίλη Στοά, η Θόλος, το Νέο Βουλευτήριο, η Στοά του Διός Ελευθέριου, Ν. Στοά Ι, το

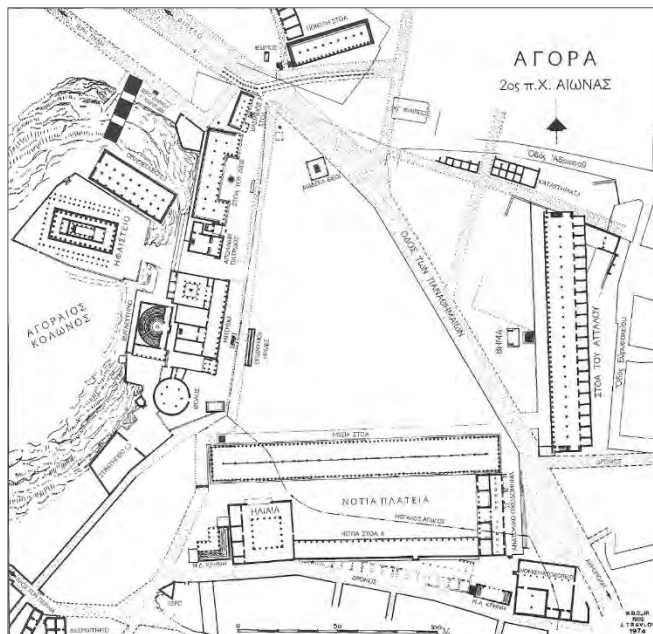


Εικ.8
Χάρτης της θέσης της Αρχαίας Αγοράς σε σχέση με τον λόφο του Άρειου Πάγου και της Ακρόπολης (Google Earth, 2018).

Κεφάλαιο Β: Ιστορική αναδρομή – Κλασικοί ναοί

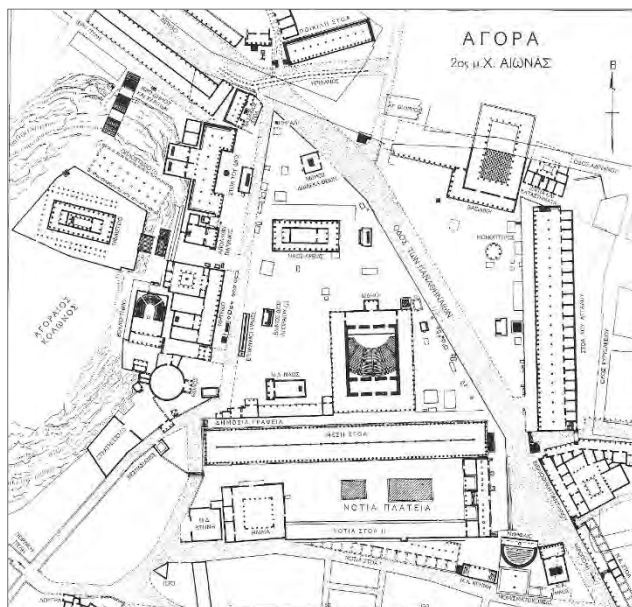


Εικ.9
Ο χώρος της Αγοράς, γύρω στο 300π.Χ. (Camp, 2004).

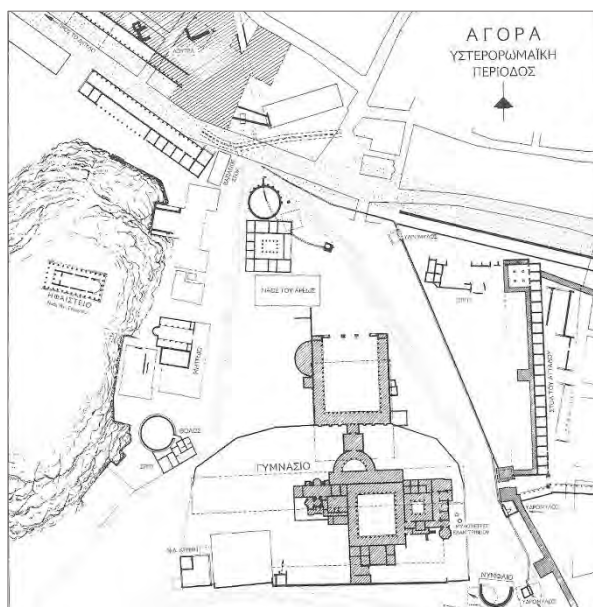


Εικ.10

Η Αγορά γύρω στα 150π.Χ. Την περίοδο αυτή προστέθηκαν η Στοά του Αττάλου, οι στοές της Νότιας Πλατείας, το Μητρώο και το Οπλοστάσιο στα βόρεια του Ηφαιστείου (Camp, 2004).



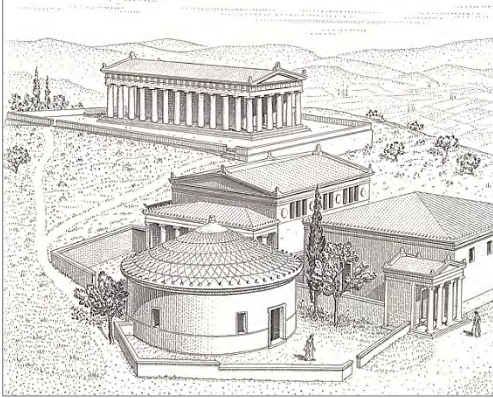
Εικ.11
Η Αγορά κατά τον 2^ο μ.Χ. αιώνα, στο αποκορύφωμα της. Διακρίνεται ο ναός του Άρεως, που μεταφέρθηκε στον κεντρικό χώρο της (Camp, 2004).



Εικ.12

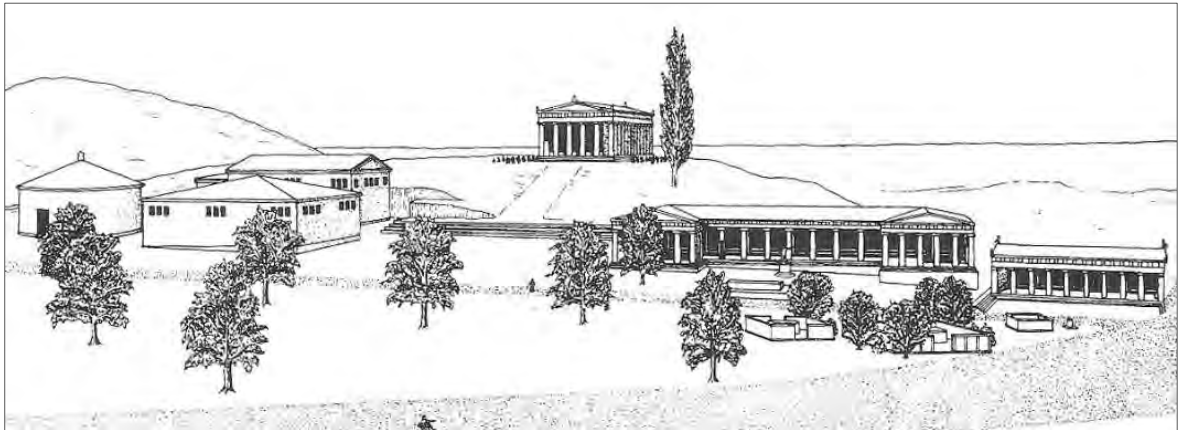
Η Αγορά κατά την ύστερη Ρωμαϊκή περίοδο, με την ανάπτυξη επαύλεων στον χώρο της. Ο ναός του Ηφαιστίου έχει μετατραπεί σε εκκλησία του Αγ. Γεωργίου (Camp, 2004).

Β1. Η Αρχαία Αγορά των Αθηνών



Εικ.13, 14

Σχεδιαστική αναπαράσταση και πρόπλασμα του δυτικού τμήματος της Αγοράς. Διακρίνεται η αλλαγή στον τρόπο προσέγγισης του ναού του Ηφαίστου, και αντίστοιχα η τροποποίηση του περιβάλλοντος του. Με την εξέλιξη της Αγοράς, ο ναός αποκτά άμεση πρόσβαση, με αποτέλεσμα την αξονική προσέγγιση και θέαση της ανατολικής του όψης (<http://www.eie.gr>).

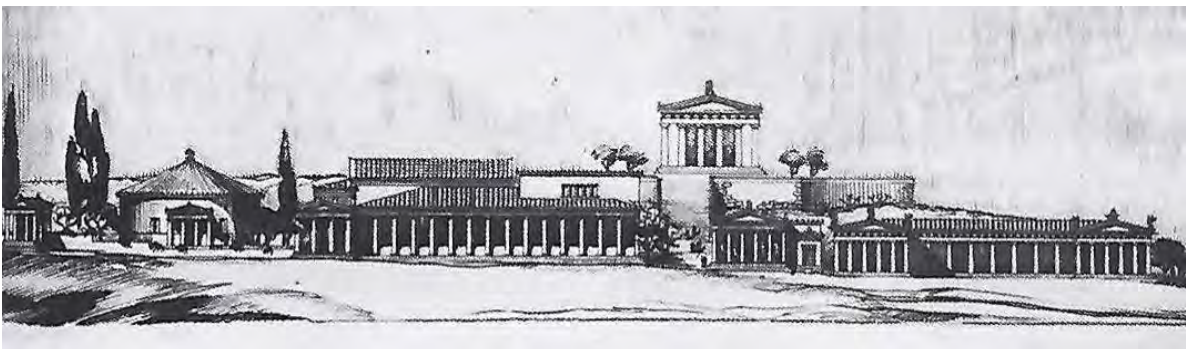


Εικ.15

Αναπαράσταση της δυτικής πλευράς της αγοράς, γύρω στο 400 π.Χ. Στην κορυφή του λόφου, ο ναός του Ηφαίστου. Μπροστά διακρίνεται η Οδός των Παναθηναίων, και από αριστερά προς τα δεξιά: η Θόλος, το Παλαιό Βουλευτήριο, πιο πίσω το Μητρώο, το Νέο Βουλευτήριο, το Συνέδριο, η Στοά του Διός και η Βασιλειος Στοά (Camp, 2004).

Εικ.16

Αναπαράσταση της δυτικής πλευράς της αγοράς, τον 2^ο μ.Χ. αιώνα. Στην κορυφή του λόφου, ο ναός του Ηφαίστου (Τραυλός, 2005).



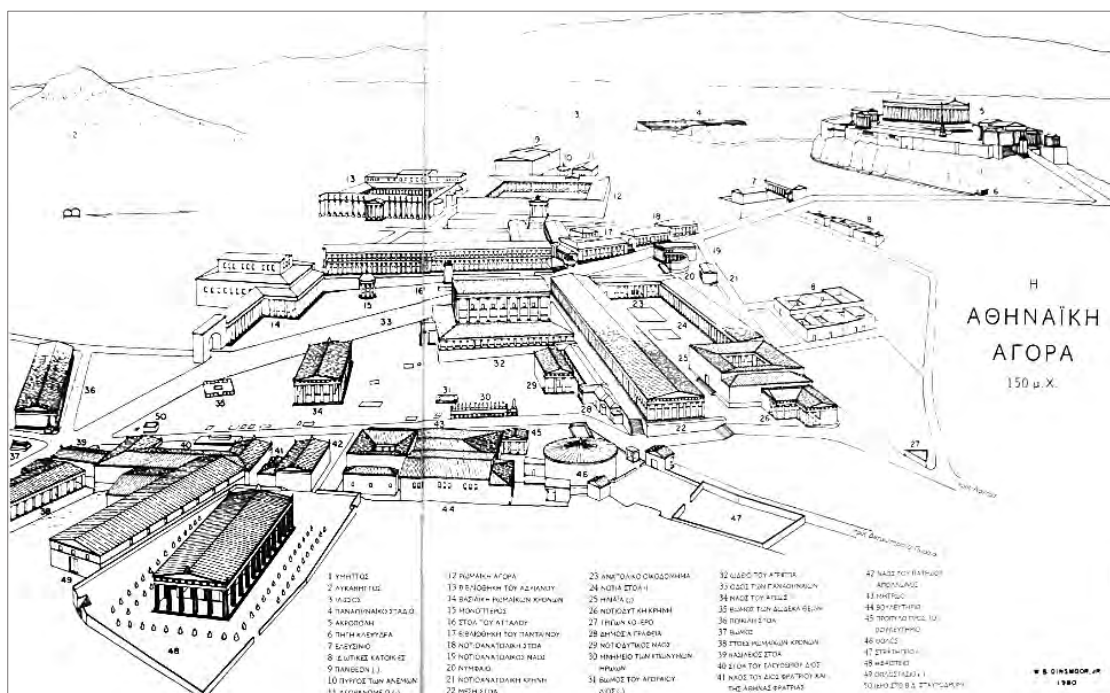
Νομισματοκοπείο, τα Δικαστήρια, ο Ναός του Ηφαίστου, ο Ναός του Απόλλωνα Πατρώου, η Νοτιοδυτική κρήνη κ.ά (odysseus.culture.gr).

Μετά την περίοδο παρακμής της πόλης λόγω της ανάπτυξης του βασιλείου της Μακεδονίας, τον 2^ο π.Χ. αιώνα, στην περιοχή της Αγοράς ανεγείρονται τα τρία στωικά οικοδομήματα: η Μεσαία Στοά, η Νότια Στοά II και η Στοά του Αττάλου, προσδίδοντας νέα μορφή στον χώρο (odysseus.culture.gr). Στους επόμενους αιώνες ακολούθησε η λεηλασία της αγοράς από τα στρατεύματα του Σύλλα το 86 π.Χ., αλλά και η περίοδος ακμής κατά τους χρόνους της ρωμαϊκής αυτοκρατορίας, με την ανοικοδόμηση του Ωδείου, του Νοτιοδυτικού και Νοτιοανατολικού ναού και την μεταφορά του Ναού του Άρη από την Παλλήνη (odysseus.culture.gr). Τα οικοδομήματα της Αγοράς καταστρέφονται ολοκληρωτικά με την λεηλασία τους από του Ερούλους, το 267 μ.Χ., και το οικοδομικό υλικό στη συνέχεια επαναχρησιμοποιείται για την κατασκευή του νέου οχυρωματικού τείχους της πόλης, το οποίο περιέκλειε την Ακρόπολη και μια περιοχή προς τα βόρεια (Φιλαδέλφεως, 1994). Κατά των 5^ο και 6^ο αιώνα, παρατηρείται μια βραχυπρόθεσμη ανοικοδόμηση του χώρου από πολυτελή συγκροτήματα αστικών επαύλεων, με την οριστική παρακμή στα τέλη του 6^{ου} αι. μ.Χ., μετά από αλληπάλληλες επιθέσεις βαρβαρικών φύλων (odysseus.culture.gr).

Τον 10^ο αιώνα, μετά από μία ανενεργή περίοδο τεσσάρων αιώνων, στον χώρο της Αγοράς αναπτύσσεται μία εκτεταμένη συνοικία ιδιωτικών κατοικιών με κέντρο την βυζαντινή εκκλησία των Αγίων Αποστόλων, που χρονολογείται στις αρχές του 11^{ου} αιώνα. Οι οικίες αυτές ανοικοδομούνται ξανά και ξανά, ύστερα από επιδρομές των Φράγκων, Οθωμανών και Ενετών, με αποτέλεσμα τα αρχαία κατάλοιπα να βρίσκονται περίπου 8μ. κάτω από την επιφάνεια του εδάφους (Mauzy, 2006). Η τελευταία καταστροφή της συνοικίας χρονολογείται το 1826, ως συνέπεια της πολιορκίας της Ακρόπολης στη

Εικ.17

Σχεδιαστική αναπαράσταση των οικοδομημάτων της αγοράς, όπως θα φαινόνταν γύρω στο 150μ.Χ. από τα δυτικά. Κάτω αριστερά ο ναός του Ηφαίστου, πάνω δεξιά η Ακρόπολη (Camp, 2004).



B1. Η Αρχαία Αγορά των Αθηνών

διάρκεια της Ελληνικής επανάστασης, και ξαναχτίζεται, προσφέροντας όμως τη δυνατότητα για περιορισμένης έκτασης αρχαιολογικές έρευνες, οι οποίες αποκαλύπτουν τμήματα της αρχαίας Αγοράς (Mauzy, 2006). Το διάστημα από το 1859 έως το 1912, η Ελληνική Αρχαιολογική Εταιρεία και το Γερμανικό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο πραγματοποιούν ανασκαφές στον χώρο της Στοάς του Αττάλου και σε τμήμα της δυτικής πλευράς της Αγοράς, ενώ κατά την κατασκευή της σιδηροδρομικής γραμμής του Ηλεκτρικού Σιδηρόδρομου Αθήνας-Πειραιά, το 1891, αποκαλύπτεται το βόρειο τμήμα, το οποίο και κόβεται στα δύο (Travlos, 1971).

Η αποκάλυψη του συνολικού αρχαιολογικού χώρου πραγματοποιείται από την Αμερικάνικη Σχολή Κλασικών Σπουδών, που αναλαμβάνει να διεξαγάγει την συστηματική ανασκαφή της αρχαίας Αγοράς μετά από ανάθεση της ελληνικής κυβέρνησης, η οποία προχωρά σε αυτήν την απόφαση κυρίως λόγω του μεγάλου κόστους των απαλλοτριώσεων που ήταν απαραίτητες (Mauzy, 2006). Οι εργασίες ξεκινούν το 1931, με την κατεδάφιση ολόκληρης της συνοικίας, έκτασης περίπου 130 στρεμμάτων, και στη συνέχεια με τις συστηματικές ανασκαφές, οι οποίες ολοκληρώνονται στα τέλη της δεκαετίας του 1960. Στον χώρο της Αρχαίας Αγοράς εκτός από την ανασκαφική διαδικασία, πραγματοποιούνται ακόμα δύο φιλόδοξα εγχειρήματα, η μετατροπή του ανασκαμμένου χώρου σε αρχαιολογικό πάρκο και η αναστήλωση της Στοάς του Αττάλου.

Η τεράστια ποσότητα αρχαιολογικών ευρημάτων από τον χώρο της Αρχαίας Αγοράς, οδηγεί στην ανάγκη για την ανέγερση ενός μουσείου και χώρων φύλαξης. Στο πλαίσιο της αναζήτησης της κατάλληλης θέσης, προτείνεται και υλοποιείται η λύση της αναστήλωσης της Στοάς του Αττάλου. Σημαντικός παράγοντας για την επιλογή της αναστήλωσης του αποτελεί το μέγεθος του, η θέση του μέσα στον ανασκαφικό χώρο αλλά και το γεγονός ότι διασώθηκαν επαρκή αρχιτεκτονικά κατάλοιπα που επέτρεπαν την ακριβή ανακατασκευή του και την αποκατάσταση του αρχικού του ύψους. Πρόκειται για ένα μεγάλο διώροφο κτίριο με διπλές κιονοστοιχίες και σειρές καταστημάτων στο πίσω μέρος, συνολικού μήκους 116 m., κατασκευασμένο από μάρμαρο και ασβεστόλιθο. Αποτελούσε το κυριότερο εμπορικό κτίριο της Αγοράς, το οποίο λειτουργούσε από το 150 π.Χ. έως και την καταστροφή του το 267 μ.Χ. Η ανακατασκευή της Στοάς διήρκησε ολοκληρώθηκε το 1956, και εκτός της κάλυψης των αναγκών του μουσείου, οριοθέτησε προς τα ανατολικά τον χώρο της Αγοράς αποκαθιστώντας μέρος της αρχαίας εικόνας και επέτρεψε στον επισκέπτη να αντιληφθεί την σημασία της αρχιτεκτονικής της μορφής (Mauzy, 2006).



Εικ.18
Άποψη του Ηφαιστείου
από τα δυτικά, με φόντο
την Ακρόπολη
(Agora.ascsa.net).

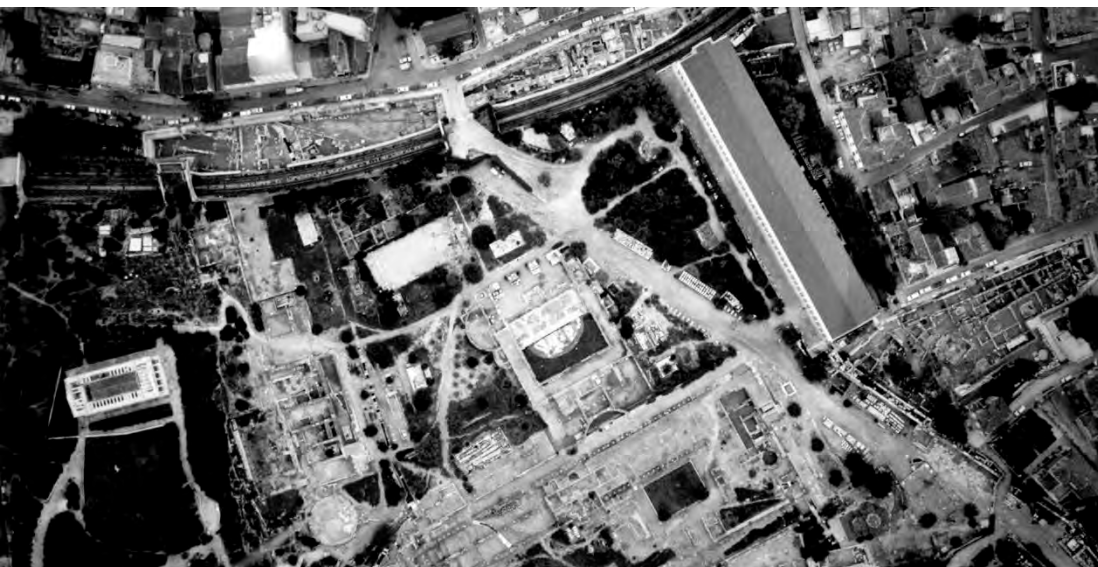


Εικ.19
Άποψη της περιοχής γύρω από το ναό του Ηφαίστου, το 1912, πριν την έναρξη των ανασκαφών (Agora.ascsa.net).



Εικ.20
Άποψη της αρχαίας αγοράς και του Ηφαιστείου το 1954, πριν την κατεδάφιση του τοίχου στα ανατολικά του (Agora.ascsa.net).

Εικ. 21
Αεροφωτογραφία του αρχαιολογικού πάρκου της Αρχαίας Αγοράς, το 1975. Το επίμηκες κτίριο που διακρίνεται επάνω δεξιά είναι η Στοά του Αττάλου, ενώ αριστερά είναι ο ναός του Ηφαίστου (Agora.ascsa.net).



B2. Ναοί της Κλασικής εποχής

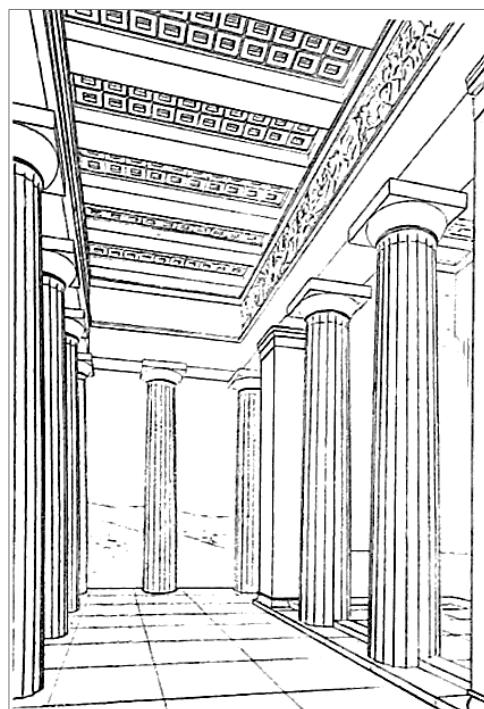
Κατά τον 5^ο αι. π.Χ. η εξέλιξη της αρχιτεκτονικής βρίσκεται σε άμεση συνάφεια με τα μεγάλα ιστορικά γεγονότα της εποχής, δημιουργώντας τις συνθήκες για την ανάπτυξη της ελληνικής πνευματικής δημιουργίας και τον προσδιορισμό της «κλασικής» εποχής η οποία περικλείει τα χαρακτηριστικά και τις αρετές ενός τέλει έργου (Μαστραπάς, 1994). Τα αρχιτεκτονικά επιτεύγματα θα σταθούν πρότυπα σε όλη τη μετέπειτα προσπάθεια των δημιουργών που θα συνδυάσουν την «ανάγκη» με το «ωραίο».

Ο ναός, που είναι κατεξοχήν αρχιτεκτονική κατασκευή, έχει διαμορφωθεί ως οικοδόμημα ανοιγμένο προς το χώρο, καθώς ο κοινωνικός ρόλος του εσωτερικού του ναού είναι περιορισμένος με αποτέλεσμα να μη τύχει ιδιαίτερης μέριμνας, χωρίς να αποκλείονται εξαιρέσεις. Από τις αρχές του 5^{ου} αι. π.Χ., η αντίληψη αυτή αλλάζει, και οι αρχιτέκτονες ασχολούνται με τον εσωτερικό χώρο των ναών, αφού πολλές φορές στον χώρο αυτό τοποθετούνται μεγαλειώδη αγάλματα. Η συνεχής βελτίωση της γνώσης του χώρου σε σχέση με τις διαστάσεις του ελληνικού ναού οδήγησε σε δημιουργήματα, στα οποία αντιπροσωπεύεται το ιδεώδες των αρχιτεκτόνων με τον ιδανικό συνδυασμό των δύο ρυθμών. Στοιχεία του δωρικού και του ιωνικού ρυθμού συνδυάζονται σε ισορροπία ώστε να παρέχουν ένα τέλει λειτουργικό και αισθητικό αποτέλεσμα (Μαστραπάς, 1994).

Οι ναοί της πρώιμης κλασικής περιόδου (500-450/447 π.Χ.) αποτελούν εξελικτικές βαθμίδες και προετοιμάζουν διαδοχικά την εξέλιξη στην αρχιτεκτονική γνώση, η οποία ολοκληρώνεται με την κατασκευή ενός μνημείου όπως ο Παρθενώνας. Κατά την ώριμη κλασική περίοδο (450/447 - 400 π.Χ.), στην οποία ανήκει, κατασκευάζονται τέσσερις σχεδόν παρόμοιοι ναοί στην Αττική, που εκφράζουν τα χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής σύνθεσης της εποχής: ο Ναός του Ηφαίστου, ο Ναός της Αθηνάς Παλληνίδος ή του Άρεως των Αχαρνών, ο Ναός Ποσειδώνος Σουνίου και ο Ναός Νεμέσεως Ραμνούντος.

Ο **Ναός του Ηφαίστου**, οποίος αναλύεται λεπτομερώς στα επόμενα κεφάλαια, παρουσιάζεται εδώ συνοπτικά ώστε να είναι δυνατή η συγκριτική θεώρηση των τεσσάρων αυτών μνημείων. Κατασκευάστηκε το χρονικό διάστημα 460-415 π.Χ. και αποτελεί δωρικό εξάστυλο ναό με δεκατρείς κίονες στις πλευρές και σηκό που διαθέτει δίστυλες εν παραστάσι προσόψεις και εσωτερική κιονοστοιχία. Χαρακτηριστικό του ναού είναι ο σχεδιασμός του πτερού, το οποίο είναι στενό μόνο στις μακρές πλευρές του, ενώ στην ανατολική πλευρά είναι ευρύτερο με αποτέλεσμα να γίνεται αντιληπτό ως αυτονομημένος χώρος. Κατασκευαστικά, η διαμόρφωση αυτή επιτυγχάνεται με την ακριβή αντιστοίχιση της ανατολικής πρόσοψης του σηκού προς τον τρίτο βόρειο και τρίτο νότιο κίονα της περιστάσεως, η οποία επιτρέπει και τη συνάντηση του επιστυλίου του σηκού και της περιστάσεως επάνω στους ίδιους κίονες με αποτέλεσμα τη διαμόρφωση ολόπλευρου και ενιαίου αρχιτεκτονικού πλαισίου στο τμήμα αυτό. Η ιδιαιτερότητα του χώρου

Εικ.22
Αναπαράσταση του ανατολικού πτερού και του πρόναου, στον ναό του Ηφαίστου (Κορρές, 2000).



αυτού τονίζεται και εξωτερικά στις όψεις του ναού με την παρουσία γλυπτών μετοπών μόνο σε αντιστοιχία με αυτόν. Αρχιτεκτονικά, ο ναός του Ηφαίστου ακολουθεί σε κάποια σημεία την αρχιτεκτονική του Προ-παρθενώνος: η πρώτη βαθμίδα της κρηπίδας δεν είναι μαρμάρινη και οι τοίχοι του σηκού, προς το πτερόν, έχουν βάση μορφής λεσβίου κυματίου. Στο εσωτερικό του σηκού υπήρχε κιονοστοιχία, η οποία δεν υπήρχε στον αρχικό σχεδιασμό και προστέθηκε κατά την διάρκεια κατασκευής του ναού, διάταξη που μαρτυρεί την επίδραση από την εσωτερική διαρρύθμιση του Παρθενώνα (Κορρές, 2000).

Ο Ναός της Αθηνάς Παλληνίδος ή του Άρεως των Αχαρνών. Η κατασκευή του τοποθετείται την περίοδο 440-436 π.Χ., αμέσως μετά τον ναό του Ηφαίστου. Πρόκειται για μαρμάρινο εξάστυλο δωρικό ναό με χαρακτηριστική τη διαπλατυσμένη διαμόρφωση του ανατολικού και δυτικού πτερού, όπως αντίστοιχα συμβαίνει στο ανατολικό πτερό του ναού του Ηφαίστου. Στο εσωτερικό του σηκού, σχεδιάζονται κιονοστοιχίες εξαρχής που υποστηρίζουν την μαρμάρινη οροφή, η οποία κατασκευάζεται και στον εσωτερικό χώρο. Μαρμάρινη είναι και η κρηπίδα του ναού, όπως και η ευθυντηρία, ενώ στον ναό του Ηφαίστου και στον Προ-παρθενώνα, ο πρώτος αναβαθμός δεν είναι μαρμάρινος. Τον 1^ο αι. π.Χ. επί Αυγούστου, ο ναός μεταφέρθηκε στον χώρο της Αρχαίας Αγοράς, όπως αναφέρει ο Πausanias, όπου εκτός από την λατρεία της Αθηνάς, στέγασε και εκείνην του Άρεως και της Αφροδίτης (Κορρές, 2000). Η αρχική θέση του ναού στην Αττική παραμένει άγνωστη, όμως έχουν διατυπωθεί θεωρίες ότι προήρθε από την Παλλήνη ή τις Αχαρνές. (Μαστραπάς, 1994, www.eie.gr).

Ο Ναός Ποσειδώνος Σουνίου. Χτίστηκε το διάστημα 444-440 π.Χ. επάνω στη θεμελίωση ενός πρωιμότερου αρχαϊκού ναού (Μαστραπάς, 1994). Είναι δωρικός περίπτερος, με πρόναο και οπισθόδομο δίστυλους «εν παραστάσι», όμοιος με τον Ναό του Ηφαίστου. Το ανατολικό του πτερό διαμορφώνεται ευρύτερο σε πλάτος, στο οποίο υπάρχει ιωνική ζωφόρος που αναπτύσσεται σε όλες τις πλευρές του χώρου. Άλλο ιδιαίτερο στοιχείο της διάταξης σε επίπεδο κάτοψης, αποτελεί το πλάτος του δυτικού πτερού, το οποίο είναι ευρύτερο του ανατολικού, ίσως για λειτουργικούς λόγους, ενώ στο εσωτερικό του σηκού δεν υπήρχαν κιονοστοιχίες, όπως στο αρχικό σχέδιο του ναού του Ηφαίστου. Οι κίονές του διακρίνονται για την λεπτότητά τους και για τον ασυνήθιστο αριθμό ραβδώσεων καθώς έχουν μόνο δεκάξι ραβδώσεις αντί είκοσι. Οι τοίχοι διαθέτουν ιδιαίτερη βάση απλής ορθογώνιας διατομής, η οποία στις παραστάδες εμπλουτίζεται με λέσβιο κυμάτιο και ιωνικά επίκρανα, παρόμοια με τον ναό του Ηφαίστου. Ιδιαίτερη επίστεψη λαμβάνουν και τα κιονόκρανα του πρόναου, στα οποία σχηματίζεται ένα πολύ λεπτό λέσβιο κυμάτιο στο άνω μέρος του άβακα (Κορρές, 2000). Τα αετώματά του είχαν γλυπτή διακόσμηση, σε αντίθεση με τις μετόπες που έμεναν ακόσμητες (Μαστραπάς, 1994), ενώ ένας πλούτος γραπτών κοσμημάτων, στα επιστύλια, τα υποδόκια, στη σίμα και αλλού τόνιζε την σπουδαιότητα του έργου.

Β2. Ναοί της Κλασικής εποχής

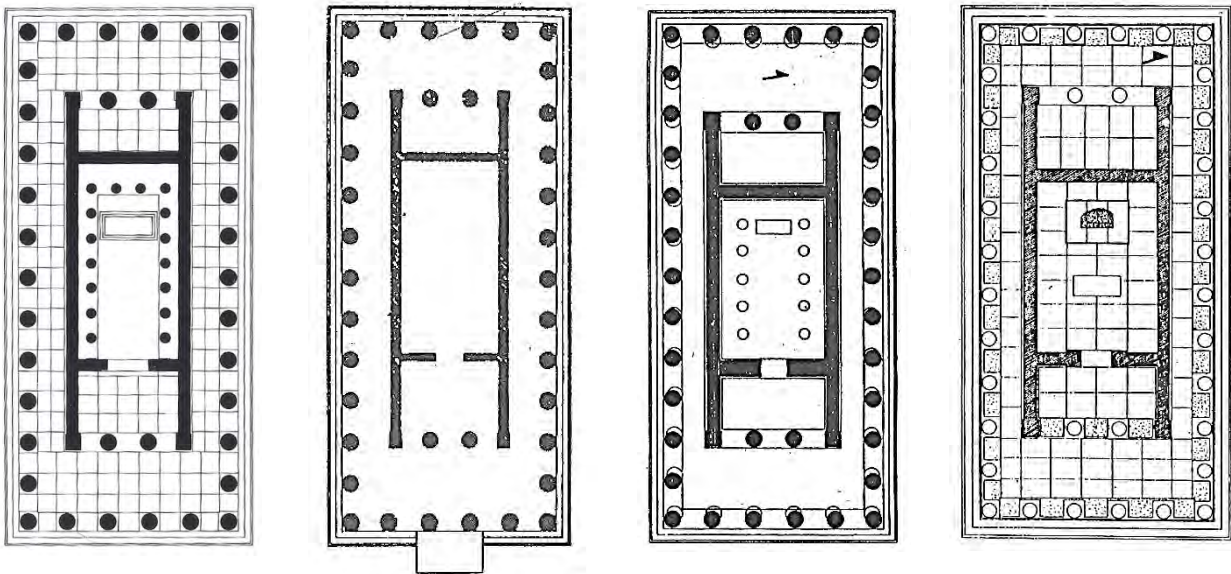
Ο Ναός Νεμέσεως Ραμνούντος. Η κατασκευή του τοποθετείται στο διάστημα 436-432 π.Χ. (Μαστραπάς, 1994) και αν και μικρότερος σε διαστάσεις έχει την ίδια διάταξη με τους προηγούμενους. Η κατασκευή του περατώθηκε σε μικρό χρονικό διάστημα σε όλο το ανώτερο μέρος του, από τα ακρωτήρια έως και τα κιονόκρανα και επίκρανα, συμπεριλαμβανομένων και των γραπτών κοσμήσεων, όμως χαμηλότερα το κτίριο παρέμεινε ημιτελές. Οι κορμοί των κίωνων διατηρούνται αρράβδωτοι και η κρηπίδα δεν έχει λαξευτεί ως τις τελικές επιφάνειες.

Η παρουσία κοινών γνωρισμάτων σε αυτούς τους εξάστυλους δωρικούς ναούς με το ευρύχωρο ανατολικό πτερό οδήγησε στην υπόθεση πολλών μελετητών ότι και οι τέσσερις είναι έργα ενός αρχιτέκτονα. Εκτός όμως από τα κοινά στοιχεία που διαθέτουν, παρουσιάζουν και απaráβλεπτες διαφορές. Ο ναός του Ηφαίστου έχει γλυπτή ζωφόρο μόνο επάνω από τις προστάσεις, ενώ ο ναός του Ποσειδώνος είχε γλυπτή ζωφόρο σε όλες τις πλευρές του πρόναου. Στον ναό του Ηφαίστου και στον ναό της Νεμέσεως το δυτικό πτερό είναι στενότερο του ανατολικού, ενώ στον Ναό του Ποσειδώνος είναι πλατύτερο. Στον ναό του Ποσειδώνος ο χώρος του οπισθόδομου είναι ίσος προς τον χώρο του πρόναου, στον ναό του Ηφαίστου ο οπισθόδομος έχει μικρότερο βάθος, ενώ στο ναό της Νεμέσεως έχει μεγαλύτερο βάθος από τον χώρο του πρόναου (Κορρές, 2000).

Έργα του ίδιου ή διαφορετικών αρχιτεκτόνων, οι ναοί αυτοί αποτελούν αξιοθαύμαστα οικοδομήματα της κλασικής αττικής ναοδομίας, προάγγελοι του Παρθενώνα, με ξεχωριστό τον ναό του Ηφαίστου, ο οποίος κυριολεκτικά και μεταφορικά βρίσκεται στην σκιά του.

Εικ.23

Από αριστερά προς δεξιά: Σκαριφήματα κατόψεων: Ναός Ηφαίστου, Ναός Άρεως Αχαρνών, Ναός Ποσειδώνος Σουνίου, Νεμέσεως Ραμνούντος (Μαστραπάς, 1994).

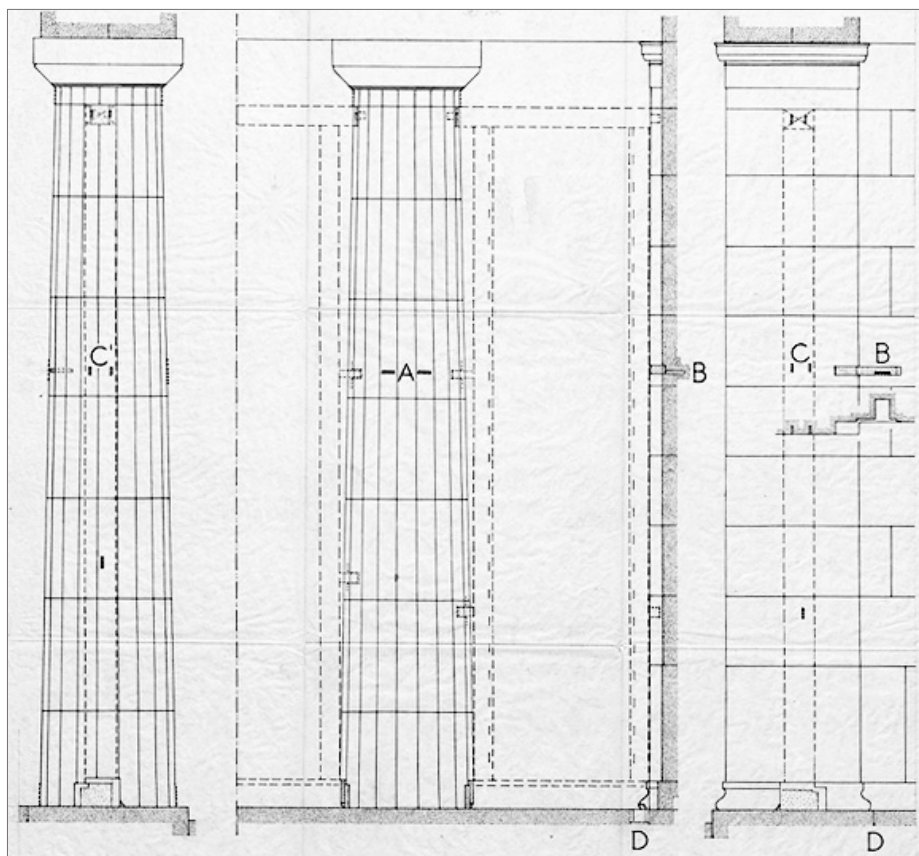


Β3. Η αρχιτεκτονική του δωρικού ρυθμού

Ο κανονικός δωρικός ρυθμός χαρακτηρίζεται από στιβαρότητα και έχει κάποια αυστηρότητα στις γεωμετρικές γραμμές του, η οποία παραπέμπει στην σταδιακή μετάβαση της αρχιτεκτονικής από ξύλο στην αρχιτεκτονική από λίθο και σηματοδοτεί πάνω από όλα τη στατική λειτουργία του (Hellmann, 2003).

Το κατώτερο τμήμα ενός κλασικού ναού του δωρικού ρυθμού είναι ο στερεοβάτης, δηλαδή το θεμέλιό του, το οποίο σε πολλές περιπτώσεις διαμορφώνεται πάνω στον φυσικό βράχο, ο οποίος ισοπεδώνεται κατάλληλα και στην συνέχεια γίνεται η στρώση των λίθων των θεμελίων. Η ανώτερη στρώση των θεμελίων, η λεγόμενη ευθυντηρία, λειαινόταν διαμορφώνοντας ένα οριζόντιο επίπεδο πάνω στο οποίο γινόταν η χάραξη της ανωδομής και ταυτόχρονα οι πλαινές ακμές της χρησίμευαν για την οριζόντια καταμέτρηση και την ενδεχόμενη σήμανση μια καμπυλότητας (Muller-Wiener, 1995). Στην ευθυντηρία εδράζεται η τρίβαθμη κρηπίδα, η ανώτερη βαθμίδα της οποίας ονομάζεται στυλοβάτης, καθώς πάνω σε αυτήν εδράζονται οι κίονες. Ο στυλοβάτης κατασκευάζεται από συγκεκριμένων διαστάσεων πλάκες, έτσι ώστε εναλλάξ να υπάρχει μία πλάκα που φέρει έναν κίονα και μία πλάκα στο ενδιάμεσο (Hellmann, 2003).

Ο δωρικός κίονας διαμορφώνεται σε δύο μέρη, τον κορμό και την στέψη, και δεν έχει βάση. Στην κλασική εποχή, ο κορμός του έχει ελαφρώς κολουροκωνικό σχήμα και αποτελείται από επάλληλους σπονδύλους, που έχουν κατά μέσο όρο είκοσι ραβδώσεις, καμπύλης τομής λαξεύματα που καταλήγαν μεταξύ τους σε οξείες ακμές. Οι ραβδώσεις λαξεύονταν μετά την τοποθέτηση των σπονδύλων για να υπάρχει τέλεια ευθυγράμμιση, και η χάραξη των είκοσι ραβδώσεων που πρακτικά προερχόταν από το δεκάγωνο,



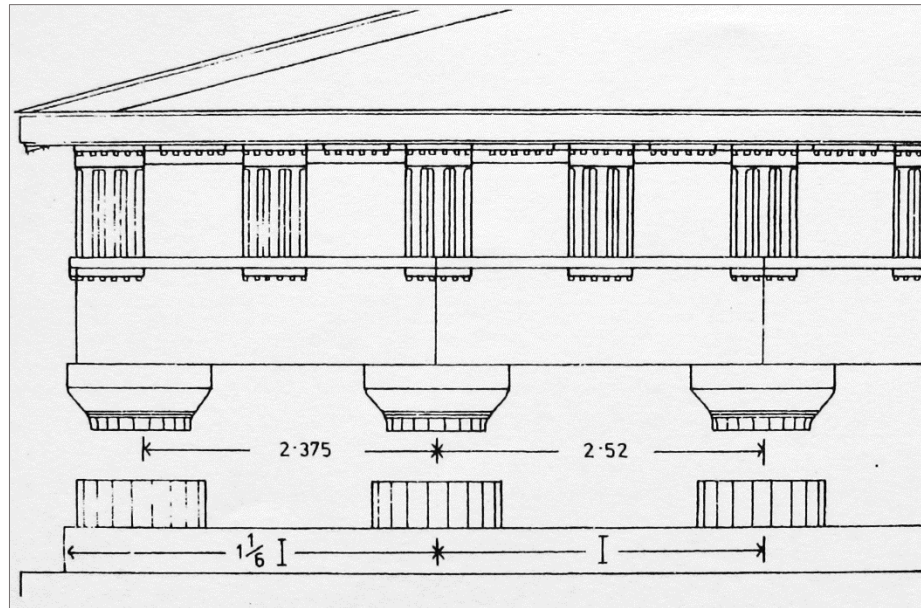
Εικ.24
Σχέδια λεπτομερειών
κίονα και παραστάδας,
στην βόρεια πλευρά του
οπισθόδομου, στον ναό
του Ηφαίστου. Όψη και
τομή. G.P. Stevens, 1948
(Agora.ascsa.net)

B3. Η αρχιτεκτονική του δωρικού ρυθμού

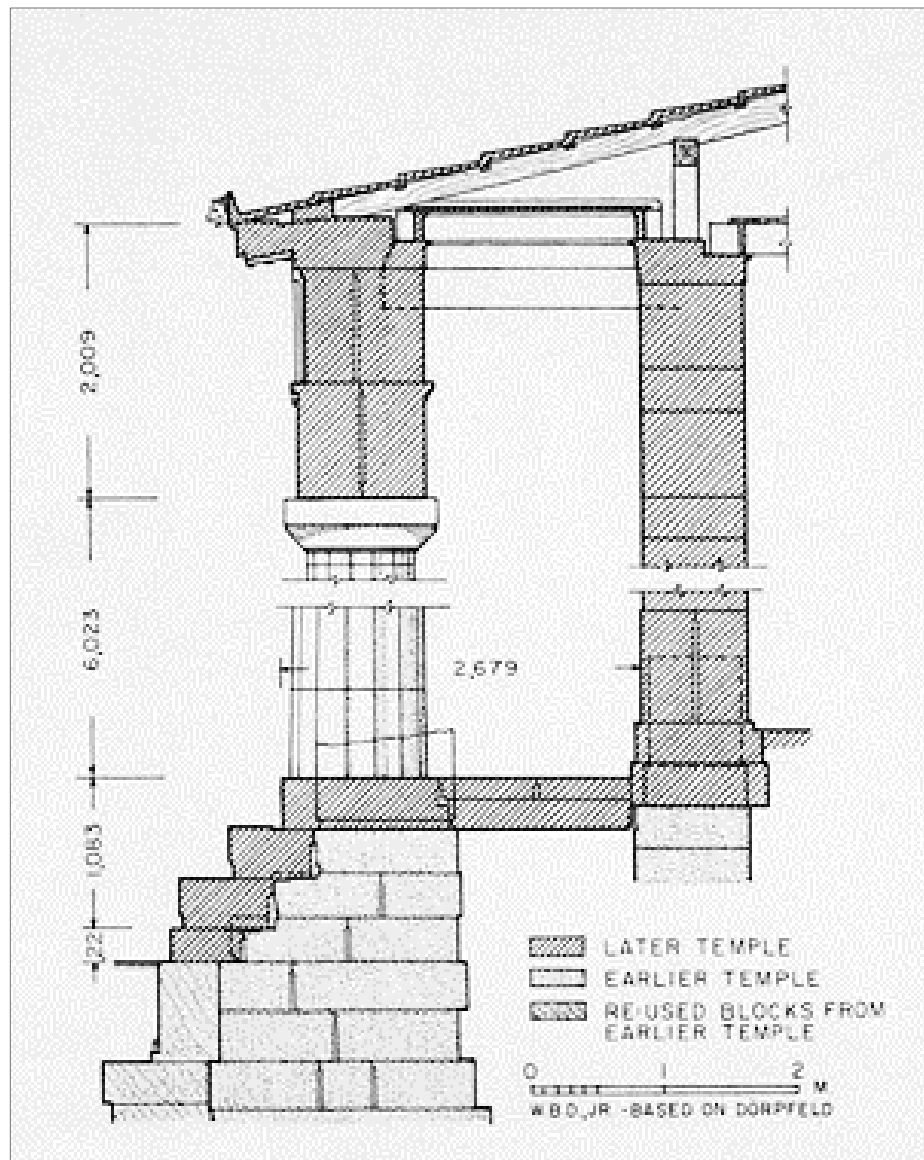
απαιτούσε γνώση της «χρυσής τομής». Για την κατασκευή των ραβδώσεων, γινόταν η χάραξη στον κατώτερο σπόνδυλο και στο υποτραχήλιο του κιονόκρανου, ώστε να μπορέσει στη συνέχεια να λαξευτεί σε όλον τον κορμό (Muller-Wiener, 1995). Επιπλέον, ο αριθμός των ραβδώσεων επιλεγόταν να είναι πολλαπλάσιο του αριθμού τέσσερα, ώστε να ικανοποιείται η αισθητική απαίτηση στον άξονα της πρόσοψης του κίονα και στην πλάγια του όψη να αντιστοιχεί το κοίλο της ράβδωσης, και όχι η ακμή. Οι ραβδώσεις στους κίονες εξυπηρετούν τη μορφολογία καθώς μέσω της διάχυσης του φωτός και της αυτοσκιάς τους, προβάλλουν την κυλινδρική τους κίονα και τονίζουν το ύψος του (Πετρονώτης, 1991). Το ύψος του κίονα υπολογίζεται με βάση ένα αυτόνομο μετρικό σύστημα (εμβάτης), που στηρίζεται στην κάτω διάμετρό του, αν και εξαρτάται επίσης από τον περιβάλλοντα χώρο (Hellmann, 2003). Στην στέψη του, τοποθετείται το κιονόκρανο, το οποίο αποτελείται από τρία μέρη: το υποτραχήλιο, που το συνδέει με τον κορμό και ακολουθεί τις ραβδώσεις του, τον εχίνο, ενιαίας επιφάνειας που διαχωρίζεται από το υποτραχήλιο με μικρές αυλακώσεις, τους ιμάντες, και τέλος τον άβακα, που διαμορφώνεται ως τετράγωνη πλάκα (Πετρονώτης, 1991).

Επάνω στην κιονοστοιχία διαμορφώνεται ο θριγκός, που ακολουθεί τριμερή οργάνωση και αποτελείται από το επιστύλιο, το διάζωμα και το γείσο. Το δωρικό επιστύλιο είναι ένα επίμηκες λείο κομμάτι λίθου που επιστέφεται από μία προέχουσα ταινία, στο κάτω μέρος της οποίας κατασκευάζονται κατά διαστήματα οι κανόνες, από τους οποίους κρέμονται σειρές από σταγόνες, συνήθως έξι (Hellmann, 2003). Κάθε κανόνας με τις σταγόνες του τοποθετούνταν έτσι ώστε να αντιστοιχεί ακριβώς στον άξονα κάθε κίονα, με εξαίρεση τους γωνιαίους, και στο κέντρο κάθε μεταξονίου διαστήματος. Το διάζωμα ή ζωφόρος, στον δωρικό ρυθμό, αποτελείται από τις ουδέτερες επίπεδες πλάκες που ονομάζονται μετόπες, οι οποίες ενίοτε λαμβάνουν γλυπτό διάκοσμο, και από τα τρίγλυφα, λαξευμένες πλάκες που διαθέτουν τρία κατακόρυφα τμήματα, τους μηρούς, διαχωρισμένα με δύο ενδιάμεσες γλυφές και μεταξύ δύο ακραίων ημιγλύφων. Πάνω από κάθε τρίγλυφο, όπως και κάθε μετόπη, υπάρχει μια ελαφρώς εξέχουσα ταινία, η κεφαλή (Πετρονώτης, 1991). Η τοποθέτηση των τριγλύφων γίνεται σε αντιστοιχία με τη διάταξη των κανόνων που τοποθετούνται στο επιστύλιο, με αποτέλεσμα το σύστημα δύο μετόπες ανά μετακίονιο διάστημα. Η συμμετρία και η αξονικότητα ήταν αντικείμενο διαρκούς αναζήτησης και η ρυθμική διάταξη των τριγλύφων θα έπρεπε να αντιστοιχεί με τους κίονες, για αυτό άλλωστε προέκυψε το πρόβλημα της γωνιαίας τριγλύφου (Hellmann, 2003). Το τρίτο, πιο ψηλά τοποθετημένο μέρος του θριγκού είναι το προεξέχον γείσο, το οποίο διαμορφώνεται ως μια συνεχής επίπεδη επιφάνεια με ένα οριζόντιο λάξευμα ειδικής μορφής στο ανώτερο τμήμα, ένα δωρικό κυμάτιο. Η κάτω επιφάνεια του γείσου, ήταν κεκλιμένη και έφερε πλάκες με επίσης κεκλιμένη την κάτω τους επιφάνεια, τους προμόχθους, οι οποίες διέθεταν τρεις σειρές από έξι σταγόνες (Πετρονώτης, 1991). Οι πρόμοχθοι αντιστοιχούσαν στον κανόνα του επιστυλίου και των τριγλύφων, αλλά και στον κεντρικό άξονα κάθε μετόπης του διαζώματος, αφήνοντας ενδιάμεσα κενά, που ονομάζονται οδοί. Εξετάζοντας τη διάταξη του θριγκού κατά πάχος, διακρίνονται δύο παράλληλες σειρές λίθων στο επιστύλιο και στο διάζωμα, με τις μετόπες και τα τρίγλυφα να καταλαμβάνουν την εξωτερική όψη, ενώ στην εσωτερική όψη κατά αντιστοιχία υπάρχει το αντίθετο, ενώ πίσω από το γείσο υπάρχει ο θράνος που εδράζεται στην μασχαλιαία εγκοπή (Hellmann, 2003).

Εικ.25
Σκαρίφημα
τμήματος όψης του
ναού του Ηφαίστου,
όπου διακρίνονται
τα βασικά αρχιτεκτονικά
μέρη και η επίλυση
του προβλήματος της
γωνιαίας τριγλύφου
με περιορισμό του
μεταξονίου στις γωνίες
(Hellmann, 2003).



Εικ.26
Σχέδιο αναπαράστασης
καθ' ύψος τομή
του ναού του Ηφαίστου,
στην οποία διακρίνεται η
κατασκευαστική δομή.
W.S. Dinsmoor
(Agora.ascsa.net)

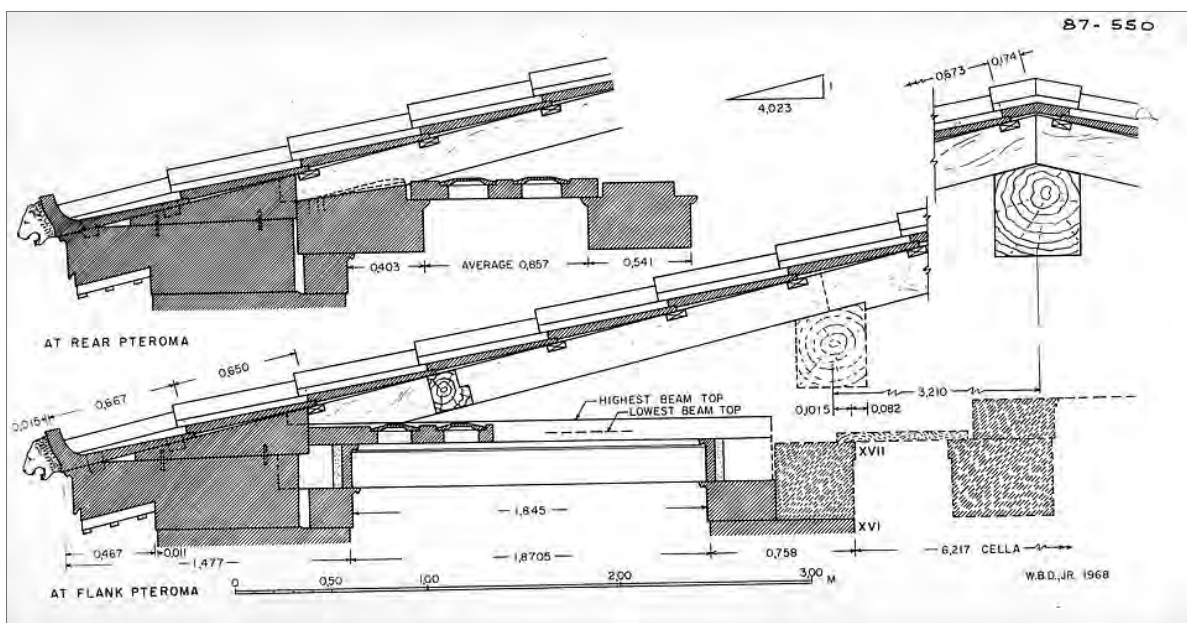


B3. Η αρχιτεκτονική του δωρικού ρυθμού

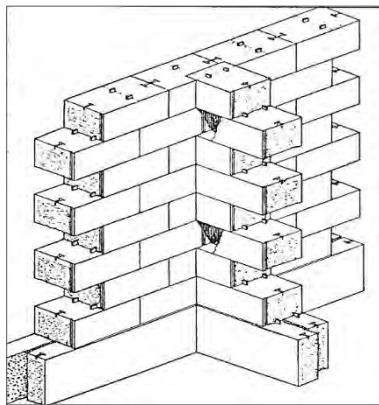
Πάνω από το επίπεδο που ορίζει το οριζόντιο γείσο του θριγκού, διαμορφώνεται η στέγαση του ναού, με αποτέλεσμα την διαφοροποίηση των στενών όψεων ως τις μακρές πλάγιες πλευρές. Λόγω της δίρριχτης στέγης, στην κύρια και πίσω όψη, διαμορφώνεται το αέτωμα τριγωνικού σχήματος, το οποίο λαμβάνει γλυπτό διάκοσμο, τα λεγόμενα εναέτια αγάλματα. Το τριγωνικό βάθος του αετώματος, το τύμπανο, απαρτίζεται από μια σειρά κατακόρυφες πλάκες, ενώ τις υπό κλίση πλευρές του διατρέχουν τα καταέτια γείσα, πάνω στα οποία επικάθεται η σίμα, η οποία διαθέτει καμπύλη διατομή στην πίσω πλευρά της και λειτουργεί ως αγωγός, για να μην υπερχειλίζουν προς την όψη τα όμβρια ύδατα από την στέγη. Επιπλέον, στην κορυφή και στις δύο άκρες των αετωμάτων, τοποθετούνταν διακοσμητικές συνθέσεις ή αγάλματα. Στις μακρές πλάγιες πλευρές του ναού, επάνω στο οριζόντιο γείσο του θριγκού εδράζεται η στέγη με την κεράμωση, επιτρέποντας την ελεύθερη ροή των όμβριων υδάτων. Στα ακραία τμήματα, όπου καταλήγει η σίμα των στενών όψεων, τοποθετούνται υδρορροές, που έχουν συνήθως τη μορφή λεοντοκεφαλών (Πετρονώτης, 1991). Η στέγη ήταν κατασκευασμένη από ξύλινο σκελετό και καλυπτόταν με μαρμάρινα κεραμίδια διαφόρων μορφών, και ήταν ολόκληστη χωρίς κανένα άνοιγμα.

Σε κτίρια με περίσταση, ο εσωτερικός και κύριος ναός, ο σηκός, αναπτύσσεται σε ελαφρώς υπερυψωμένο επίπεδο σε σχέση με αυτό των πτερών, το οποίο στις μακρές πλευρές διαμορφώνεται ως μικρή βαθμίδα, ο τοιχοβάτης, ο οποίος στα ιωνικά κτίρια τονιζόταν συχνά με προφίλ από σπείρες ή κυμάτια. Οι τοίχοι του σηκού διαρθρώνονται σε τρία μέρη – βάση, κορμό, επίστεψη. Η βάση κατασκευάζεται από τους ορθοστάτες, μεγάλες λίθινες πλάκες, οι οποίες τοποθετούνται σε όρθια διάταξη, και για τον λόγο αυτό σε δύο σειρές. Πάνω στη ζώνη των ορθοστατών, υπήρχε μία επίπεδη καλυπτήρια πλάκα και έπειτα το μέσο τμήμα του τοίχου, το οποίο χτιζόταν κατά το ισόδομο σύστημα, δηλαδή από λαξευμένους ορθογωνικούς λίθους ίδιου μήκους τοποθετημένοι σε ισοΰψεις στρώσεις (Muller-Wiener, 1995, Πετρονώτης, 1991). Στο ανώτερο τμήμα του τοίχου υπάρχει ο θράνος με το χαρακτηριστικό δωρικό κυμάτιο, σε αντιστοιχία με το ίδιο τμήμα του θριγκού.

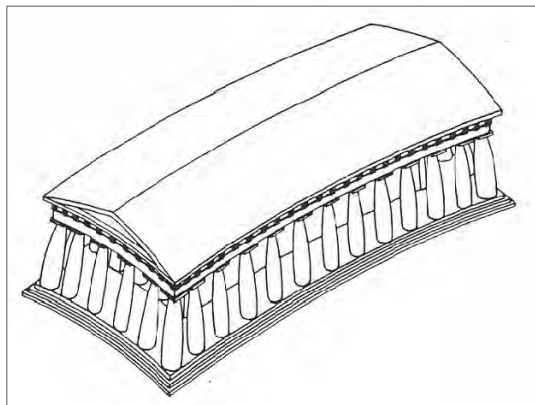
Εικ.27
Σχέδιο αναπαράστασης. Τομές στο πίσω μέρος του επιστυλίου και στο πτερό στον ναό του Ηφαίστου, στην οποία διακρίνεται η κατασκευαστική δομή. W.S. Dinsmoor, 1969 (Agora.ascsa.net)



Εικ.28
Αριστερά:
Τρόπος ένωσης του
εγκάρσιου τοίχου στον
διαμήκη τοίχο, στον ναό
του Ηφαίστου.
Σχέδιο του Koch.
(Ορλάνδος, 1955-60)



Εικ.29
Δεξιά: Οι εκλεπτύνσεις
ενός δωρικού ναού, σε
σχεδιάγραμμα όπου
τονίζονται υπερβολικά
(Hellmann, 2003).



Επάνω στους θράνους εδράζεται η οροφή του πτερού, που σχηματιζόταν σύμφωνα με το σύστημα δοκών και φατνωματικών πλακών, οι οποίες διέθεταν επάλληλα κυμάτια λαξευμένα με τρόπο ώστε να διαμορφώνεται μία μικρή οροφή στο βάθος, που εξυπηρετούσε και την ανάγκη για ελάφρυνση της μαρμάρινης πλάκας. Οι στενές πλευρές του σηκού, δηλαδή οι όψεις του πρόναου και του οπισθόδομου, διαμορφώνονταν από δύο κίονες «εν παραστάσει», με τις παραστάδες να διαμορφώνονται στην κατάληξη των πλάγιων τοίχων του σηκού και να αποκτούν αυξημένο πλάτος σε σχέση με αυτούς. Οι παραστάδες, δεν είχαν βάση και ως στέψη στο ανώτερο τμήμα τους διέθεταν το επίκρανο, το οποίο κοσμούσαν με δωρικό κυμάτιο. Στον ανώτερο τμήμα αυτών των όψεων, δηλαδή του πρόναου και του οπισθόδομου, διαμορφωνόταν πλήρης θριγκός, με τη διαφορά ότι το γείσο σχηματιζόταν σε ελάχιστη προβολή.

Στο εσωτερικό του σηκού, υπήρχαν δύο κιονοστοιχίες οι οποίες οργάνωναν τον χώρο σε ένα κεντρικό αυξημένου πλάτους τμήμα και δύο στενότερα εκατέρωθεν, επιτρέποντας έτσι την αξονική τοποθέτηση του αγάλματος της θεότητας στο βάθος του σηκού και την ελεύθερη θέαση του. Εξαιτίας των υποχρεωτικών αναλογιών που χαρακτηρίζουν τους δωρικούς κίονες και για να επιτευχθεί η κάλυψη του μεγάλου εσωτερικού ύψους της οροφής του σηκού, οι κιονοστοιχίες είχαν διώροφη διάταξη με τη δεύτερη σειρά κίωνων να κατέχει μικρότερο ύψος (Πετρονώτης, 1991).

Ένα από τα πιο ιδιόμορφα χαρακτηριστικά της ελληνικής αρχιτεκτονικής και του δωρικού ρυθμού είναι το φαινόμενο των «οπτικών διορθώσεων» ή «εκλεπτύνσεων». Με αυτόν τον όρο νοείται κυρίως η απόκλιση από αυστηρούς κανόνες της γεωμετρίας, έτσι ώστε οι ευθείες να αποκτούν μία ανεπαίσθητη καμπυλότητα και οι κάθετες γραμμές να είναι στην πραγματικότητα λοξές (Hellmann, 2003). Οι επεμβάσεις αυτές, είχαν ως σκοπό την αισθητική βελτίωση των ναών και χάρη στην κυριαρχία της καμπύλης, μπορούσε να επιτευχθεί ένα ορθό οπτικό αποτέλεσμα, αποφεύγοντας τις παραμορφώσεις των όψεων κατά τη θέαση τους.

Η ελαφρά υπερυψωμένη καμπύλη των οριζόντιων γραμμών του οικοδομήματος, στο επίπεδο της κρηπίδας και του στυλοβάτη, καθώς επίσης και στο επιστύλιο ή στη βάση του αετώματος, αντιπροσωπεύουν την πρώτη από τις εκλεπτύνσεις, με την καμπυλότητα κυμαίνεται από 2 έως 11 εκ., στοιχείο το οποίο απαντάται συχνότερα τον 5^ο και τον 4^ο αιώνα (Hellmann, 2003). Η μέθοδος χάραξης που εφαρμοζόταν έχει προσδιοριστεί με βάση τον Βιτρούβιο (III 77, 1-5) σε συνδυασμό με παρατηρήσεις στον ημιτελή ναό της Έγεστας. Η χάραξη γινόταν στην ευθυντηρία, όπου σημαδεύονταν με

B3. Η αρχιτεκτονική του δωρικού ρυθμού

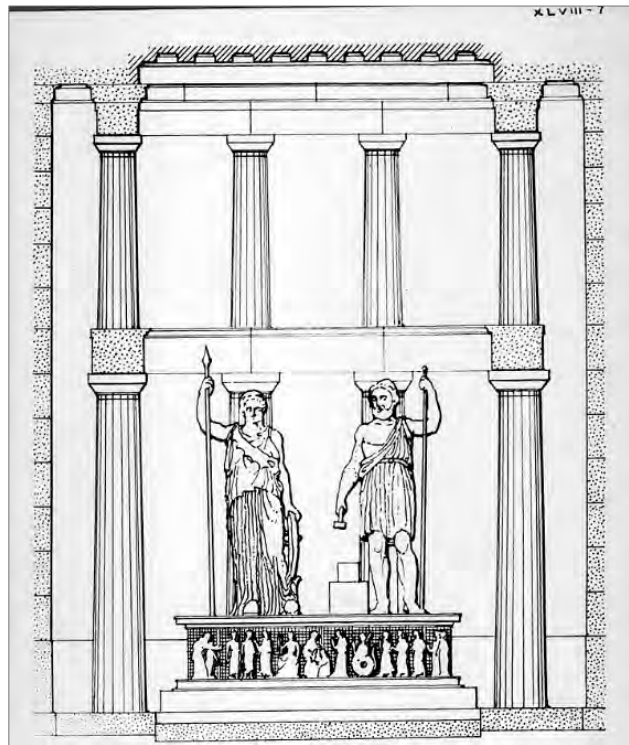
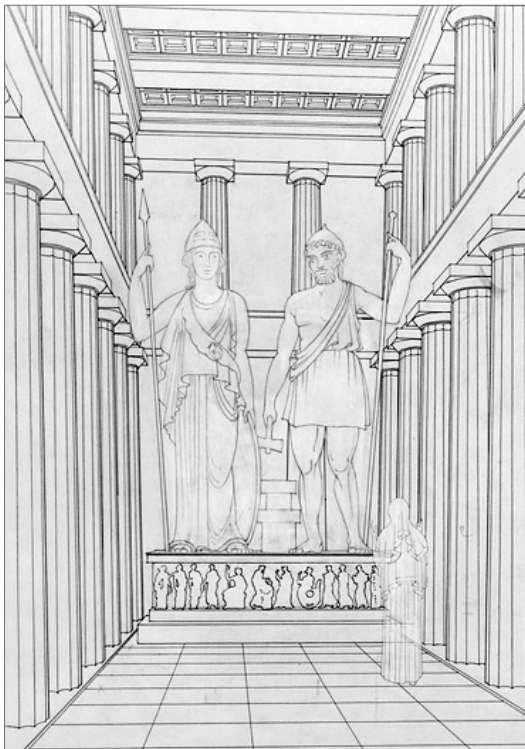
εγχάρακτους σταυρούς σε κανονικές αποστάσεις μία οριζόντια γραμμή. Πάνω σε αυτά τα σημάδια, σημειωνόταν οι διαστάσεις της καμπυλότητας της πρόσοψης, που προέκυπταν από το κρέμασμα ενός σχοινού τεντωμένου από τις δύο γωνίες του ναού. Σύμφωνα με αυτά τα σημάδια προετοιμαζόταν οι ευθυντηρία, η οποία προσδιόριζε πλέον τις διαστάσεις για την κατασκευή της ανωδομής του κτιρίου. Σε κάποια οικοδομήματα παρατηρούνται ανωμαλίες στην καμπυλότητα, οι οποίες οφείλονται σε λάθη κατά το σημάδεμα της οριζόντιας γραμμής και στην πρακτική εκτέλεση. Αυτά τα λάθη συνεχίζονταν συνήθως και στην κρηπίδα, καθώς αυτή αποτελούνταν από λίθους αναβαθμίδων του ίδιου ύψους (Muller-Wiener, 1995).

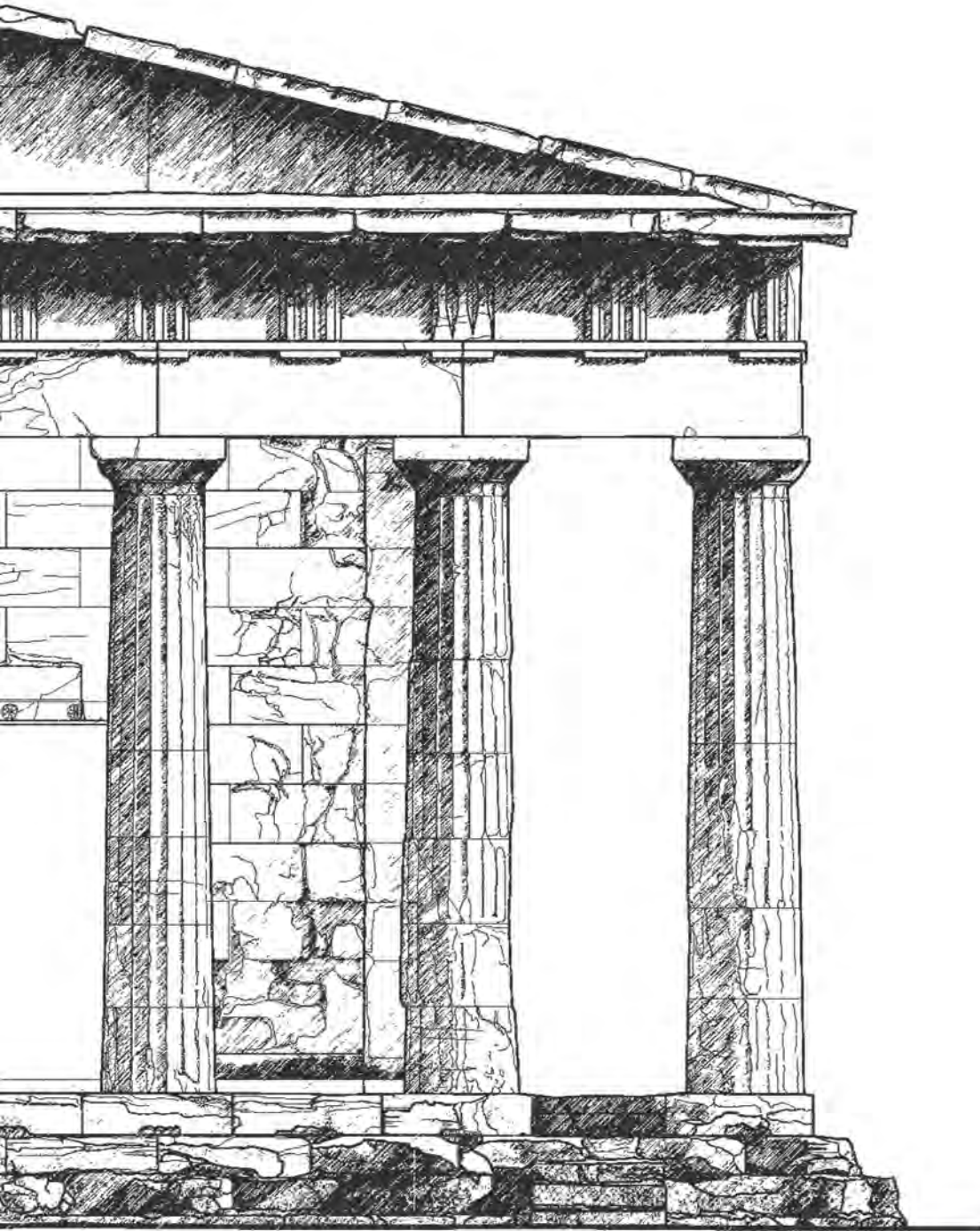
Μία ακόμη αξιοσημείωτη εκλέπτυνση, η πιο διαδεδομένη και αναμφίβολα γνωστότερη, είναι η ένταση των κιόνων, ο κορμός των οποίων εκτός από την μείωση της διατομής τους προς τα πάνω, λαμβάνει μία διόγκωση κατά καμπύλη γραμμή στο μισό του ύψους τους (Πετρονώτης, 1991). Σε αυτές τις δύο εκλεπτύνσεις της καμπυλότητας, θα πρέπει να προστεθεί η λοξότητα των κιόνων, ο άξονας των οποίων κλίνει προς το εσωτερικό, με ιδιαίτερη εξαίρεση τους γωνιαίους οι οποίοι γέρνουν κατά τη διπλή έννοια, δηλαδή κατά τη διαγώνιο και σε ορισμένες περιπτώσεις εμφανίζουν ελαφρώς αυξημένο πάχος σε σχέση με τους υπόλοιπους, ώστε να ενισχύεται η οπτική τους. Παρόμοιες οπτικές διορθώσεις μπορεί να λαμβάνουν και τα στοιχεία του σηκού, με το πάχος των τοίχων να μειώνεται από κάτω προς τα πάνω, ενώ η εξωτερική όψη τους κλίνει προς το εσωτερικό, όπως και τα κάθετα πλαίσια των θυρών (Hellmann, 2003).

Οι παραπάνω εκλεπτύνσεις που εφαρμόζονταν στους ναούς, εκτός των διορθώσεων που προσέφεραν στην προοπτική τους κατά την θέασή τους, επιτύγχαναν να δημιουργήσουν την εντύπωση ενός συμπαγούς και σταθερού οικοδομήματος, το οποίο αποκτούσε αρμονία ανάμεσα στα φέροντα και φερόμενα στοιχεία του.

Εικ.30
Αριστερά:
Προοπτική
αναπαράσταση
των λατρευτικών
αγαλμάτων από τον
Ι. Τραυλό, 1962.
(Agora.ascsa.net)

Εικ.31
Δεξιά: αναπαράσταση
σε τομή του σηκού
με τα αγάλματα.
S. Karouzou και
G. P. Stevens, 1951
(Agora.ascsa.net)





Ανάλυση
του Ναού του Ηφαίστου

Ανάλυση του ναού του Ηφαιστού

Γ1. Ιστορικά στοιχεία

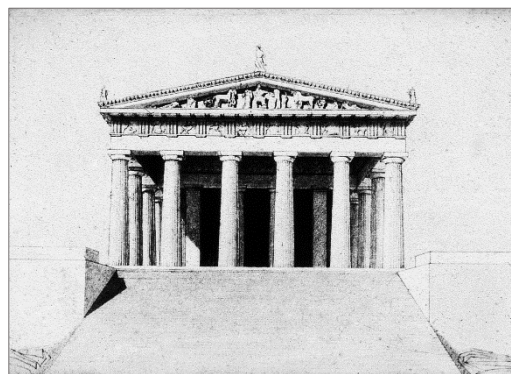
Η ανοικοδόμηση ναών στο Άστυ και γενικότερα στην Αττική αρχίζει στα μέσα του 5^{ου} π.Χ. αιώνα, εποχή κατά την οποία χτίζεται και ο ναός του Ηφαιστού στο δυτικό τμήμα της Αγοράς των Αθηνών, στην κορυφή του λόφου του Αγοραίου Κολωνού.

Ο ναός είναι ευρύτερα γνωστός ως "Θησείο" σύμφωνα με παλιότερες απόψεις που αναγνώριζαν ως λατρευόμενες θεότητες το Θησέα, τον Ηρακλή ή τον Άρη, όμως η ανασκαφική έρευνα επιβεβαίωσε την ταύτιση του ναού ως «Ηφαιστείο», στον οποίο λατρεύονταν από κοινού ο Ήφαιστος, προστάτης των μεταλλουργών, και η Αθηνά Εργάνη, προστάτρια των κεραμικών και της οικοτεχνίας (odysseus.culture.gr). Εκτός των εργαστήριων μεταλλουργίας που αποκαλύφθηκαν στις παρυφές του λόφου, στην ταύτιση του ναού συντελούν και οι περιγραφές από ιστορικές πηγές. Ο Πausανίας (I, 14, 6) τον τοποθετεί «υπέρ τον Κεραμεικόν και στοάν την καλουμένην βασίλειον» συσχετίζοντάς τον με τα υπόλοιπα κτίρια που αποκαλύφθηκαν στην Αγορά. (Travlos, 1971, Λαμπρινουδάκης, 1986). Την ίδια ταύτιση υποστηρίζει και η περιγραφή του Αποκρατίωνα «τους μισθωτούς τους ονόμαζαν κολωνέτας, γιατί μαζεύονταν κοντά στο κολωνό (λόφο), που βρίσκεται κοντά στην Αγορά, εκεί που είναι το Ηφαιστείο και το Ευρυσάκειο, αυτός ο κολωνός ονομάζεται αγοραίος» (Camp, 2004).

Η χρονολόγηση του ναού βασίζεται κυρίως στην αρχιτεκτονική του μορφή, στην τεχνοτροπία του γλυπτού διακόσμου, στην κεραμική που βρέθηκε στη θεμελίωση του κτιρίου και στη μορφή των τεκτονικών σημείων που είχαν χαραχτεί στη λίθινη οροφή για να διασφαλίσουν τη σωστή τοποθέτηση των φανωμάτων. Η οικοδόμησή του άρχισε μάλλον ανάμεσα στο 460 π.Χ. και στο 450-448 π.Χ. και διήρκησε μεγάλο χρονικό διάστημα, πιθανόν επειδή το διάστημα 437-432 π.Χ., με την υλοποίηση του προγράμματος του Παρθενώνα πάρα πολλοί τεχνίτες και γλύπτες απασχολούνταν στην Ακρόπολη, και στη συνέχεια το 432/1 π.Χ. ξέσπασε ο Πελοποννησιακός πόλεμος. Μέχρι περίπου το 420 π.Χ. φαίνεται πως δεν είχε ολοκληρωθεί η ανωδομή του κτιρίου, ενώ σύμφωνα με μια επιγραφή, τα λατρευτικά αγάλματα, έργα του γλύπτη Αλκαμένη τοποθετήθηκαν το 421-415 π.Χ. Με την ολοκλήρωσή του, ο ναός του Ηφαιστού, ξεπερνούσε σε πολυτέλεια όλα τα κτίρια της Αγοράς των Κλασικών χρόνων και είναι χαρακτηριστικό ότι, μετά τον Παρθενώνα, δέχεται τον πλουσιότερο γλυπτό διάκοσμο από οποιονδήποτε άλλο δωρικό ναό. (Camp, 2004)

Αρχικά ο ναός του Ηφαιστού, παρόλο που δέσποζε στον χώρο της Αγοράς, δεν είχε άμεση πρόσβαση από αυτήν. Η πρόσβαση γινόταν μέσω των ομαλών δυτικών και βορειοδυτικών πλευρών του λόφου, ο οποίος πάντα παρέμενε ελεύθερος από άλλα κτίσματα. Στις αρχές του 3^{ου} π.Χ. αιώνα, ο περιβάλλων χώρος του ναού οριοθετείται από έναν τοίχο που εκτείνεται στα βόρεια, ανατολικά και νότια, με την κύρια είσοδο να βρίσκεται στο ανατολικό

Εικ.32
Σχεδιαστική αναπαράσταση της αρχικής μορφής της ανατολικής όψης και της αξονικής πρόσβασης που διαμορφώθηκε τον 1^ο μ.Χ. αιώνα. *Annuario 1959-1960* (Agora.ascsa.net).



άκρο της νότιας πλευράς, επιτρέποντας και πάλι την πλάγια προσέγγιση του ναού. Η σχέση αυτή αλλάζει όταν στα μέσα του 1^{ου} μ.Χ. αιώνα, στο πλαίσιο της εξέλιξης του χώρου της αγοράς, κατασκευάζεται μία μνημειώδης κλίμακα που εξασφάλιζε την άμεση πρόσβαση στον ναό, αξονικά ως προς την ανατολική του όψη, με την αντίστοιχη τροποποίηση του περιβόλου, καθώς και μία επιπλέον κλίμακα στη δυτική πλευρά (Travlos, 1971).

Στον περιβάλλοντα χώρο του ναού, εσωτερικά του περιβόλου του, υπήρχε μικρός κήπος δέντρων ή θάμνων, ο οποίος χρονολογικά προσδιορίζεται στον 3ο π.Χ. αιώνα. Οι ανασκαφές κατά μήκος της νότιας, βόρειας και δυτικής πλευράς του κτιρίου αποκάλυψαν λάκκους με μεγάλες πήλινες γλάστρες τοποθετημένες σε δύο ή τρεις σειρές, ευρήματα που τεκμηριώνουν τις ιστορικές πηγές που αναφέρουν ότι τα ιερά διέθεταν άφθονα νερά και ήταν κατάφυτα (Camp, 2004). Τα ευρήματα αυτά αποτέλεσαν και τη βάση για την αναδημιουργία του κήπου περιμετρικά του ναού, κατά τον σχεδιασμό του αρχαιολογικού χώρου της αρχαίας Αγοράς στη σύγχρονη εποχή.

B2. Τυπολογία

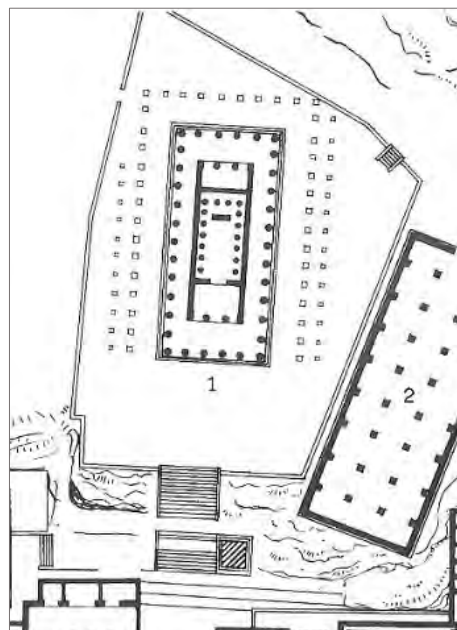
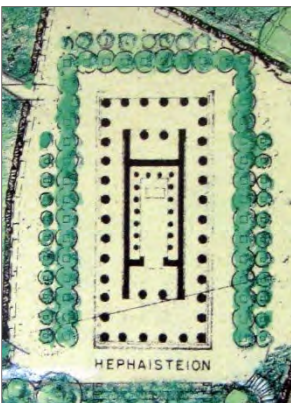
Ο ναός του Ηφαίστου τυπολογικά ανήκει στον αντιπροσωπευτικό τύπο του «εξάστυλου περίπτερου» δωρικού ναού, ο οποίος έχει σηκό με πρόναο και οπισθόδομο στη μορφή ενός διπλού, δίστυλου «εν παραστάσι» κτιρίου (Πετρονότης, 1991). Οι αναλογίες του ναού (13,71x31,77μ. στον στυλοβάτη) αν μετρηθούν από τη βάση της πρώτης μαρμάρινης βαθμίδας (14,45x32,51μ.) δίνουν – αν και όχι με την ίδια καθαρότητα – τη σχέση 4:9 που χρησιμοποιήθηκε και στον Παρθενώνα, όμως οι λεπτότεροι και αραιότεροι κίονές του, τον εντάσσουν στην εξελικτική πορεία των δωρικών οικοδομημάτων, παρά στο δραστικά νέο πνεύμα του Παρθενώνα (Λαμπρινουδάκης, 1986).

Εξωτερικά περιβαλλόταν από την περίσταση, με έξι κίονες στις στενές πλευρές και δεκατρείς στις μακρές, με το ανατολικό πτερό να αναπτύσσεται

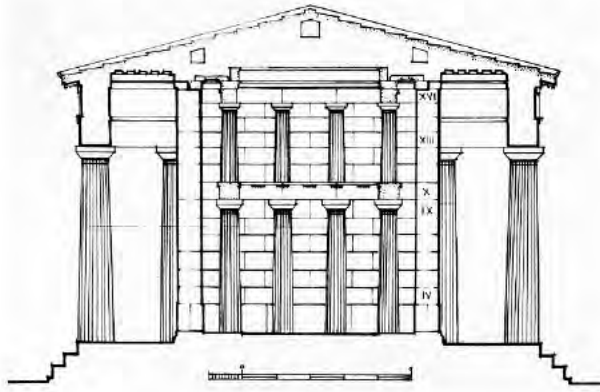
Εικ.33
Η διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου του ναού του Ηφαίστου και η κλίμακα ανόδου προς αυτόν από την αγορά (Camp, 2004).

Εικ.34
Φωτογραφία του 1936, των αρχαίων λάκκων φύτευσης (Agora.ascsa.net).

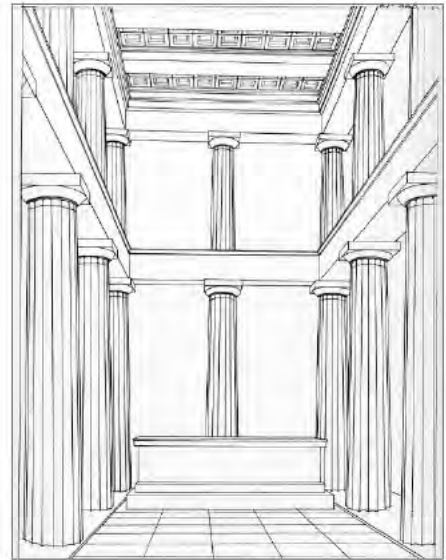
Εικ.35
Κάτω: Σχέδιο του σύγχρονου κήπου γύρω από τον ναό, κατά την προκαταρκτική μελέτη το 1953 (Mauzy, 2006).



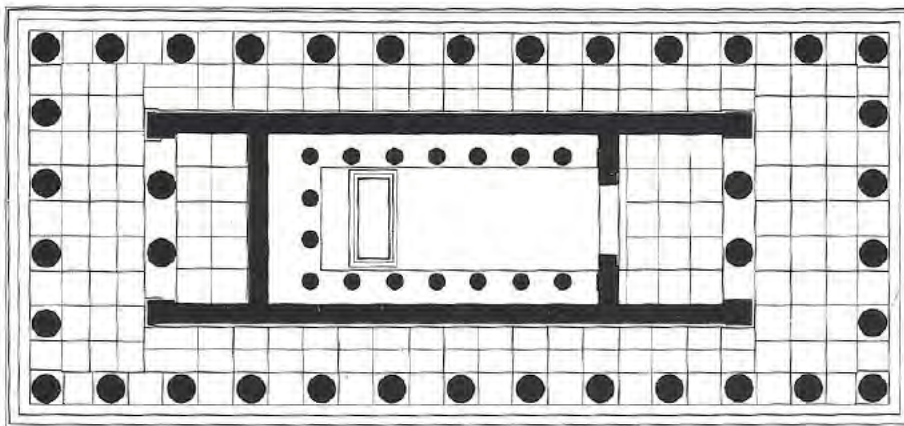
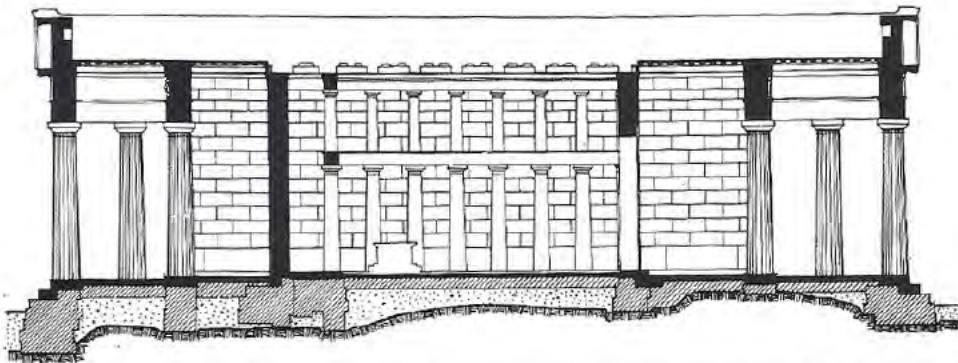
Κεφάλαιο Γ: Τυπολογία



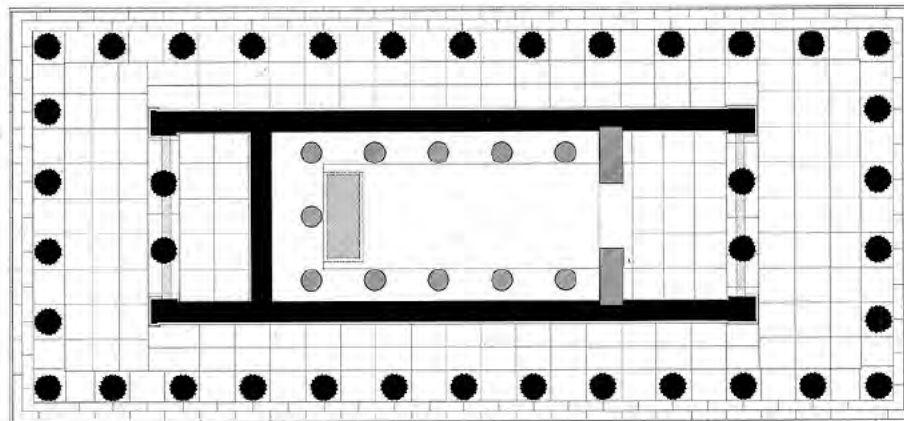
Εικ.36.
Τομή κατά πλάτος προς τα δυτικά, όπου αναπαρίστανται η εσωτερική κιονοστοιχία (Agora.ascsa.net).



Εικ.37
Προοπτική αναπαράσταση της κιονοστοιχίας του σηκού στην εκδοχή με 5x3 κίονες (Agora.ascsa.net).



Εικ.38, 39
Κάτοψη και κατά μήκος τομή προς βορρά της αρχικής μορφής του ναού του Ηφαίστου, με αναπαράσταση της εσωτερικής κιονοστοιχίας στο σηκό, με 7x4 κίονες I. Τραυλός, 1966 (Agora.ascsa.net).



Εικ.40
Κάτοψη της αρχικής μορφής του ναού του Ηφαίστου, με αναπαράσταση της εσωτερικής κιονοστοιχίας στο σηκό, με 5x3 κίονες I. Τραυλός, 1939 (Agora.ascsa.net).

σε βάθος δύο μεταξονίων, σε σχέση με το δυτικό που έχει 1,5 μεταξόνιο. Η αναλογία αυτή επαναλαμβάνεται και στη σχέση μεταξύ του πρόναου και του οπισθόδομου του σηκού, με τον πρόναο να διαμορφώνεται βαθύτερος (Λαμπρινουδάκης, 1986).

Ο πρόναος και ο οπισθόδομος είναι δίστυλοι «εν παραστάσι», με χαρακτηριστικό τους κίονες που είναι ίδιων αναλογιών με εκείνους του πτερού και βρίσκονται σε απόλυτη αντιστοιχία με τους μεσαίους κίονες των στενών πλευρών (Μαστραπάς, 1994). Στον πρόναο συναντάται ένα ιδιαίτερο στοιχείο, όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο, η ακριβής αντιστοίχιση της ανατολικής πρόσοψης του σηκού προς τον τρίτο βόρειο και νότιο κίονα της περίστασης, διάταξη η οποία επιτρέπει την τομή των δύο επιστυλίων με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός ενιαίου ολόπλευρου πλαισίου στο ύψος της ζωφόρου. Η διάταξη αυτή σε συνδυασμό με το ευρύτερο πλάτος του πτερού σε σχέση με τις κατά μήκος πλευρές, έχει ως αποτέλεσμα την ιδιαιτερότητα του χώρου αυτού, ο οποίος γίνεται αντιληπτός ως αυτονομημένος (Κορρές, 2000).

Στο εσωτερικό του σηκού υπήρχε εσωτερική κιονοστοιχία σε σχήμα Π, σύμφωνα με στοιχεία που αποκαλύφθηκαν κατά τη διάρκεια των ανασκαφών, η οποία πλαισίωνε το βάθρο όπου στέκονταν τα λατρευτικά αγάλματα στο βάθος του χώρου (Φιλαδέλφειας, 1994. odysseus.culture.gr). Η πρώτη ένδειξη για την ύπαρξή της αποτέλεσε ένα τμήμα μαρμάρινου επιστυλίου που βρέθηκε από τον Ορλάνδο, το οποίο με βάση τα χαρακτηριστικά του αποδόθηκε στον ναό. Πλήθος άλλων έμμεσων ενδείξεων στους τοίχους του σηκού, οι οποίες ορίζουν τους άξονες και το ύψος του επιστυλίου, υποδηλώνουν ότι η κιονοστοιχία κατασκευάστηκε σύμφωνα με τη συνήθη πρακτική της εποχής (Dinsmoor, 1941). Τα στοιχεία αυτά οδήγησαν στην αναπαράσταση της εσωτερικής κιονοστοιχίας σε σχήμα Π με πέντε κίονες στις κατά μήκος πλευρές και τρεις στην εγκάρσια, άποψη η οποία αναθεωρήθηκε στη συνέχεια, και η κιονοστοιχία αποδόθηκε τελικά με επτά επί τέσσερις κίονες.

B3. Μορφολογικά στοιχεία

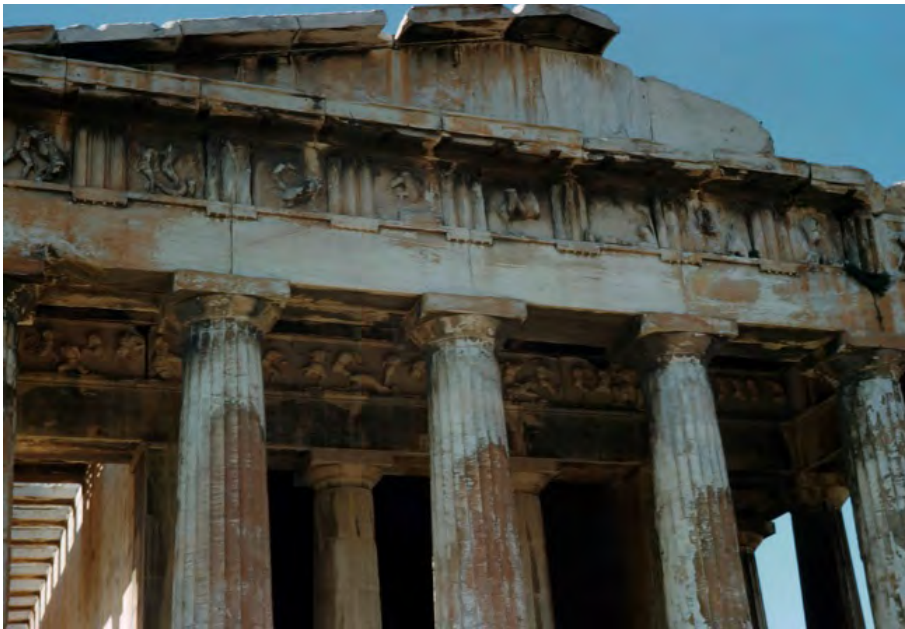
Ο ναός του Ηφαίστου διέθετε τον πλουσιότερο γλυπτό διάκοσμο, μετά τον Παρθενώνα, από οποιονδήποτε άλλο δωρικό ναό (Camp, 2004). Χαρακτηριστικές είναι οι ιωνικές ζωφόροι που αναπτύσσονται στις στενές πλευρές του σηκού, στον πρόναο και στον οπισθόδομο (odysseus.culture.gr). Στο πρόναο η ζωφόρος αναπτύσσεται σε όλο το πλάτος του ναού με θέμα τη μάχη του Θησέα κατά των Παλλαντιδών, την οποία παρακολουθούν οι θεοί. Στον οπισθόδομο η ζωφόρος περιορίζεται στο πλάτος του σηκού και απεικονίζει μάχη Λαπίθων και Κενταύρων (Μαστραπάς, 1994).

Εξωτερικά, στην ανατολική πλευρά οι όψεις λαμβάνουν ιδιαίτερα πλούσιο διάκοσμο, με ανάγλυφες παραστάσεις να κοσμούν τις μετόπες. Στην πρόσοψη εικονίζονται άθλοι του Ηρακλή και εκατέρωθεν στη βόρεια και νότια πλευρά υπάρχουν τέσσερις μετόπες ανά όψη με άθλους του αττικού ήρωα Θησέα, ενώ οι υπόλοιπες μετόπες παρέμεναν ακόσμητες (Μαστραπάς, 1994).

Κεφάλαιο Γ: Μορφολογικά στοιχεία



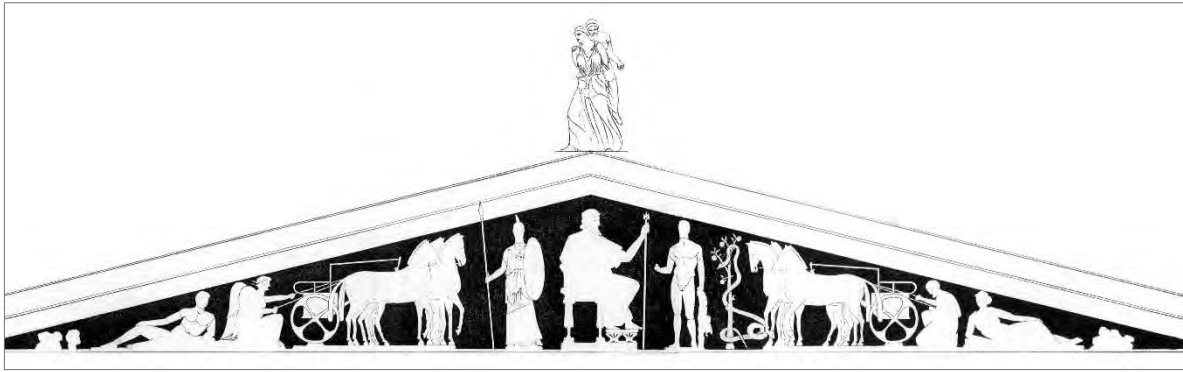
Εικ.41
Άποψη της ζωφόρου
του οπισθόδομου,
στη δυτική πλευρά
(Agora.ascsa.net).



Εικ.42
Ανατολική όψη, στην
οποία διακρίνεται η
ζωφόρος στον πρόναο,
που εκτείνεται σε
όλο το πλάτος του ναού
1953
(Agora.ascsa.net).



Εικ.43
Η νοτιοανατολική
πλευρά του ναού
όπου διακρίνονται οι
ανάγλυφες μετόπες
στην πρόσοψη και
στην νότια όψη
(προσωπικό αρχείο).



Εικ.44
Αναπαράσταση
των γλυπτών στο
ανατολικό αέτωμα
(Thompson, 1949).

Τα αετώματα του ναού κοσμούνταν επίσης με αξιόλογες γλυπτικές παραστάσεις. Στο ανατολικό παριστάνονταν η υποδοχή του Ηρακλή στον Όλυμπο ή η γέννηση της Αθηνάς, ενώ στο δυτικό επαναλαμβάνονταν το θέμα της Κενταυρομαχίας, όπως στην ζωφόρο του οπισθόδομου (odysseus.culture.gr). Επιπλέον, στην επίστεψη των αετωμάτων υπήρχαν ακρωτήρια, στο ανατολικό στον τύπο της «Νίκης» και στο δυτικό γυναικείας μορφής του «πλούσιου» ρυθμού σε κίνηση (www.eie.gr/archaeologia). Τα αγάλματα αυτά ταυτίστηκαν με αγάλματα που βρέθηκαν στην περιοχή του ναού, όπως το σύμπλεγμα δύο γυναικείων μορφών, από τις οποίες η μια μεταφέρει στον ώμο της την άλλη, σαν να προσπαθεί να τη σώσει ("Εφεδρισμός", Μουσείο της Αρχαίας Αγοράς), και ο κορμός μιας ενδεδυμένης γυναικείας μορφής με έντονο το στοιχείο της κίνησης, ("Νηρηίδα", Μουσείο της Αρχαίας Αγοράς). Ο διάκοσμος στο επίπεδο της στέγης του ναού, ολοκληρωνόταν με τις υδροροές μορφής λεοντοκεφαλής, που τοποθετούνταν στις απολήξεις της.

Τα σημαντικότερα αγάλματα ήταν τα χάλκινα λατρευτικά αγάλματα του Ηφαίστου και της Αθηνάς, τοποθετημένα επάνω σε βάθρο στο εσωτερικό του σηκού, όπως αναφέρει ο Πausanias. Τα αγάλματα ήταν έργα του σπουδαίου Αθηναίου γλύπτη Αλκαμένη και πρέπει να εκτελέστηκαν στο διάστημα μεταξύ 421 και 415 π.Χ., όταν η ειρήνη του Νικία επέτρεψε, έως την περίοδο της Σικελικής εκστρατείας, την ανάκαμψη των οικονομικών της Αθήνας και τη συνέχιση των οικοδομικών έργων. Το ενδιαφέρον του περιηγητή επικεντρώνεται στα γαλάζια μάτια της Αθηνάς, τα οποία συνδέει με τη λιβυκή παράδοση ότι η θεά ήταν κόρη του Ποσειδώνα. Ο Βαλέριος Μάξιμος αναφέρεται στο θαυμαστό τρόπο με τον οποίο ο Αλκαμένης απέκρυψε το ιδιαίτερο ανατομικό χαρακτηριστικό του θεού, τη χλωρότητά του, κάτω από το ένδυμά του, χωρίς όμως να την εξαφανίσει πλήρως. Εκτός των ιστορικών περιγραφών, δεν σώζονται άλλα στοιχεία για αυτά αν και υπάρχουν αρκετές θεωρίες για την αναπαράστασή τους (project.athens-agera.gr). Το βάθρο των αγαλμάτων, ήταν από μελανό μάρμαρο της Ελευσίνας, σύμφωνα με τους ογκόλιθους που βρέθηκαν κατά τη διάρκεια των ανασκαφών και επέτρεψαν την αναστύλωση του (Φιλαδέλφειας, 1994).

Τέλος, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ιωνικά στοιχεία που έχουν ενσωματωθεί στον δωρικό ρυθμό, όπως η παρουσία λεσβίου κυματίου στο σηκό στη βάση των τοίχων προς το πτερό και στο επιστύλιο αντί των συνήθων δωρικών κανόνων (Κορρές, 2000), Επιπλέον τέτοια στοιχεία εντοπίζονται και στα φατώματα της οροφής όπου μαϊάνδροι σε ποικίλες περιελίξεις, δωρικά και ιωνικά κυμάτια, αστέρια και ανθέμια συνθέτουν την διακόσμηση τους (www.eie.gr/archaeologia).

B4. Κατασκευαστική ανάλυση

Η κατασκευή του ναού του Ηφαίστου, ανταποκρίνεται στην αρχιτεκτονική και τεχνικές των κλασικών δωρικών ναών, όπως αυτές περιεγράφησαν σε προηγούμενο κεφάλαιο, οπότε παρακάτω περιγράφονται συνοπτικά τα ιδιαίτερα στοιχεία που εντοπίζονται στο συγκεκριμένο ναό.

Το Ηφαιστείο αποτελεί τον παλαιότερο ναό κατασκευασμένο από την κρηπίδα έως την οροφή από πεντελικό μάρμαρο (odysseus.culture.gr), με εξαίρεση την κατώτατη βαθμίδα της κρηπίδας και την ευθυντηρία όπου χρησιμοποιήθηκε πωρόλιθος. Πωρόλιθος χρησιμοποιήθηκε και για την κατασκευή της θεμελίωσης του ναού, που όμως διαφέρει στο είδος και στο χρώμα σε σχέση με αυτόν της κρηπίδας (Travlos, 1971). Ως προς το υλικό κατασκευής διαφέρει και ο γλυπτός διάκοσμος (στις μετόπες, τις ζωφόρους, στα εναέτια και στα ακρωτήρια γλυπτά κ.ά.) και τα φερόμενα τμήματα της οροφής, στα οποία χρησιμοποιήθηκε παριανό μάρμαρο (Λαμπρινουδάκης, 1986).

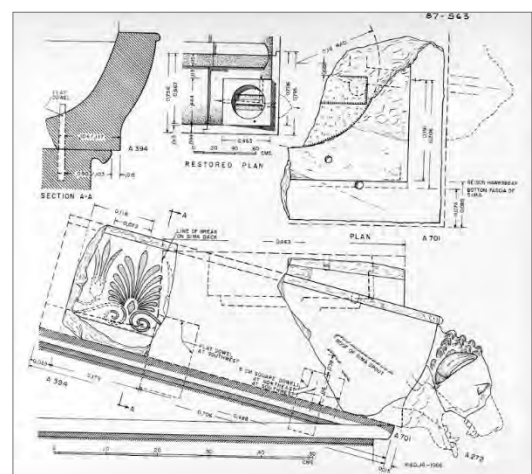
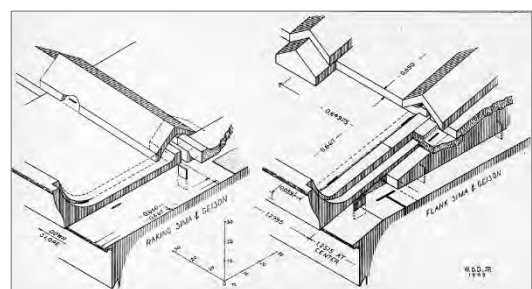
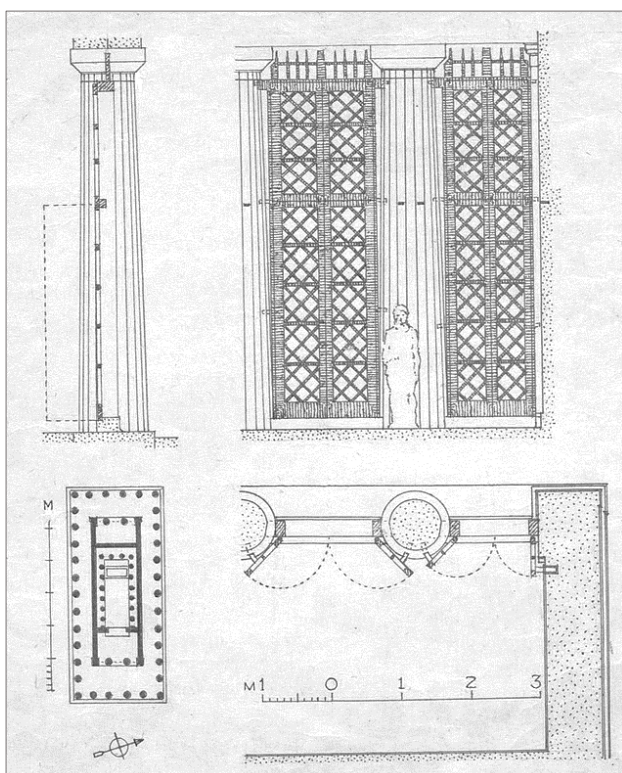
Η οροφή στο πτερό ήταν κατασκευασμένη από μαρμάρινες δοκούς και φατνωματικές πλάκες και αποτελεί μία από τις πλέον περίτεχνες που έχει δώσει η ελληνική αρχιτεκτονική στο σύνολό της. Η λάξευση των φατνωμάτων στο κάτω μέρος των πλακών έχει γίνει σε μεγάλο βαθμό για να μειώνεται το φορτίο των δοκών και ενώ αυτό συναντάται συχνά, στο Ηφαιστείο ο ουρανός κάθε φατνώματος έχει λαξευτεί ως ανεξάρτητο κομμάτι που μπορούσε να μετακινηθεί και επιπλέον εφαρμόζει μόνο σε ένα συγκεκριμένο φάτνωμα. (Camp, 2004)

Ο φέρων οργανισμός της στέγης του ναού ήταν ξύλινος, ο οποίος στο σηκό συνδυαζόταν πιθανόν με ξύλινη οροφή, ενώ στα πτερά η έδραση των ξύλινων κεκλιμένων δοκών δημιουργούσε κατασκευαστικές δυσκολίες σε σχέση με την μαρμάρινη φατνωματική οροφή.

Εικ.45
Αναπαράσταση των θυρών ανάμεσα στους κίονες του οπισθόδομου (Agora.ascsa.net).

Εικ.46
Ισομετρική τομή μιας σειράς κεραμιδιών, σίμας και γείσου W. B. Dinsmoor (Agora.ascsa.net).

Εικ.47
Σχέδια τμημάτων της στέγης και αναπαράσταση γωνίας της σίμας με υδρορροές λεοντοκεφαλής, W. B. Dinsmoor (Agora.ascsa.net).



Κεφάλαιο Γ: Ανάλυση του ναού του Ηφαίστου

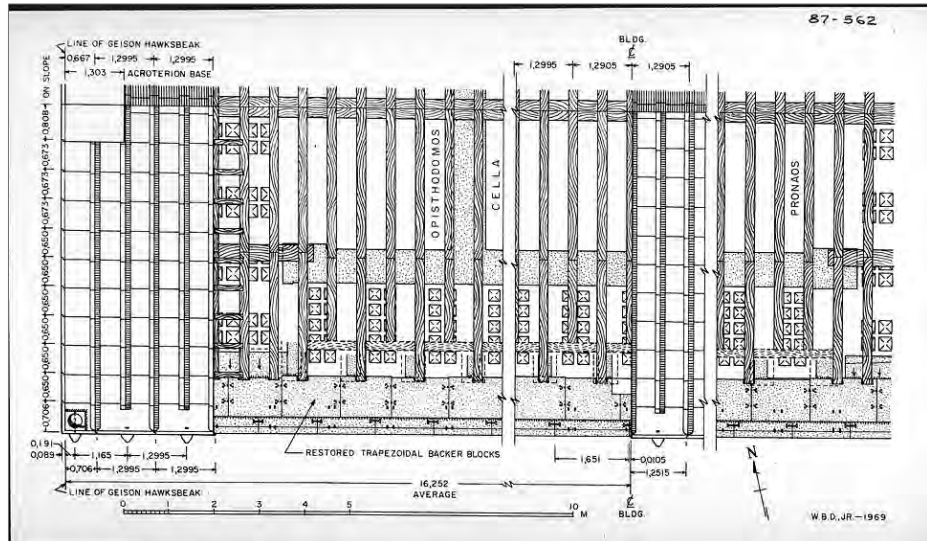


Εικ.48
Η ανατολική όψη του ναού. Διακρίνονται οι αναβαθμοί της κρηπίδας (Agora.ascsa.net).

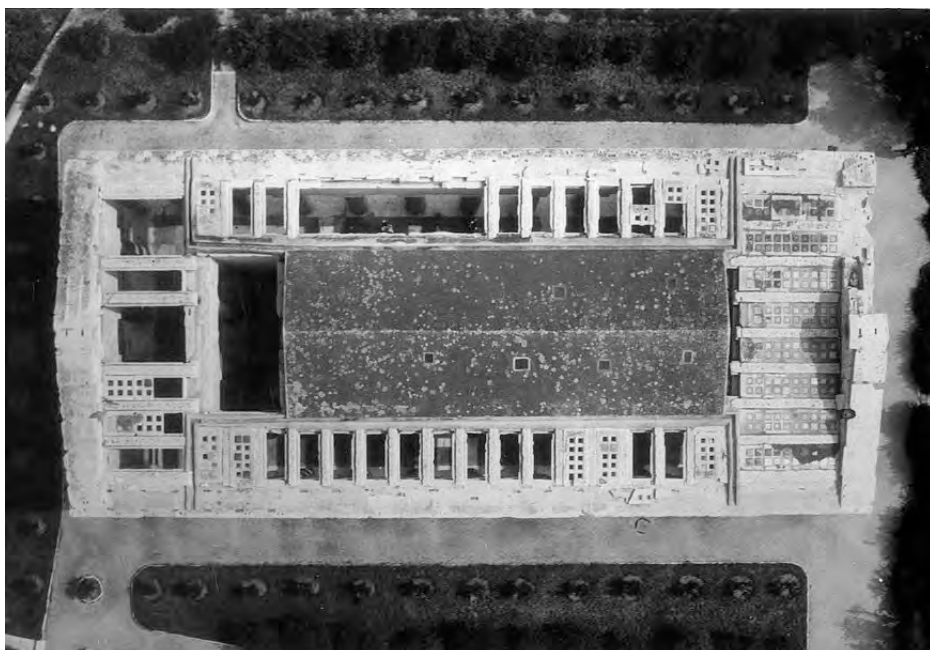


Εικ.49
Η δυτική όψη του ναού. Διακρίνονται οι αναβαθμοί της κρηπίδας και το θεμέλιο (Agora.ascsa.net).

Εικ.50
Κάτοψη στο επίπεδο στέγασης, όπου φαίνονται οι σχετικές θέσεις των ξύλινων και μαρμάρινων δοκαριών και των καλυπτήριων, W. D. Dinsmoor (Agora.ascsa.net).



Εικ.51
Αεροφωτογραφία του ναού, στην οποία διακρίνεται η διατήρηση των σωζόμενων στοιχείων της στέγης (Agora.ascsa.net).



B5. Οικοδομικές ιστορικές φάσεις

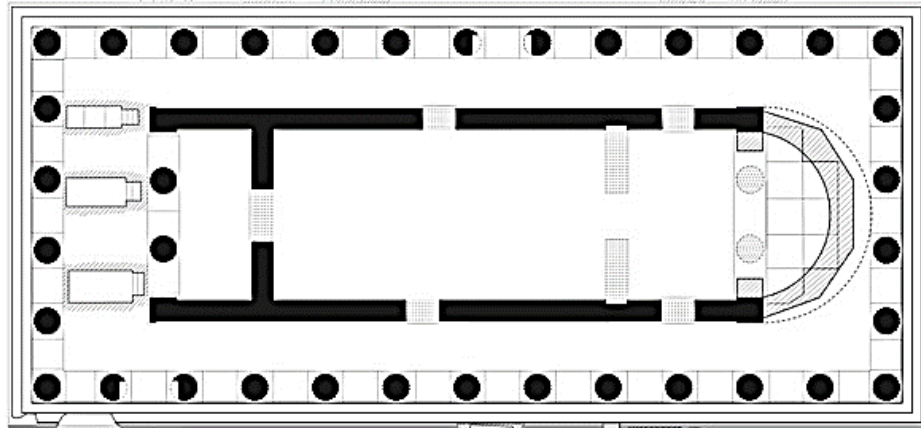
Η κατασκευή του ναού, η οποία ορίζεται ως αρχική πρώτη φάση, φαίνεται ότι ολοκληρώθηκε σε τρεις περιόδους. Στο 450 π.Χ. περίπου, ξεκινάει η ανοικοδόμηση του ναού και ολοκληρώνεται η ανωδομή μέχρι και την τοποθέτηση των διακόσμων μετοπών και τα γλυπτά του ανατολικού αετώματος. Μετά το 435 π.Χ., χρονολογούνται οι αλλαγές στο αρχικό σχέδιο που αφορούν στην διάταξη του σηκού και την κατασκευή της εσωτερικής κιονοστοιχίας, καθώς και η ανατολική ζωφόρος και τα γλυπτά του δυτικού αετώματος. Ο ναός αποπερατώνεται μετά το 421 π.Χ. και ολοκληρώνεται μέχρι το 415 π.Χ., όταν κατασκευάζονται η σίμα και τα ακρωτήρια και τοποθετείται το λατρευτικό σύμπλεγμα Ηφαίστου και Αθηνάς (Λαμπρινουδάκης, 1986).

Στη δεύτερη φάση, ο ναός μετατράπηκε στην εκκλησία του Αγίου Γεωργίου του Ακάμα, πιθανότατα κατά την διάρκεια του 7^{ου} μ.Χ. αιώνα, με τις απαραίτητες αλλαγές στον προσανατολισμό και στον όγκο του κτιρίου, ώστε να προσαρμοστεί στις χριστιανικές ανάγκες (Camp, 2004). Στην ανατολική πλευρά του ναού κατασκευάστηκε η αψίδα του ιερού, καθαιρώντας τον ανατολικό εσωτερικό τοίχο και τους δύο κίονες του πρόναου, οι οποίοι αντικαταστάθηκαν με ημικυκλικό τόξο, που στήριζε τα μαρμάρια επιστύλια. Στον τοίχο του οπισθόδομου έγινε διάνοιξη μιας θύρας εισόδου και επιπλέον διανοίχτηκαν δύο πλευρικές θύρες, ανά μία στη βόρεια και νότια πλευρά του ναού αντίστοιχα (Λαμπρόπουλος και Βομβογιάννη, 1999). Κατά τη μετατροπή αυτή σε εκκλησία, χαρακτηριστική είναι η συστηματική καταστροφή των μετοπών, με τον ακρωτηριασμό των γλυπτών ειδωλολατρικής προέλευσης και κυρίως των ανθρώπινων μορφών (Camp, 2004). Κατά τη μεσοβυζαντινή περίοδο κατασκευάστηκε η χτιστή κυλινδρική καμάρα, η οποία καλύπτει μέχρι και σήμερα το σηκό του ναού και η ημικυκλική αψίδα του ιερού αντικαταστάθηκε με μια μικρότερη πολυγωνική αψίδα, η οποία παρέμεινε μέχρι το 1834 (Λαμπρόπουλος και Βομβογιάννη, 1999). Σε αυτή τη φάση είναι πιθανό ότι καθαιρέθηκε η εσωτερική κιονοστοιχία (Μαστραπάς, 1994), χωρίς να προσδιορίζεται αν έγινε κατά τη διάρκεια της πρώτης ή της δεύτερης επέμβασης όσο λειτουργούσε ως χριστιανικός ναός.

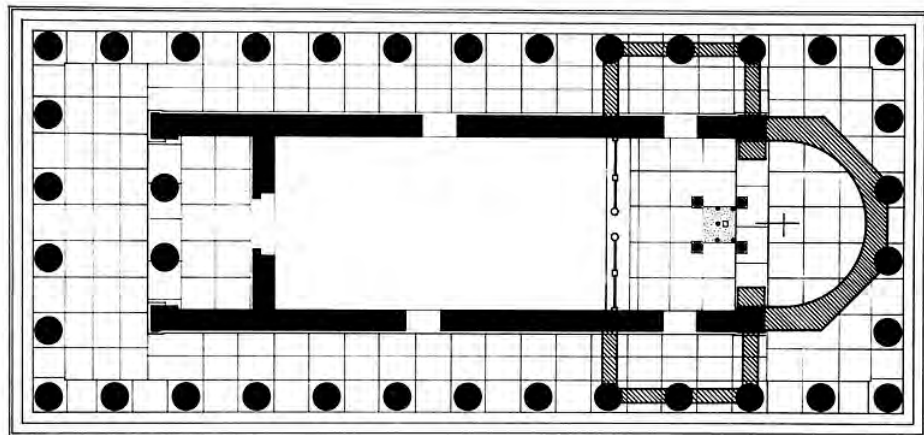
Στην διάρκεια της τουρκοκρατίας, η είσοδος στα δυτικά και οι πλευρικές θύρες σφραγίστηκαν με τούβλα και κονίαμα, εκτός από τη δυτική είσοδο της νότιας πλευράς (Λαμπρόπουλος και Βομβογιάννη, 1999), μετατροπές που διακρίνονται ακόμα στην σημερινή κατάσταση του ναού. Επίσης την εποχή αυτή, προσκυνητές χαράζουν στους στύλους διάφορα σημαντικά γεγονότα και ιδίως θανατικά, ώστε να διατηρηθεί η μνήμη τους (Φιλαδέλφειος, 1994). Η λειτουργία του ναού ως εκκλησία παύει κάποια στιγμή και μέχρι το τέλος της τουρκοκρατίας και ο ναός χρησιμοποιείται ως αχυρώνας και στάβλος (Κόκκου, 1977). Κατά το 18ο αιώνα στο εσωτερικό του ναού, αλλά και στον περιβάλλοντα χώρο, ενταφιάσθηκαν πολλοί επιφανείς προτεστάντες που πέθαναν στην Αθήνα (odysseus.culture.gr), ιδιαίτερα εκείνοι οι οποίοι συμμετείχαν στον απελευθερωτικό αγώνα του 1821-1828 (project.athens-agera.gr), με αποτέλεσμα την καταστροφή του αρχαίου μαρμάρινου δαπέδου.

Με την απελευθέρωση την Ελλάδα, το 1834, αναβιώνει η χρήση του ναού ως εκκλησία του Αγ. Γεωργίου, και γίνεται η πρώτη εορταστική δοξολογία κατά την τελετή υποδοχής του βασιλιά Όθωνα. Στις αρχές του

Εικ.52
Κάτοψη του ναού του
Ηφαίστου κατά τη
μετατροπή του σε
χριστιανική εκκλησία
(Agora.ascsa.net).



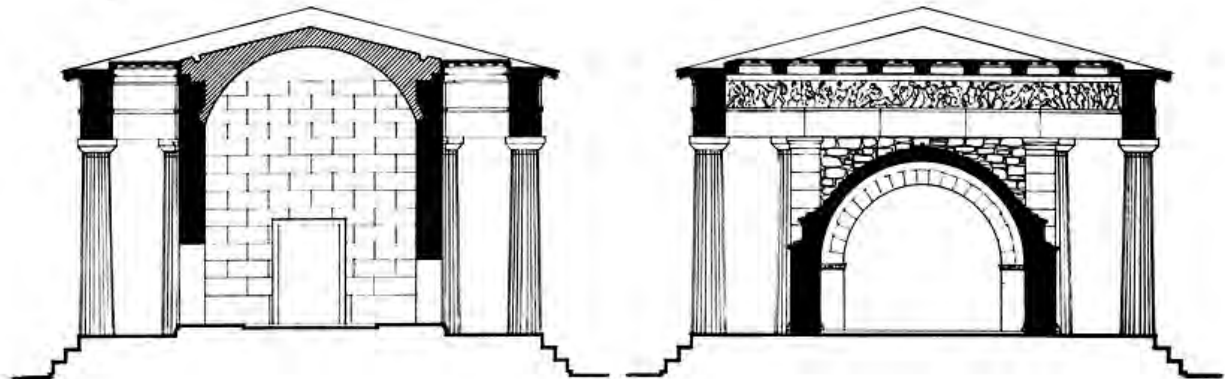
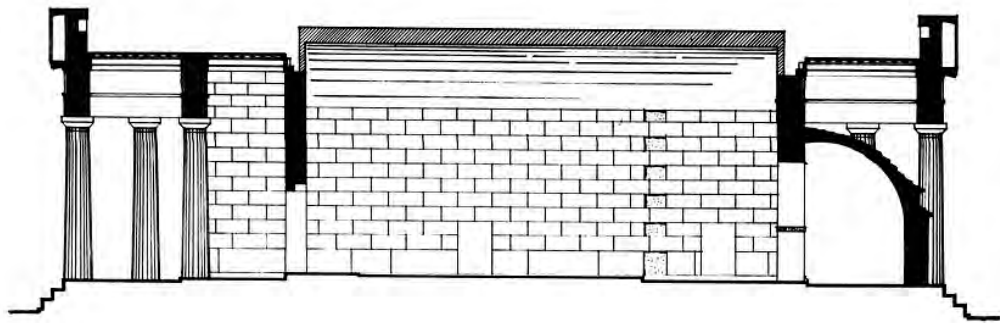
Εικ. 53
Κάτοψη του ναού του
Ηφαίστου κατά την
μετατροπή του σε
χριστιανική εκκλησία.
Ι. Τραυλός, 1958
(Agora.ascsa.net).



5 M.

J.T.
1958

Εικ. 54, 55, 56
Τομή κατά μήκος,
και τομές κατά πλάτος
του ναού του Ηφαίστου
κατά την μετατροπή του
σε χριστιανική εκκλησία
Ι. Τραυλός, 1958
(Agora.ascsa.net).



Κεφάλαιο Γ: Οικοδομικές ιστορικές φάσεις



Εικ.57
Σχέδιο του Louis Dupré, του ναού του Ηφαίστου, στο οποίο διακρίνεται η κυλινδρική αψίδα στην ανατολική πλευρά, για την διαμόρφωση του Ιερού κατά την μετατροπή του σε χριστιανική εκκλησία (El.travelogues.gr).



Εικ. 58
Σχέδιο του ναού του Ηφαίστου όπου απεικονίζεται η πολυγωνική αψίδα του ιερού στον πρόναο, η οποία αντικατέστησε την προηγούμενη κυλινδρική (El.travelogues.gr).



Εικ.59
Φωτογραφία του J.Robertson, ανάμεσα στο 1850 – 1888, στην οποία διακρίνεται προσθήκη στον χώρο του πτερού (Η παλιά Αθήνα).

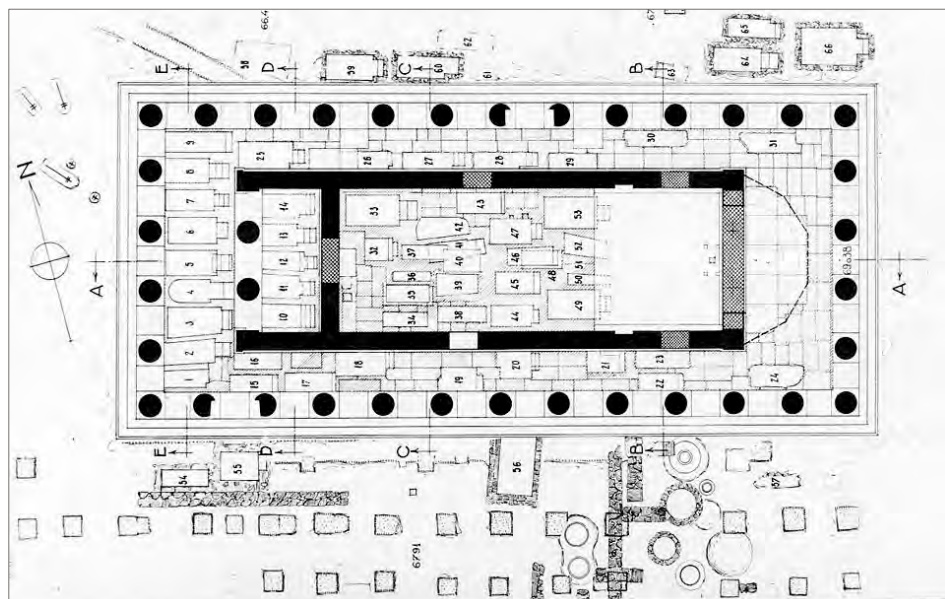
1835, η Ιερά Σύνοδος αποφασίζει την παύση της λειτουργίας ως χριστιανική εκκλησία και ο ναός στεγάζει το Κεντρικό Αρχαιολογικό Μουσείο. Τότε, απομακρύνονται τα χριστιανικά στοιχεία και χτίζεται στην θέση του Ιερού ευθύς τοίχος, που κλείνει την όψη του πρόναου. Επιπλέον, η θολωτή στέγη καλύφτηκε με νέα δικλινή στέγη από λίθινες πλάκες της Μάλτας και στερεώνονται δύο κίονες στη βορειοδυτική γωνία και στην νότια πλευρά του περιστυλίου. Από το 1874, η συλλογή αρχαιοτήτων που στεγαζόταν στο ναό του Ηφαίστου μεταφέρεται στο Εθνικό Μουσείο, η κατασκευή του οποίου έχει ολοκληρωθεί, αν και συνεχίζει να χρησιμοποιείται έως το 1935 (Κόκκου, 1977).

Επιπλέον στο διάστημα αυτό, η Αρχαιολογική Εταιρεία, η οποία ιδρύεται το 1833, σε μια προσπάθεια συντήρησης, αποκατάστασης και ανάδειξης των κλασικών μνημείων, πραγματοποιεί εργασίες συμπλήρωσης και στερέωσης των δομικών υλικών, αναστηλωτικές εργασίες, οι οποίες περιλαμβάνουν την επανατοποθέτηση αρχαίων μελών, και επιχωμάτωση των πλευρών του ναού.

Το 1936, η Αμερικάνικη Σχολή Κλασικών Σπουδών ξεκινάει ανασκαφική έρευνα στο ναό του Ηφαίστου, και πραγματοποιείται το πρώτο αναστηλωτικό πρόγραμμα του Α. Ορλάνδου. Στην ανατολική πλευρά, κατά τη διάρκεια εργασιών για την αποκατάσταση των δύο κίωνων του πρόναου, κατεδαφίζεται ο μεταγενέστερος τοίχος του πρόναου και αποκαλύπτεται εντοιχισμένο ένα τμήμα του ανώτερου επιστυλίου της εσωτερικής κιονοστοιχίας. Επίσης, εντοιχισμένα στον τοίχο βρέθηκαν δύο μεγάλα κομμάτια από ελευσινιακό ασβεστόλιθο, τα οποία ανήκουν στο βάθρο των λατρευτικών αγαλμάτων του ναού. Στο εσωτερικό του σηκού, ενδιαφέρον παρουσιάζει το επίχρισμα, το οποίο καλύπτει μεγάλο τμήμα της επιφάνειας των τοίχων στο οποίο βρέθηκαν ίχνη ερυθρού χρώματος, που ίσως υποδεικνύουν ότι οι τοίχοι του σηκού πίσω από την εσωτερική κιονοστοιχία ήταν βαμμένοι με αυτό το χρώμα. Το 1939 κατά την ανασκαφή στο σηκό και στο περιστύλιο του ναού αποκαλύφθηκαν οι τάφοι στο εσωτερικό του ναού και στον περίβολο, που αναφέρθηκαν παραπάνω (Λαμπρόπουλος και Βομβογιάννη, 1999), οι οποίοι στη συνέχεια επιχωματώθηκαν για να διασφαλιστεί η σταθερότητα του ναού.

Το 1953 και μέχρι το τέλος της δεκαετίας, η Αμερικάνικη Σχολή Κλασικών Σπουδών εκτελεί εργασίες συντήρησης και καθαρισμού, και πραγματοποιεί επεμβάσεις για την αποκατάσταση του περιβάλλοντος χώρου του μνημείου,

Εικ.60
Κάτοψη του ναού του Ηφαίστου, διακρίνονται οι τάφοι στο εσωτερικό του και ο τοίχος που αντικατέστησε το Ιερό της εκκλησίας στον πρόναο.
Ι.Τραυλός, 1939
(Agora.ascsa.net).



Κεφάλαιο Γ: Οικοδομικές ιστορικές φάσεις



Εικ.61
Ο δυτικός τοίχος του οπισθόδομου με το άνοιγμα της θύρας που διανοίχτηκε κατά τη μετατροπή σε χριστιανική εκκλησία, όπως υπήρξε κλεισμένο με λιθοδομή (Agora.ascsa.net).

Εικ.62
Άποψη του πρόναου μέσα από τον σηκό, μετά την αποκατάσταση των δύο κιόνων (Agora.ascsa.net).



Εικ.63
Η ανατολική όψη του ναού, στην οποία διακρίνεται ο τοίχος από λιθοδομή στη θέση των δύο κιόνων του πρόναου.
H. Koch, 1926
(German Archaeological Institute).

Εικ.64
Νοτιοδυτική άποψη του ναού του Ηφαίστου από τον F. Bonfils (1831-1885) (Η παλιά Αθήνα).



στο συνολικό πλαίσιο διαμόρφωσης και ανάδειξης του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Αγοράς. Τη δεκαετία του 1970, η Εφορεία Αρχαιοτήτων Ακροπόλεως πραγματοποίησε εργασίες συντήρησης στους κίονες της βόρειας πλευράς, στους κίονες και στους τοίχους του σηκού και την οροφή της νότιας πλευράς, καθώς και στο αέτωμα και επιστύλιο της δυτικής πλευράς.

B6. Παθολογία

Ο ναός σώζεται σε πολύ καλή κατάσταση, καθώς γλύτωσε των καταστροφών που συνέβησαν κατά τη διάρκεια των αιώνων, αλλά και της απειλής που αποτελούσε η λατόμευση του υλικού του για δεύτερη χρήση, καθώς μετατράπηκε σε χριστιανικό ναό (project.athens-agera.gr). Διασώθηκε και από τους διάφορους σεισμούς, αν και έπαθε πολλές βλάβες στη δομή του, όπως η μετάθεση και η εξάρθρωση πολλών σπονδύλων και μετοπών (Φιλαδέλφειος, 1994).

Η καταστροφή της στέγασης του ναού, αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες φθοράς που εκτός από την απώλεια του δομικού υλικού και την μη ολοκλήρωση της μορφής του, επέφερε και τη διάβρωση του σωζόμενου γλυπτού διακόσμου λόγω των περιβαλλοντικών συνθηκών. Στο επίπεδο αυτό, σώζονται τα αετώματα, από τα οποία το ανατολικό έχει καταστραφεί τμηματικά το 1826 λόγω βομβαρδισμού.

Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, οι μεταγενέστερες επεμβάσεις έχουν προκαλέσει αλλοιώσεις στην αρχική μορφή του ναού, όπως η καθαίρεση της εσωτερικής κιονοστοιχίας στον σηκό και η διάνοιξη θυρών στις τοιχοποιίες του. Σημαντική απώλεια, αποτελεί η καταστροφή του μαρμάρινου δαπέδου του ναού εξαιτίας της διάνοιξης των τάφων. Διασώθηκαν ελάχιστες μαρμάρινες πλάκες στο βόρειο και στο δυτικό επιστύλιο, ενώ στο ανατολικό επιστύλιο σώζονται οκτώ μαρμάρινες πλάκες, οι οποίες γλύτωσαν λόγω της αψίδας του ιερού της εκκλησίας.

Σημαντικές φθορές παρατηρούνται και σε ζεύγος κιόνων στην βόρεια και στην νότια πλευρά του επιστυλίου, οι οποίοι λαξεύτηκαν με σκοπό τη διάνοιξη χώρου για την είσοδο σαρκοφάγων στο ναό κατά τους βυζαντινούς χρόνους. Επιπλέον, στους τοίχους και στους κίονες του ναού υπάρχουν αλλοιώσεις από χαράγματα, τα οποία χρονολογούνται από τη μεσοβυζαντινή περίοδο μέχρι τον 19^ο μ.Χ. αιώνα (Λαμπρόπουλος και Βομβογιάννη, 1999).

Στη σημερινή κατάσταση διατήρησης των κιόνων και των τοίχων, παρατηρούνται έντονες θραύσεις, ρηγματώσεις και αποφλοιώσεις του μαρμάρου, καθώς και βιολογικές συμβιώσεις οι οποίες διαβρώνουν το υλικό. Τέλος, χαρακτηριστικός παράγοντας φθοράς είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση, η οποία προσβάλλει το ασβετιτικό υλικό του ναού και προκαλεί επικαθίσεις μαύρης κρούστας (Λαμπρόπουλος και Βομβογιάννη, 1999).

Κεφάλαιο Γ: Παθολογία



Εικ.65
Χαραγμένη επιγραφή σε τμήμα της βάσης του τοίχου του σηκού (Agora.ascsa.net).



Εικ.66
Κοπές στου κίονες του βόρειου περιστευλίου για την τοποθέτηση σαρκοφάγων (Agora.ascsa.net).



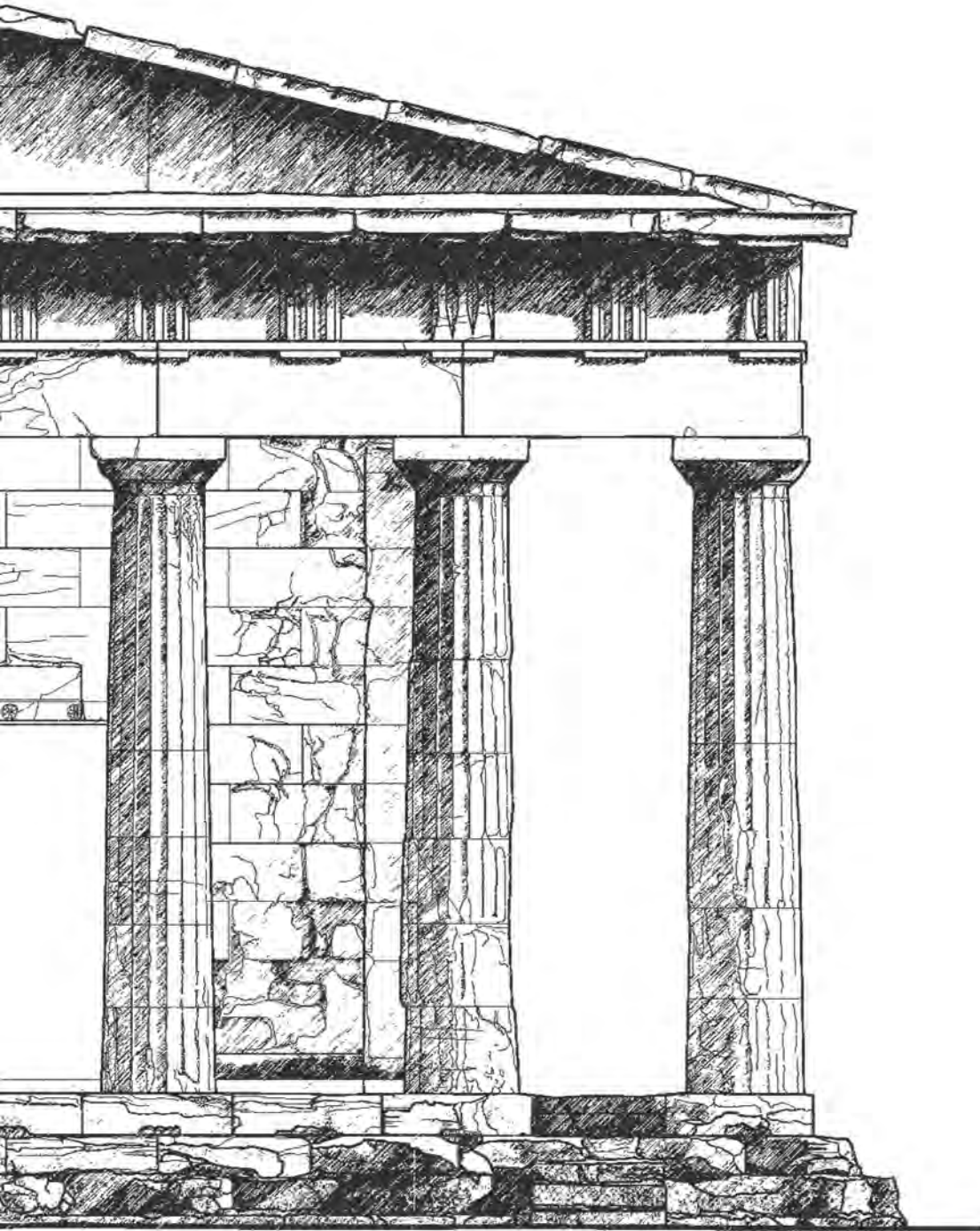
Εικ.67
Άποψη της δυτικής όψης του ναού στην υφιστάμενη κατάσταση. Διακρίνονται οι χαρακτηριστικές επικαθίσεις μαύρης κρούστας, λόγω ατμοσφαιρικής ρύπανσης (προσωπικό αρχείο).



Εικ.68
Το ανατολικό περιστεύλιο του ναού από τα βόρεια, το 1923 (El.travelogues.gr).



Εικ.69
Άποψη του οπισθόδομου, το 1961 (Agora.ascsa.net).



Συλλογή Τρισδιάστατων
Ψηφιακών Δεδομένων

Συλλογή τρισδιάστατων ψηφιακών δεδομένων

Δ1. Βασικές αρχές

Η φωτογραμμετρία αποτελεί σημαντικό και πολύτιμο εργαλείο στην γεωμετρική τεκμηρίωση, καθώς καταφέρει και επιτυγχάνει ταυτόχρονα πολλούς παράλληλους στόχους, όπως είναι ο προσδιορισμός των ποιοτικών χαρακτηριστικών ή η υφιστάμενη κατάσταση ενός αντικειμένου. Η βασική έννοιά της μπορεί να γίνει αντιληπτή από την ανάλυση της λέξης στα συνθετικά της: φως, γραμμή, μετρώ, δηλαδή μετρά με την χρήση του φωτός (ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία). Η φωτογραμμετρία ως επιστημονικός κλάδος ορίζεται ως *«η τέχνη, η επιστήμη και η τεχνική απόκτησης αξιόπιστων μετρητικών πληροφοριών για φυσικά αντικείμενα και για το περιβάλλον, μέσω διαδικασιών καταγραφής, μέτρησης και ερμηνείας φωτογραφικών εικόνων, προτύπων ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και άλλων φαινομένων»* (Γεωργόπουλος, 2017).

Στη βάση της φωτογραμμετρίας βρίσκονται δύο θεμελιώδεις αρχές, οι οποίες επέτρεψαν και την ανάπτυξή της: η προσομοίωση της ανθρώπινης όρασης και η μαθηματική-γεωμετρική περιγραφή ενός φυσικού αντικειμένου. Η φωτογραμμετρία, όπως διαφάνηκε και από τα ιστορικά στοιχεία, βασίζεται στην κατανόηση της φωτογραφικής διαδικασίας, δηλαδή του τρόπου με τον οποίο οι ακτίνες φωτός σχηματίζουν εικόνες αντικειμένων σε επίπεδη επιφάνεια. Η προσομοίωση της ανθρώπινης όρασης που επιτεύχθηκε στη φωτογραφική μηχανή, αξιοποιεί τη διαδικασία σύλληψης της διαδρομής μιας ακτίνας φωτός, η οποία καθώς πέφτει σε ένα αντικείμενο ανακλάται προς όλες τις διευθύνσεις. Μέσω ενός ρυθμιζόμενου ανοίγματος, το διάφραγμα, το οποίο ελέγχει την ποσότητα του φωτός που εισέρχεται, οι ακτίνες συγκεντρώνονται στον φακό, όπου ανακατευθύνονται και εστιάζονται στην επιφάνεια ενός αισθητήρα, αποτυπώνοντας μικρά είδωλα που ανασυνθέτουν την τελική εικόνα. Η διαδικασία αυτή ορίζεται από τους κανόνες της οπτικής και από το γεωμετρικό μοντέλο της κεντρικής προβολής (Chatzifoti, 2015), οπότε ως εικόνα ορίζεται η αναπαράσταση αντικειμένων σε επίπεδη επιφάνεια. Το ενδιαφέρον της φωτογραμμετρίας επικεντρώνεται στα χαρακτηριστικά της εικόνας, και στη σύγχρονη εποχή συγκεκριμένα της ψηφιακής εικόνας, η οποία διαθέτει ορισμένα πολύτιμα χαρακτηριστικά. Αποτελείται από πεπερασμένο αριθμό σημείων, για τα οποία είναι γνωστά η θέση τους (x,y) , η τιμή του χρώματος $f(x,y)$ τους και η διεύθυνσή τους σε σχέση με όλα τα πραγματικά σημεία που αποτυπώνονται σε αυτήν (Γεωργόπουλος, 2017). Η ψηφιακή εικόνα που παράγεται από μία φωτογραφική μηχανή, περιέχει κωδικοποιημένες σύμφωνα με τους κανόνες της κεντρικής προβολής, όλες τις πληροφορίες του φυσικού αντικειμένου.

Η δεύτερη βασική αρχή της φωτογραμμετρίας αφορά στην μαθηματική-γεωμετρική περιγραφή του αντικειμένου, η οποία στηρίζεται στην παραστατική γεωμετρία, δηλαδή στην δισδιάστατη απεικόνιση των τρισδιάστατων αντικειμένων με τη χρήση μαθηματικών κανόνων. Το τελικό επιθυμητό προϊόν της φωτογραμμετρίας είναι ο μετασχηματισμός μιας εικόνας από κεντρική σε ορθή προβολή, διαδικασία η οποία καλείται αναγωγή, παράγοντας στην ουσία έναν ορθοφωτοχάρτη (Γεωργόπουλος, 2017). Με αφετηρία την επίτευξη της αναγωγής μιας εικόνας, η

φωτογραμμετρία κατάφερε με την ταυτόχρονη ανάλυση περισσότερων από μία εικόνες να προσδιορίσει σημεία στον χώρο, δηλαδή να εξαγάγει τρισδιάστατες γεωμετρικές πληροφορίες. Τα σημεία που παράγονται συνθέτουν ένα αξιόπιστο νέφος, με βάση το οποίο μπορεί να δημιουργηθεί το μοντέλο του αντικειμένου στο οποίο είναι δυνατές οι ακριβείς μετρήσεις (Chatzifoti, 2015).

Το κύριο εργαλείο της φωτογραμμετρίας είναι η φωτογραφική μηχανή, η οποία δημιουργεί τις εικόνες, δηλαδή τα πρωτογενή δεδομένα προς επεξεργασία. Κατά τη διαδικασία λήψης των εικόνων, εισάγονται σε αυτές σφάλματα και παραμορφώσεις που πρέπει να διορθωθούν κατά την φωτογραμμετρική διαδικασία. Για να γίνει αυτό, πρέπει να είναι γνωστές οι παράμετροι του εσωτερικού προσανατολισμού της μηχανής, οι οποίες προσδιορίζονται με τη μέθοδο της βαθμονόμησης.

Όπως λογικά προκύπτει από τα παραπάνω, για να μετρηθεί κάποιο σημείο πρέπει να φωτογραφηθεί, δεδομένο που οδηγεί στον καθορισμό βασικών κανόνων σύμφωνα με τους οποίους φωτογραφίζεται ένα αντικείμενο. Σημαντική είναι η θέση λήψης σε σχέση με τον στόχο, η οποία κάθε φορά πρέπει να επιλέγεται ώστε να είναι δυνατή η ευδιάκριτη καταγραφή κάθε σημείου. Τα σημεία δεν πρέπει να βρίσκονται σε υπερφωτισμένα ή υπό σκιά τμήματα της φωτογραφίας και βεβαίως να βρίσκονται μέσα στην επιτρεπόμενη απόσταση προβολής από άποψη κλίμακας. Επιπλέον, για την αποφυγή μεταβολών της κλίμακας του αντικείμενου λόγω κλίσης του προβολικού επιπέδου της φωτογραφικής μηχανής, θα πρέπει να αναζητείται η κατά το δυνατόν καθετότητα του άξονα λήψης σε σχέση με τον στόχο. Αντίστοιχο πρόβλημα ανομοιόμορφης κλίμακας, θα πρέπει να υπολογίζεται και στην περίπτωση αντικειμένων μεγάλων διαστάσεων ή έντονου ανάγλυφου. Το ζήτημα της κλίμακας στην ψηφιακή εικόνα αφορά το μέγεθος του εικονοστοιχείου (pixel) στον αισθητήρα της φωτογραφικής μηχανής, σύμφωνα με το οποίο ορίζεται και το περιεχόμενο της πληροφορίας που εμπεριέχεται σε καθένα από αυτά. Όταν το τελικό προϊόν απαιτείται να βρίσκεται σε συγκεκριμένη κλίμακα, τότε το μέγεθος του pixel αποτελεί σημαντικό παράγοντα σύμφωνα με τον οποίο και σε συνάρτηση με άλλες παραμέτρους του φακού της μηχανής, θα προσδιοριστεί η απόσταση των λήψεων από το αντικείμενο (Γεωργόπουλος, 2017).

Το βασικό πρόβλημα της φωτογραμμετρίας, είναι ο προσδιορισμός της τρίτης διάστασης ενός σημείου από την δισδιάστατη εικόνα. Σύμφωνα με τους κανόνες της κεντρικής προβολής, είναι γνωστό ότι το πραγματικό σημείο, το κέντρο προβολής της κάμερας και το σημείο εικόνας βρίσκονται σε μία ευθεία γραμμή, οπότε το πρόβλημα μετατίθεται στην αναζήτηση της θέσης του σημείου στην ευθεία αυτή. Για να βρεθεί, απαιτούνται τουλάχιστον δύο εικόνες του ίδιου σημείου από διαφορετικές θέσεις στον χώρο, καθώς το ζητούμενο πραγματικό σημείο βρίσκεται στην τομή των δύο ευθειών που ορίζονται από κάθε φωτογραφία. Η διαδικασία αυτή, γνωστή ως τριγωνισμός ή εμπροθοτομία, επιτυγχάνει τον προσδιορισμό των τρισδιάστατων συντεταγμένων του αντικείμενου, με αποτέλεσμα την δημιουργία ενός τρισδιάστατου ψηφιακού μοντέλου (Chatzifoti, 2015). Για να επιτευχθεί ο τριγωνισμός πρέπει να είναι προσδιορισμένες μαθηματικά οι θέσεις λήψης των εικόνων και οι προσανατολισμοί των αξόνων λήψης, που σημαίνει την ύπαρξη ενός συστήματος αναφοράς. Οι θέσεις μπορούν να προσδιοριστούν είτε με απόλυτες συντεταγμένες, είτε αρχικά με σχετικές μεταξύ τους και στη συνέχεια με στροφή του ανεξάρτητου συστήματος σε

Δ1. Βασικές αρχές

απόλυτη θέση. Με αυτόν τον τρόπο το τρισδιάστατο μοντέλο έχει γνωστή κλίμακα και προσανατολισμό, οπότε μπορεί να επιτευχθεί η ζητούμενη ορθή προβολή του. Σε μικρών διαστάσεων αντικείμενα, αυτό πρακτικά είναι δυνατό, όμως σε μεγάλης κλίμακας αντικείμενα, όπως τα μνημεία, αυτό δύσκολα μπορεί να επιτευχθεί. Συνήθως, για την τεκμηρίωση μνημείων εφαρμόζεται η τρίτη μέθοδος, η οποία βασίζεται στον συνεχή επαναπροσδιορισμό των θέσεων των λήψεων από τις ίδιες τις εικόνες. Στην μέθοδο αυτή, το τρισδιάστατο νέφος σημείων ανήκει σε ένα ανεξάρτητο τρισσορθογώνιο σύστημα, το οποίο όμως δεν έχει γνωστό προσανατολισμό και κλίμακα σε σχέση με το πραγματικό αντικείμενο. Για να ανακτηθούν τα βασικά αυτά χαρακτηριστικά απαιτούνται τουλάχιστον τρία φωτοσταθερά σημεία, δηλαδή σημεία που αναγνωρίζονται στις φωτογραφίες και έχουν γνωστές συντεταγμένες σε κάποιο τοπικό γεωδαιτικό ή χαρτογραφικό σύστημα. Ορίζοντας τις συντεταγμένες αυτές, μία για κάθε άξονα του τρισδιάστατου συστήματος, το μοντέλο θα στραφεί κατάλληλα, ώστε να ενταχθεί πλέον στο γνωστό σύστημα αναφοράς και να αποκτήσει γεωαναφορά και πραγματική κλίμακα. Η διαδικασία απόδοσης κλίμακας και προσανατολισμού του μοντέλου, μπορεί να γίνει και με άλλους πρακτικούς τρόπους, ελλείψει γεωδαιτικών μετρήσεων. Πριν την φωτογράφιση μπορεί να τοποθετηθεί μια μετρική κλίμακα και ένα γνωστά προσανατολισμένο αντικείμενο, σύμφωνα με τα οποία θα γίνει η επεξεργασία του τελικού μοντέλου, ή σε άλλη περίπτωση μπορεί να μετρηθεί μία διακριτή διάσταση στο πραγματικό αντικείμενο, με βάση την οποία θα γίνει η απόδοση κλίμακας, ενώ ο προσανατολισμός θα εκτιμηθεί με βάση τη γεωμετρία του ίδιου του αντικειμένου. Οι τρόποι αυτοί δεν εξασφαλίζουν την ακρίβεια που απαιτείται στην τεκμηρίωση ενός μνημείου και συνήθως δεν επιλέγονται.

Η τρισδιάστατη φωτογραμμετρική μέθοδος έχει το πλεονέκτημα της δυνατότητας της επεξεργασίας των δεδομένων αποδίδοντας πολλών ειδών τελικά προϊόντα, όπως ορθοφωτογραφίες γενικής οριζοντιογραφίας, οριζόντιων και κατακόρυφων τομών, όψεις, αναπτύγματα επιφανειών, καθώς και τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα, φωτορεαλιστικές απεικονίσεις, κ.ά. (Γεωργόπουλος, 2017). Οι ορθοφωτογραφίες παρέχουν αξιόπιστες μετρικές πληροφορίες σε συνδυασμό με ποιοτικές πληροφορίες, με αποτέλεσμα να μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε σαν χάρτης, είτε ως υπόβαθρο για την παραγωγή γραμμικών σχεδίων, σε κατάλληλο πρόγραμμα σχεδίασης. Το τρισδιάστατο μοντέλο, εκτός της αναπαράστασης της γεωμετρίας ενός αντικειμένου διαθέτει και πληροφορίες χρώματος και υφής, τα οποία προφέρουν ποιοτικές πληροφορίες, οι οποίες ειδικά στη μελέτη των μνημείων είναι πολύτιμες καθώς μπορούν να τεκμηριώσουν τα υλικά δομής, την κατάσταση διατήρησης και την παθολογία του. Επιπλέον, το τρισδιάστατο μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε τεχνικές περιήγησης μορφής βίντεο ή σε άλλα περιβάλλοντα, συνδυάζοντας την εξέλιξη στον τομέα των γραφικών στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, αλλά και ως πρότυπο για την δημιουργία πραγματικών μοντέλων με την μέθοδο της τρισδιάστατης εκτύπωσης (Chatzifoti, 2015).

Δ2. Σαρώσεις laser και γεωδαιτικές μετρήσεις

Σαρώσεις laser

Ο σαρωτής laser έχει τη δυνατότητα να συλλέγει εξαιρετικά μεγάλο αριθμό σημείων, που αφορούν στη γεωμετρική και ταυτόχρονα στην ποιοτική πληροφορία. Χαρακτηριστικό αυτό των συσκευών είναι η συνεχής σάρωση της επιφάνειας ενός αντικειμένου που βρίσκεται στην εμβέλεια του, συλλέγοντας χιλιάδες σημείων ανά δευτερόλεπτο, με αποτέλεσμα τη μέγιστη συλλογή δεδομένων σε μικρό χρονικό διάστημα. Υπάρχουν διαφορετικά είδη επίγειων ενεργητικών σαρωτών, οι οποίοι διακρίνονται σε κατηγορίες ανάλογα με τη χρήση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που αποτελεί το βασικό στοιχείο λειτουργίας τους. Για την τεκμηρίωση αντικειμένων μεγάλων διαστάσεων, όπως είναι ένα μνημείο, συνήθως χρησιμοποιούνται οι σαρωτές της κατηγορίας time-of-flight, οι οποίοι παρέχουν άμεσα το αποτέλεσμα της σάρωσης, που είναι ένα νέφος τρισδιάστατων σημείων. Σε αυτήν τη κατηγορία σαρωτών εντάσσονται οι σαρωτές διαμόρφωσης φέροντος κύματος ή παλμού και οι σαρωτές διαφοράς φάσης, οι οποίοι εκτός από τις βασικές αρχές λειτουργίας τους, διαφοροποιούνται και ως προς τις δυνατότητες τους (Γεωργόπουλος, 2017).

Οι σαρωτές παλμού, είναι σχετικά αργοί (40-50K σημεία/sec), αλλά πλεονεκτούν στην εμβέλεια τους, η οποία εκτείνεται από εκατοντάδες μέτρα μέχρι λίγα χιλιόμετρα. Αρχή λειτουργίας αυτών των σαρωτών είναι η μέτρηση της διαφοράς χρόνου μεταξύ του εκπεμπόμενου και λαμβανόμενου σήματος. Ένας πομπός εκπέμπει ένα σήμα στον στόχο, το οποίο ανακλάται στην επιφάνεια του αντικειμένου και επιστρέφει κατά τον ίδιο άξονα εκπομπής στον δέκτη, ο οποίος μετρά τον χρόνο μετάβασης-επιστροφής. Με τον τρόπο αυτό προσδιορίζεται η απόσταση του σημείου από τη θέση σάρωσης και σε συνδυασμό με την γωνία εκτροπής της ακτίνας εντοπίζονται οι συνταγμένες του στο σύστημα αναφοράς του οργάνου. Οι σαρωτές διαφοράς φάσης είναι πιο γρήγοροι (1000K σημεία/sec), όμως έχουν μειωμένη εμβέλεια περίπου στα διακόσια μέτρα. Η μέθοδος που χρησιμοποιούν βασίζεται στην συνεχόμενη εκπομπή μιας ακτίνας laser γνωστής έντασης, η οποία μετά την ανάκλαση της στην επιφάνεια του στόχου, επιστρέφει στον δέκτη και καταγράφεται, ορίζοντας μία διαφορά φάσης, σύμφωνα με την οποία υπολογίζεται η απόσταση. Εκτός των παραπάνω χαρακτηριστικών, υπάρχουν και άλλοι παράμετροι οι οποίοι λαμβάνονται υπόψη κατά την επιλογή του σαρωτή για την εκτέλεση κάποιου έργου. Το εύρος πεδίου, που αφορά στο τμήμα του χώρου που σαρώνεται κατά την οριζόντια και κατακόρυφη διεύθυνση, η χωρική ανάλυση και η ακρίβεια, οι οποίες εξαρτώνται από την απόσταση σάρωσης από το αντικείμενο.

Η απόδοση των παραπάνω σαρωτών, οι οποίοι προσδιορίζουν την απόσταση του αντικειμένου με βάση την ανακλώμενη ακτινοβολία, εξαρτάται από την ένταση αυτής, η οποία με την σειρά της εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως το σχήμα, χρώμα και η υφή της επιφάνειας, η γωνία πρόσπτωσης σε αυτή, το μέγεθος του στόχου και οι συνθήκες της ατμόσφαιρας. Με βάση αυτούς τους παράγοντες, προκύπτουν συνθήκες οι οποίες εισάγουν σφάλματα στη σάρωση, ή εμποδίζουν ακόμα και την πραγματοποίησή της. Επιπλέον σφάλματα μπορεί να προκύψουν από άλλους παράγοντες, όπως μικρομετακινήσεις του οργάνου, παρεμβολές στην πορεία της ακτίνας, επιφάνειες που λόγω της γεωμετρίας του αντικειμένου

Δ2. Σαρώσεις laser και γεωδαιτικές μετρήσεις

βρίσκονται σε σκιά και σφάλματα λόγω περιβαλλοντικών συνθηκών που μπορεί να επηρεάσουν την ακτίνα (Γεωργόπουλος, 2017).

Οι σαρωτές προσφέρουν ευκολία στη συλλογή δεδομένων, οι οποία γίνεται αυτοματοποιημένα από το όργανο, όμως απαιτείται καλή προηγούμενη προετοιμασία. Ανάλογα με τα τεχνικά στοιχεία του σαρωτή, τις επιθυμητές προδιαγραφές και τα γεωμετρικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά του αντικειμένου, προσδιορίζεται η πυκνότητα, η απόσταση και οι θέσεις σάρωσης. Οι θέσεις επιλέγονται, ώστε να υπάρχει ανεμπόδιση θέαση του στόχου, το εύρος πεδίου του σαρωτή να καλύπτει όσον το δυνατό μεγαλύτερο τμήμα για την ελαχιστοποίηση του αριθμού των απαιτούμενων σαρώσεων, και επίσης υπολογίζοντας ότι ο σαρωτής λόγω κατασκευής δεν μπορεί να σαρώσει μία περιοχή προς τα κάτω και γύρω από τον κατακόρυφο άξονα του. Επιπλέον, πρέπει να ικανοποιείται η προϋπόθεση ότι οι διαδοχικές σαρώσεις πρέπει να παράγουν αλληλεπικαλυπτόμενα μεταξύ τους νέφη σημείων σε ποσοστό 30-40%, όρος που εξασφαλίζει τόσο την κάλυψη του αντικειμένου, όσο και τη βέλτιστη απόδοση κατά την επεξεργασία τους. Μετά τον καθορισμό των θέσεων σάρωσης, τοποθετούνται στο αντικείμενο κατάλληλοι στόχοι, σύμφωνα με τους οποίους θα ενωθούν στη συνέχεια τα επιμέρους νέφη σημείων. Οι στόχοι τοποθετούνται στο αντικείμενο έτσι ώστε να είναι ορατοί από όσο το δυνατόν από περισσότερες θέσεις, με ελάχιστο απαιτούμενο τέσσερις στόχους από κάθε σάρωση και τρεις κοινούς στόχους μεταξύ διαδοχικών θέσεων. Επιπλέον, οι στόχοι πρέπει να τοποθετούνται διάσπαρτα στον νοητό τρισδιάστατο χώρο που καταλαμβάνει το αντικείμενο, ορίζοντας σημεία και στις τρεις διαστάσεις του. Οι θέσεις σαρώσεων και οι στόχοι αριθμούνται και καταγράφονται σε βοηθητικό σκαρίφημα, που εξυπηρετεί τόσο τον έλεγχο των ελάχιστων απαιτήσεων που αναφέρθηκαν παραπάνω, όσο και για την επεξεργασία των δεδομένων στη συνέχεια. Σε περίπτωση αδυναμίας χρήσης στόχων, η επεξεργασία μπορεί να γίνει με την ταύτιση κοινών σημείων ανάμεσα στα νέφη, εμπεριέχοντας όμως το ενδεχόμενο μείωσης της ακρίβειας του τελικού αποτελέσματος. Πριν την σάρωση, ορίζονται στο όργανο η μέση απόσταση σάρωσης και η επιθυμητή ακρίβεια του αποτελέσματος, σύμφωνα με τα οποία το όργανο θα προσδιορίσει την γωνία περιστροφής του κάτοπτρου που κατευθύνει την ακτίνα laser. Λόγω αυτής της γωνίας, η οποία διατηρείται σταθερή, τα σημεία που λαμβάνονται θα είναι πιο πυκνά ή πιο αραιά, ανάλογα με την απόσταση από τον στόχο. Οι σαρώσεις γίνονται με τη σειρά σε κάθε προεπιλεγμένη θέση και κάθε σάρωση ολοκληρώνεται συνήθως σε σύντομο χρονικό διάστημα, όμως ο συνολικός χρόνος μπορεί να αυξηθεί κατά πολύ εάν απαιτείται μεγάλος αριθμός σαρώσεων. Στις σαρώσεις σε εξωτερικό χώρο, όπως στην περίπτωση των μνημείων, θα πρέπει να εκτιμηθεί ο συνολικός χρόνος που θα απαιτηθεί για τις σαρώσεις, ώστε να εξασφαλιστούν σταθερές συνθήκες περιβάλλοντος, που αφορούν τόσο στις καιρικές συνθήκες, όσο και στην κίνηση επισκεπτών στον χώρο.

Η επεξεργασία των δεδομένων σάρωσης γίνεται με τη χρήση ειδικών λογισμικών, για την λειτουργία των οποίων όμως λόγω του τεράστιου όγκου των δεδομένων απαιτείται μεγάλη υπολογιστική ισχύς. Το πρώτο στάδιο της επεξεργασίας είναι η συρραφή και η ευθυγράμμιση των σαρώσεων, ώστε οι ανεξάρτητες σαρώσεις να τοποθετηθούν σε ένα κοινό σύστημα αναφοράς. Η διαδικασία αυτή, τις περισσότερες φορές, γίνεται αυτοματοποιημένα με την αναγνώριση των στόχων από το λογισμικό, ενώ στην περίπτωση χωρίς τοποθετημένους στόχους εφαρμόζεται ο γνωστός αλγόριθμος του

«επαναληπτικά κοντινότερου σημείου». Σε δεύτερη φάση, γίνεται η συνένωση των νεφών κατά την οποία δημιουργείται ένα ολοκληρωμένο τρισδιάστατο νέφος σημείων του αντικειμένου, το οποίο με κατάλληλους αλγόριθμους ενοποιείται σε επίπεδο πλέγματος και όγκου. Σημαντικό μέρος της διαδικασίας επεξεργασίας των νεφών αποτελεί και η απομάκρυνση θορύβου στα δεδομένα ή τμημάτων της σάρωσης που δεν ανήκουν στον επιθυμητό στόχο, καθώς ο σαρωτής συλλέγει δεδομένα για οτιδήποτε είναι στην εμβέλεια του (Γεωργόπουλος, 2017).

Στο τρισδιάστατο μοντέλο που έχει δημιουργηθεί προστίθεται η υφή του πραγματικού αντικειμένου, που προκύπτει από την επεξεργασία φωτογραφιών που έχουν συλλεχθεί κατά τη διάρκεια της σάρωσης από την ενσωματωμένη φωτογραφική μηχανή που διαθέτει ο σαρωτής. Λόγω των μειωμένων χαρακτηριστικών που μπορεί να έχουν οι μηχανές των σαρωτών, σε σχέση με τις ανεξάρτητες φωτογραφικές μηχανές, σε περίπτωση απαιτούμενης μεγαλύτερης πιστότητας απόδοσης των ποιοτικών πληροφοριών του αντικειμένου, η υφή αυτή μπορεί να δημιουργηθεί από την επεξεργασία φωτογραφιών που έχει συλλέξει ο χρήστης, η οποία στη συνέχεια εφαρμόζεται στο μοντέλο των σαρώσεων.

Το τελικό μοντέλο που δημιουργήθηκε σύμφωνα με την παραπάνω διαδικασία, έχει κλίμακα 1:1 μια και μετρώνται πραγματικές αποστάσεις από τους σαρωτές. Ωστόσο ο προσανατολισμός τους πρέπει σε πολλές περιπτώσεις να προσδιοριστεί κατά την επεξεργασία. Η λύση, η οποία εφαρμόζεται συνήθως στην πράξη, αφορά στην μέτρηση των συντεταγμένων των στόχων με κλασικές γεωδαιτικές μεθόδους, δίνοντας σωστή γεωαναφορά στο νέφος σημείων (Γεωργόπουλος, 2017).

Γεωδαιτικές μετρήσεις

Οι γεωδαιτικές μετρήσεις γίνονται κυρίως με τη χρήση του Ολοκληρωμένου Γεωδαιτικού Σταθμού (total station), ο οποίος μετράει και καταγράφει γωνίες και αποστάσεις με αποτέλεσμα τον έμμεσο υπολογισμό των συντεταγμένων των σημείων στον χώρο. Η δυνατότητα μέτρησης αποστάσεων χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα, διευκόλυνε την διαδικασία μέτρησης και επιπλέον, προσέφερε μετρήσεις σε σημεία που είναι πρακτικά απρόσιτα. Οι ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί μπορούν να επιτύχουν μετρήσεις σε αποστάσεις μέχρι 1.5km χωρίς ανακλαστήρα και μέχρι 10km με τη χρήση ανακλαστήρα (Γεωργόπουλος, 2017). Όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, οι γεωδαιτικές μετρήσεις είναι συμπληρωματικές και απαραίτητες στις φωτογραμμετρικές μεθόδους, ώστε να επιτευχθεί η σωστή κλίμακα του μοντέλου και ο προσανατολισμός στον χώρο, τόσο σε τοπικό επίπεδο όσο και στον παγκόσμιο χάρτη.

Όπως και στη μέθοδο της σάρωσης, έτσι και στην συλλογή τοπογραφικών δεδομένων απαιτείται η προετοιμασία και οργάνωση της διαδικασίας, για την επίτευξη του βέλτιστου αποτελέσματος, σύμφωνα με τις επιθυμητές προδιαγραφές. Αρχή της μεθόδου είναι η δημιουργία ενός δικτύου αναφοράς (π.χ. μιας όδευσης), δηλαδή ενός δικτύου σταθερών σημείων που μετρώνται με ακρίβεια και θα αποτελέσουν τα σημεία στα οποία θα τοποθετηθεί το τοπογραφικό όργανο, οι λεγόμενες στάσεις, για την μέτρηση των υπόλοιπων σημείων ενδιαφέροντος. Η επιλογή της μορφής του δικτύου γίνεται έτσι ώστε να είναι ορατά όλα τα σημεία που θα μετρηθούν και ταυτόχρονα να υπάρχει οπτική σύνδεση μεταξύ τουλάχιστον τριών στάσεων κάθε φορά. Ως εργασία πεδίου, η ίδρυση του δικτύου απαιτεί

Δ2. Σαρώσεις laser και γεωδαιτικές μετρήσεις

προσαρμογή στον περιβάλλοντα χώρο, με αναζήτηση κάθε φορά του βέλτιστου σχήματος, που υπακούει σε κανόνες γεωμετρίας και έχει κορυφές σε σχήματα κανονικών τριγώνων ή πολυγώνων. Το τρίγωνο, που συναντάται συχνά στην τοπογραφία αλλά και στην μοντελοποίηση πολύπλοκων επιφανειών, υπερτερεί έναντι των άλλων σχημάτων στον χώρο, σύμφωνα με τους γεωμετρικούς κανόνες. Τρία μη συνευθειακά σημεία καθορίζουν ένα μοναδικό τρίγωνο, οπότε αντίστροφα γνωρίζοντας δύο σημεία και δύο μετρήσεις - δυο αποστάσεις, μια απόσταση και μια γωνία ή δύο γωνίες- είναι δυνατός ο προσδιορισμός άγνωστου τρίτου σημείου. Επιπλέον το τρίγωνο ορίζει ένα μοναδικό επίπεδο στον χώρο, προσφέροντας σταθερότητα και ακαμψία, ιδιότητες που εξυπηρετούν την ακρίβεια. Η βασική όδευση, τόσο για πρακτικούς λόγους όσο και για λόγους ελέγχου του δικτύου, αναπτύσσεται περιμετρικά του αντικειμένου, και στην συνέχεια μπορεί να λάβει επιπλέον πορείες σύμφωνα με τις ανάγκες του έργου. Οι κορυφές του δικτύου σηματοδοτούνται με σταθερά και αμετακίνητα σημεία, συνήθως με την χρήση καρφιών, ώστε να εξασφαλίζονται οι μετρήσεις και να υπάρχει η δυνατότητα συνέχισης των μετρήσεων την επόμενη μέρα ή σε άλλη χρονική στιγμή.

Με την ολοκλήρωση της ίδρυσης του δικτύου και τον προσδιορισμό των συντεταγμένων των κορυφών του, μετρούνται τα ζητούμενα σημεία, στην συγκεκριμένη περίπτωση για εξυπηρέτηση του συνδυασμού γεωδαιτικής και φωτογραμμετρικής μεθόδου, τα φωτοσταθερά. Παράλληλα με τις μετρήσεις χρησιμοποιείται πρόχειρο σκαρίφημα του αντικειμένου, το κροκί, επάνω στο οποίο έχουν σημειωθεί οι στάσεις και στη συνέχεια αριθμούνται και σημειώνονται τα σημεία, σε αντιστοιχία με την καταγραφή των συντεταγμένων που υπολογίζονται με το total station. Το κροκί είναι πολύ σημαντικό τμήμα της διαδικασίας, καθώς προσφέρει όλες τις πληροφορίες που θα χρειαστούν για την επεξεργασία των δεδομένων στις εργασίες γραφείου.

Οι συντεταγμένες που υπολογίζονται με αυτή τη διαδικασία, ανήκουν σε ένα ανεξάρτητο σύστημα αναφοράς που ορίζεται με βάση το δίκτυο, με αποτέλεσμα να έχουν σωστές σχετικές συντεταγμένες, δηλαδή πραγματική κλίμακα σε σχέση με το αντικείμενο. Σε πολλές περιπτώσεις, αυτό είναι αρκετό και εξυπηρετεί τις ανάγκες απόδοσης των τρισδιάστατων φωτογραμμετρικών μοντέλων ή τη φωτογραμμετρική διαδικασία αναγωγής δισδιάστατης εικόνας, με σκοπό την εξαγωγή μετρητικής πληροφορίας. Στην περίπτωση όμως που απαιτείται η ένταξη του αντικειμένου στον πραγματικό χώρο, δηλαδή η γεωαναφορά του, απαιτείται ο μετασχηματισμός τους σε κάποιο ενιαίο σύστημα αναφοράς, όπως στην Ελλάδα το ΕΓΣΑ'87, ή στο Παγκόσμιο Σύστημα.

Δ3. Διαδικασία συλλογής εικονιστικών δεδομένων

Η φωτογραμμετρία με βάση την επεξεργασία εικόνων διαχωρίζεται σε δύο κατηγορίες, στην μέθοδο αναγωγής μίας δισδιάστατης εικόνας και στην ψηφιακή πολυεικονική μοντελοποίηση (Chatzifoti, 2015). Ο βασικός εξοπλισμός της μεθόδου είναι η φωτογραφική μηχανή, γεγονός που προσφέρει μεγάλη ευελιξία στον χρήστη τόσο κατά την επίγεια φωτογράφιση, όσο και για εναέρια λήψη φωτογραφιών με μη επανδρωμένα ιπτάμενα συστήματα. Επιπλέον, το εξαιρετικό πλεονέκτημα αυτών των μεθόδων είναι ότι υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις, μπορούν

να εφαρμοστούν και να αποκαλύψουν μετρητικές πληροφορίες σε αντικείμενα που δεν υπάρχουν πια, εφόσον υπάρχουν παλαιότερες φωτογραφίες τους. Η δυνατότητα αυτή αποτελεί προνόμιο στον τομέα του πολιτισμού και ειδικότερα στη μελέτη των μνημείων, όπου πολλές φορές υπάρχουν ιστορικές φωτογραφίες. Στην περίπτωση αυτή μπορεί να εμπεριέχονται κάποια σφάλματα ακρίβειας, τα οποία όμως μπορούν να θεωρηθούν ασήμαντα μπροστά στον γενικότερο στόχο ανασύστασης του παρελθόντος.

Ανηγγμένη εικόνα

Η αναγωγή μιας δισδιάστατης εικόνας, είναι μία μέθοδος που μπορεί να εφαρμοστεί μόνο σε περιπτώσεις που το αντικείμενο δεν έχει τρίτη διάσταση, δηλαδή είναι τελείως επίπεδο ή διαμορφώνει αμελητέου βάθους ανάγλυφο. Τέτοιες περιπτώσεις μπορεί να είναι, για παράδειγμα, κάποιες όψεις κτιρίων ή ακόμα και έργα τέχνης, ζωγραφικοί πίνακες, τοιχογραφίες, ψηφιδωτά, για τα οποία απαιτείται χαρτογράφηση. Στις περιπτώσεις αυτές, ο μετασχηματισμός μίας μόνο εικόνας από την κεντρική προβολή στην ορθή, είναι δυνατός και επαρκής για την εξαγωγή αξιόπιστης μετρητικής πληροφορίας.

Η διαδικασία απαιτεί την λήψη της φωτογραφίας, σε απόσταση που υπολογίζεται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της φωτογραφικής μηχανής και της ζητούμενης ακρίβειας, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Για την αναγωγή της εικόνας απαιτούνται τουλάχιστον τέσσερα φωτοσταθερά σημεία, κατανεμημένα στην περίμετρο της επιφάνειας, ώστε να επιτευχθεί ο βέλτιστος υπολογισμός των παραμέτρων του (προβολικού) μετασχηματισμού της αρχικής εικόνας σε ορθή προβολή. Ανάλογα των χαρακτηριστικών του φωτογραφικού φακού και του είδους αρχείου που θα αποθηκευτεί η εικόνα, πριν την αναγωγή μπορεί να χρειαστεί κατάλληλη επεξεργασία για την διόρθωση σφαλμάτων παραμόρφωσης.

Στην περίπτωση της αναγωγής οι συντεταγμένες των φωτοσταθερών σημείων είναι δισδιάστατες και μπορούν να ανήκουν σε ένα σχετικό σύστημα κατά τους άξονες x, y του αντικειμένου, ενώ αν είναι συντεταγμένες από γεωδαιτικές μετρήσεις, επιλέγεται το ζεύγος συντεταγμένων που περιγράφει την ζητούμενη επιφάνεια, δηλαδή στην περίπτωση όψης κτιρίου το ζεύγος x, z . Το σύστημα συντεταγμένων στρέφεται και μετασχηματίζεται ώστε οι τελικές συντεταγμένες x', z' να είναι επάνω στο επίπεδο της ζητούμενης επιφάνειας. Με τον τρόπο αυτό οι νέες συντεταγμένες x', z' μπορούν να ταυτιστούν με τις αντίστοιχες συντεταγμένες x, y της εικόνας και να επιτευχθεί η αναγωγή. Η επεξεργασία για την παραγωγή της ανηγμένης εικόνας, γίνεται σε κατάλληλα λογισμικά, τα οποία απαιτούν μικρότερη υπολογιστική ισχύ και χρόνο, σε σχέση με τις τρισδιάστατες μεθόδους.

Πολυεικονική μοντελοποίηση

Η αυτοματοποιημένη πολυεικονική φωτογραμμετρική μέθοδος βασίζεται στην ανάλυση της ψηφιακής εικόνας, από την οποία επιτυγχάνεται ο αυτόματος εντοπισμός των θέσεων λήψεων, η ταύτιση ομολόγων σημείων και στη συνέχεια η ανασύνθεσή τους σε μία τρισδιάστατη δομή σημείων. Η μέθοδος περιγράφεται από τους όρους Δομή από Κίνηση (SFM) και Πολυεικονική στερεοαπεικόνιση (MVS) και

Δ3. Διαδικασία συλλογής εικονιστικών δεδομένων

αποτελεί πρόσφατη εξέλιξη στην επιστήμη της φωτογραμμετρίας, η οποία βασίζεται στην ανάπτυξη των λογισμικών και της υπολογιστικής ικανότητας των ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Χαρακτηριστικό της μεθόδου είναι η ανακατασκευή της τρισδιάστατης γεωμετρίας από εικόνες που προέρχονται από διαφορετικές θέσεις λήψης, οι οποίες δεν είναι αρχικά γνωστές. Για την επιτυχή εφαρμογή της μεθόδου σημαντικό ρόλο έχει η επιφάνεια του αντικειμένου, η οποία πρέπει να διαθέτει χαρακτηριστικά σημεία, ανάγλυφο και χρώμα που να μπορούν να ταυτιστούν με ασφάλεια, καθώς σε αντίθετη περίπτωση είναι πιθανό να προκύψουν λανθασμένες αντιστοιχίες και σφάλματα θορύβου στα δεδομένα. Όπως και στην μέθοδο της σάρωσης, οι γυαλιστερές, ανακλαστικές, διάφανες, υγρές ή πολύ σκούρες επιφάνειες δημιουργούν δυσκολίες στην εφαρμογή της μεθόδου, οι οποίες απαιτούν ειδικά φίλτρα για την διόρθωσή τους. Ακόμα ένας σημαντικός παράγοντας για την εφαρμογή της μεθόδου, είναι οι συνθήκες φωτισμού που επικρατούν κατά τις λήψεις των φωτογραφιών. Γενικά η μέθοδος δεν απαιτεί σταθερές συνθήκες φωτισμού, γεγονός που την κάνει κατάλληλη για αντικείμενα στον εξωτερικό χώρο, όμως απαιτεί σχετική ομοιομορφία φωτισμού του στόχου, χωρίς έντονες σκιάσεις ή αυτοσκιές. Στην πράξη το διάχυτο φως, όπως αυτό μιας συννεφιασμένης ημέρας, προσφέρει τον βέλτιστο φωτισμό και ταυτόχρονα εξασφαλίζει και την τελική ποιοτική ομοιομορφία του μοντέλου σε σχέση με την υφή και το χρώμα του.

Η διαδικασία συλλογής των εικονιστικών δεδομένων, ξεκινάει με την αναγνώριση του αντικειμένου και τον καθορισμό των επιθυμητών τεχνικών προδιαγραφών κλίμακας και ακρίβειας. Γίνεται η κατάλληλη ρύθμιση των παραμέτρων της φωτογραφικής μηχανής (διάφραγμα, ταχύτητα κλείστρου, τιμή ISO), όπως και ο τύπος του ψηφιακού αρχείου στο οποίο σώζονται οι εικόνες, αποφεύγοντας τύπους υψηλής συμπίεσης που οδηγούν στην εισαγωγή τεχνικών σφαλμάτων. Στη συνέχεια ξεκινάει η λήψη των φωτογραφιών, οι οποίες πρέπει να έχουν περίπου 60% επικάλυψη μεταξύ τους και να καλύπτουν όλες τις επιφάνειες του αντικειμένου. Οι θέσεις και οι γωνίες λήψης επιλέγονται κάθε φορά με βάση τη γεωμετρία και την πολυπλοκότητα του αντικείμενου, όμως γενικά ο άξονας λήψης πρέπει να είναι κάθετος στην επιφάνεια και συνολικά οι λήψεις να είναι συνεχόμενες και συγκλίνουσες προς το κέντρο του στόχου, ορίζοντας μία νοητή κυκλική κίνηση γύρω από το αντικείμενο. Επιπλέον, είναι επιθυμητό το αντικείμενο να βρίσκεται στο κέντρο της φωτογραφίας και να καλύπτει τα 3/5 περίπου αυτής, ή σε μεγαλύτερα αντικείμενα, να προσδιορίζεται προς επεξεργασία με επιλογή το τμήμα αυτό, καθώς διαθέτει τις μικρότερες αποκλίσεις λόγω κεντρικής προβολής. Σε εφαρμογές στις οποίες είναι απαραίτητη η πιστή απόδοση της χρωματικής πληροφορίας, τότε πριν την φωτογράφιση τοποθετείται στο αντικείμενο μια καρτέλα βαθμονόμησης χρωμάτων, σύμφωνα με την οποία θα γίνει η διόρθωση των χρωματικών τόνων στην υφή του μοντέλου.

Από την επεξεργασία των δεδομένων αυτών θα προκύψει ένα τρισδιάστατο μοντέλο, το οποίο θα έχει σωστές αναλογίες αλλά θα ανήκει σε ένα ανεξάρτητο σύστημα αναφοράς, χωρίς προσδιορισμένη κλίμακα και προσανατολισμό σε σχέση με το πραγματικό αντικείμενο. Όπως και στην περίπτωση του νέφους σημείων που προκύπτει από τον σαρωτή, στην μέθοδο «δομή από κίνηση» μπορούν να χρησιμοποιηθούν φωτοσταθερά, τα οποία θα πρέπει να τοποθετηθούν πριν την λήψη των φωτογραφιών. Για την διευκόλυνση του χρήστη, τα λογισμικά συχνά προσφέρουν

κωδικοποιημένους στόχους, οι οποίοι αναγνωρίζονται αυτόματα κατά την επεξεργασία, ενώ σε άλλη περίπτωση πρέπει να τα υποδείξει ο χρήστης. Οι προϋποθέσεις τοποθέτησης των φωτοσταθερών, είναι παρόμοιες με αυτές του σαρωτή. Η θέση και η αρίθμηση των φωτοσταθερών σημειώνονται στο κροκί, ώστε κατά τις εργασίες γραφείου να γίνει η αντιστοίχιση τους με τις συντεταγμένες των γεωδαιτικών μετρήσεων, όπως περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Για την επιτυχή ανακατασκευή του τρισδιάστατου μοντέλου του αντικειμένου, απαιτείται ικανός αριθμός φωτογραφιών, ο οποίος εξαρτάται από τις διαστάσεις του αντικειμένου, την πολυπλοκότητά του, τη ζητούμενη λεπτομέρεια κ.ά., όπως και τα χαρακτηριστικά της φωτογραφικής μηχανής που χρησιμοποιείται. Όσα περισσότερα εικονιστικά δεδομένα συλλέγονται, τόσο πυκνότερα θα είναι τα τρισδιάστατα σημεία της ανακατασκευής, όμως ταυτόχρονα αυξάνεται και ο χρόνος επεξεργασίας που απαιτείται, γεγονός που ωθεί στην ορθή αξιολόγηση του αριθμού των φωτογραφιών που θα χρησιμοποιηθούν.

Δ4. Επεξεργασία – παραγωγή ορθοφωτογραφιών

Η επεξεργασία των δεδομένων γίνεται σε ειδικά λογισμικά είτε εμπορικού είτε ανοιχτού κώδικα, ακόμα και σε λογισμικά επεξεργασίας μέσω διαδικτύου, ενώ για τα επιμέρους στάδια μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα λογισμικό ή περισσότερων προγραμμάτων. Γενικά, η σειρά στην επεξεργασία των δεδομένων ακολουθεί τα παρακάτω στάδια:

- Διαλογή κατάλληλων φωτογραφιών
- Εισαγωγή των φωτογραφιών στο πρόγραμμα
- Επιλογή τμήμα ενδιαφέροντος από τη φωτογραφία
- Ευθυγράμμιση εικόνων
- Δημιουργία πυκνού νέφους
- Δημιουργία πολυγωνικού πλέγματος
- Δημιουργία υφής
- Προσανατολισμός και κλιμάκωση μοντέλου
- Εξαγωγή δεδομένων

Η διαλογή των κατάλληλων φωτογραφιών γίνεται από τον χρήστη, ο οποίος απομακρύνει από τον φάκελο δεδομένων, τις λήψεις που είναι θολές ή μη εστιασμένες κ.ά. Οι υπόλοιπες εισάγονται στο λογισμικό επεξεργασίας, στο οποίο προαιρετικά και εφόσον το λογισμικό προσφέρει αυτή τη δυνατότητα ορίζονται μάσκες, δηλαδή η περιοχή της φωτογραφίας στην οποία θα αναζητηθούν ομόλογα σημεία. Με τις μάσκες μπορούν να απομονωθούν δεδομένα τα οποία δεν ανήκουν στο θέμα ενδιαφέροντος, ώστε να μειωθεί ο χρόνος επεξεργασίας και να περιοριστεί ο θόρυβος στο μοντέλο που θα δημιουργηθεί από τα μη χρήσιμα σημεία.

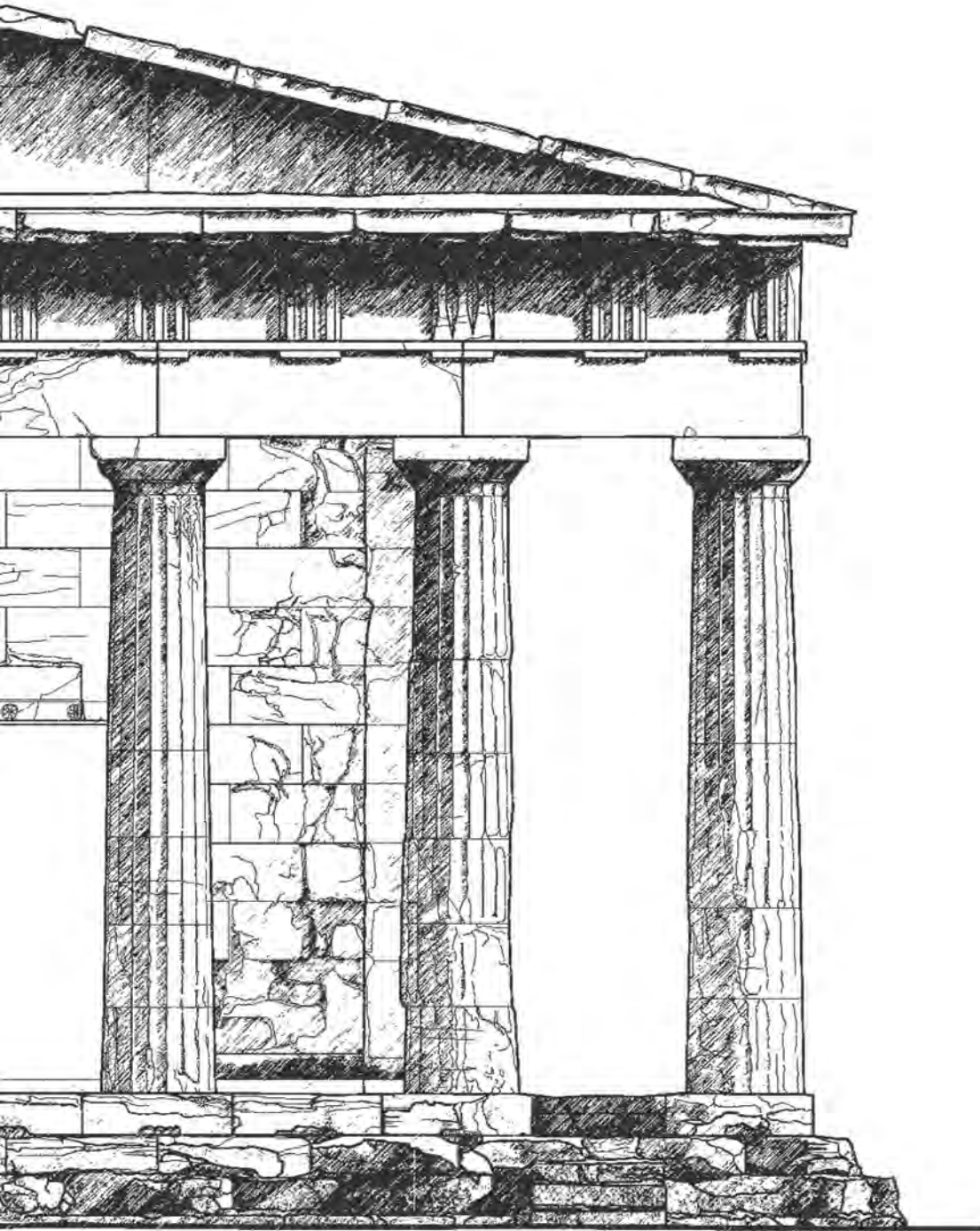
Στο πρώτο αυτοματοποιημένο στάδιο (align & sparse point cloud), γίνεται η ευθυγράμμιση των εικόνων και η δημιουργία του αραιού νέφους σημείων, δηλαδή αναλύονται οι εικόνες, ο εσωτερικός προσανατολισμός της φωτογραφικής μηχανής και ο σχετικός προσανατολισμός με σκοπό να βρεθούν οι θέσεις των λήψεων. Ταυτόχρονα, εντοπίζονται και αντιστοιχίζονται ομόλογα σημεία μεταξύ των εικόνων και δημιουργείται το πρώτο αραιό νέφος σημείων. Στο στάδιο αυτό ο χρήστης μπορεί να προσδιορίσει το επίπεδο της ανάλυσης των εικόνων που θα χρησιμοποιηθεί, την προεπιλογή για τα ζεύγη εικόνων σύμφωνα με τα οποία θα κατασκευαστεί το πρώτο αραιό νέφος και τον μέγιστο αριθμό ομόλογων σημείων που πρέπει να εντοπιστούν και να ταυτιστούν. Με την ολοκλήρωση του πρώτου σταδίου, ο χρήστης μπορεί να προχωρήσει στην αξιολόγηση του αποτελέσματος και να προχωρήσει στην εφαρμογή ενός φίλτρου, το οποίο θα αφαιρέσει από το νέφος σημεία χαμηλής ακρίβειας, ώστε να προκύψει ένα νέο βέλτιστο νέφος σημείων. Στο επόμενο βήμα, ο χρήστης ρυθμίζει την ζητούμενη ποιότητα και το φίλτρο του βάθους για τις εικόνες και δημιουργείται το πυκνό νέφος σημείων (dense point cloud), στο οποίο υπολογίζονται όλα τα τρισδιάστατα σημεία του μοντέλου. Η ποιότητα προσδιορίζει το μέγεθος και την πολυπλοκότητα του νέφους σημείων και με το φίλτρο του βάθους αποκλείονται από τη διαδικασία τα σημεία που εμφανίζουν αποκλίσεις στις ιδιότητες τους (θολά, μη εστιασμένα, κ.α.) (Chatzifoti, 2015).

Σε αυτό το στάδιο, έχουν προσδιοριστεί όλα τα σημεία του μοντέλου που προκύπτουν από τα εικονικά δεδομένα σύμφωνα με τις ρυθμίσεις του χρήστη, οπότε στο επόμενο βήμα δημιουργούνται οι επιφάνειες του αντικειμένου (polygonal mesh) από ένα πλέγμα τριγώνων ή πολυγώνων που θα προσομοιάσουν την πραγματική επιφάνεια του αντικειμένου. Η πυκνότητα αυτών των σχημάτων και η σαφήνεια των ακμών τους ρυθμίζονται από τον χρήστη με αποτέλεσμα την ομαλότητα των επιφανειών ή την αφαιρετική απόδοσή τους. Ο χρήστης επίσης μπορεί να επιλέξει αν το λογισμικό με βάση τα γειτονικά σημεία θα δημιουργήσει νέες επιφάνειες που θα καλύψουν τυχόν κενά του μοντέλου. Με την ολοκλήρωση αυτού του βήματος, έχει ανακατασκευαστεί η γεωμετρία του αντικειμένου, πάνω στην οποία θα προστεθούν τα ποιοτικά δεδομένα χρώματος και υφής. Η υφή του μοντέλου (texture) παράγεται από την χρωματικά δεδομένα των εικόνων και ο τρόπος διαχείρισης τους, ρυθμίζεται από τον χρήστη ανάλογα με τον τύπο του αντικειμένου. Οι συνηθισμένες ρυθμίσεις αφορούν την παραγωγή της υφής, ώστε αυτή να ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα, οπότε και επιλέγεται η συγχώνευση των αρχικών δεδομένων ώστε να εξομαλυνθούν τυχόν χρωματικές διαφοροποιήσεις που υπάρχουν στις φωτογραφίες και να επιτευχθεί το βέλτιστο χρωματικό αποτέλεσμα σε σχέση με το πραγματικό αντικείμενο. Επιπλέον, ρυθμίζεται η ανάλυση και ο τύπος αρχείου εικόνας της υφής που θα δημιουργηθεί, ανάλογα με τις

ανάγκες του έργου και αν αυτή θα επεξεργαστεί περαιτέρω, ώστε να διορθωθούν οι χρωματικοί τόνοι (Chatzifoti, 2015).

Στο στάδιο αυτό το τρισδιάστατο μοντέλο είναι ολοκληρωμένο, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οπτική παρατήρηση και αναλογικούς συσχετισμούς, όμως έχει απροσδιόριστη κλίμακα και προσανατολισμό. Οι διαφορετικές διαδικασίες για την κλιμάκωση και τον προσανατολισμό, αναφέρθηκαν αντίστοιχα σε προηγούμενα κεφάλαια, οπότε στη συνέχεια περιγράφεται η διαδικασία της γεωαναφοράς που αφορά στα μνημεία. Το λογισμικό αναγνωρίζει αυτόματα τους κωδικοποιημένους στόχους που υπάρχουν στο μοντέλο και επάνω σε καθέναν τοποθετεί έναν δείκτη, ενώ στην περίπτωση που δεν έχουν τοποθετηθεί στόχοι, υπάρχει η δυνατότητα να τοποθετήσει ο χρήστης δείκτες στα χαρακτηριστικά σημεία. Ο χρήστης εισάγει για κάθε δείκτη τις συντεταγμένες που αντιστοιχούν από τις γεωδαιτικές μετρήσεις, οπότε με την ολοκλήρωση αυτής της διαδικασίας, το μοντέλο επαναπροσδιορίζεται στο επιθυμητό αποτέλεσμα. Στο σημείο αυτό το λογισμικό, υπολογίζει τα σφάλματα και την ακρίβεια του τελικού προϊόντος σε σχέση με τα αρχικά δεδομένα, οπότε ο χρήστης μπορεί να ελέγξει το αποτέλεσμα.

Στο τελικό στάδιο εντάσσεται η διαχείριση του τρισδιάστατου μοντέλου, το οποίο μπορεί να αποθηκευτεί σε διαφορετικών μορφών αρχεία ανάλογα με την επιθυμητή χρήση. Στην περίπτωση που απαιτούνται δισδιάστατα μετρικά προϊόντα, τότε εφαρμόζεται το στάδιο της παραγωγής των ορθοφωτογραφιών. Ο χρήστης επιλέγει τις επιθυμητές προβολές του αντικειμένου, την ανάλυση της εικόνας και τον τύπο αρχείου, ώστε να εξαχθεί κάθε φορά η ζητούμενη ορθοφωτογραφία, η οποία στη συνέχεια μπορεί να εισαχθεί σε κάποιο λογισμικό τύπου CAD, για περαιτέρω επεξεργασία.



**Γεωμετρική και Αρχιτεκτονική
Τεκμηρίωση**

Γεωμετρική και αρχιτεκτονική τεκμηρίωση

Ε1. Γεωμετρική τεκμηρίωση – στοιχεία εφαρμογής

Η γεωμετρική τεκμηρίωση του Ναού του Ηφαίστου εκπονείται από το Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, στο πλαίσιο του μαθήματος Αποτυπώσεις Μνημείων του 9^{ου} εξαμήνου. Το έργο ξεκίνησε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2011-2012 και συνεχίζεται κάθε χειμερινό εξάμηνο μέχρι σήμερα, με αντικείμενο μελέτης επιμέρους τμήματα του ναού, με σκοπό την συνολική τεκμηρίωσή του και ταυτόχρονα την εκπαίδευση των τελειόφοιτων φοιτητών.

Για την εφαρμογή χρησιμοποιείται ο τοπογραφικός και φωτογραμμετρικός εξοπλισμός συλλογής, καθώς και τα λογισμικά επεξεργασίας δεδομένων, που υπάρχουν στα εργαστήρια Φωτογραμμετρίας και Γενικής Γεωδαισίας της ΣΑΤΜ ΕΜΠ.

Αναλυτικότερα χρησιμοποιούνται:

- Ολοκληρωμένοι Γεωδαιτικοί Σταθμοί Leica TCR 303, Topcon Image Station 7000i και TC405 με τα παρελκόμενά τους
- Ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές DSLR Canon, με αισθητήρα fullframe, διαστάσεων 36*24 mm, με μέγεθος εικονοψηφίδας 6.4 μm και δυνατότητα επιλογής μεταξύ πολλών φακών, με εστιακές αποστάσεις 16, 24, 35, 50, 135 και 300 mm.
- Φωτογραφικός τρίποδας για λήψεις πάνω από το αντικείμενο, με μέγιστη ανυψωτική ικανότητα 7.50 μέτρων
- Φωτογραφική μηχανή mirrorless Sony, με φακό zoom 18 mm - 55 mm
- Μη επανδρωμένα συστήματα αεροφωτογράφισης
- Επίγειος Σαρωτής Laser
- Στόχοι για επισήμανση Φωτοσταθερών Σημείων (Φ/Σ)
- Λογισμικό Επεξεργασίας Νεφών Σημείων κατάλληλο για τα αρχεία συλλογής και με δυνατότητα συνένωσης με εφαρμογή ICP.
- Λογισμικό δημιουργίας επιφανειών και τομών από νέφη σημείων.
- Λογισμικό Επεξεργασίας και Επίλυσης Τοπογραφικών Δεδομένων
- Λογισμικά Φωτογραμμετρικής επεξεργασίας
- Λογισμικό ηλεκτρονικής σχεδίασης

Οι προδιαγραφές του έργου για το τελικό προϊόν ορίστηκαν από την κλίμακα εκτύπωσης που είναι 1:50, όπου καθορίστηκε η εδαφοψηφίδα της τελικής ορθοφωτογραφίας να είναι 2.5mm-3mm, με μέγιστο επιτρεπτό μέγεθος εδαφοψηφίδας ίσο με 5 mm.

Επιπλέον, πρέπει να σημειωθεί ότι για την συλλογή πληροφοριών στο επίπεδο της στέγης που υπερβαίνει το ύψος μετρήσεων σύμφωνα με τα διαθέσιμα μέσα, χρησιμοποιήθηκαν τα σχέδια του H. Koch (1975) που διατέθηκαν σε φωτοαντίγραφα για αυτόν τον σκοπό από τις υπευθύνους της Αρχαίας Αγοράς.

Κατά την εξέλιξη του έργου εφαρμόστηκαν οι ίδιες τεχνικές προδιαγραφές και παρόμοια μεθοδολογία, η οποία προσαρμόστηκε ανάλογα με τις συνθήκες στον χώρο του μνημείου. Στη συνέχεια

Κεφάλαιο Ε: Γεωμετρική και αρχιτεκτονική τεκμηρίωση

| Συμμετέχοντες στο έργο «Γεωμετρική Τεκμηρίωση του Ναού του Ηφαίστου» | |
|--|--|
| ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ | |
| ΑΝΔΡΕΑΣ ΓΕΩΡΓΟΠΟΥΛΟΣ | ΑΓΡΟΝΟΜΟΣ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ |
| ΕΛΕΝΗ ΑΓΑ | ΑΡΧΙΤΕΚΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΕΜΠ |
| ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ ΛΑΜΠΡΟΥ | ΑΓΡΟΝΟΜΟΣ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ, ΑΝ. ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΕΜΠ |
| ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΑΝΤΑΖΗΣ | ΑΓΡΟΝΟΜΟΣ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ, ΑΝ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ |
| ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΑΚΡΗΣ | ΑΓΡΟΝΟΜΟΣ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ, ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ ΕΜΠ |
| ΣΕΒΑΣΤΗ ΤΑΠΕΙΝΑΚΗ | ΑΓΡΟΝΟΜΟΣ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΥΔ & ΙΔΑΧ ΕΜΠ |
| ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ | |
| ΔΕΣΠΟΙΝΑ ΚΑΡΑΒΙΑ (2011) | ΙΩΑΝΝΗΣ ΖΑΧΑΡΟΓΛΟΥ (2013) |
| ΧΡΙΣΤΙΝΑ ΚΑΡΑΚΙΖΗ (2011) | ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΑΒΒΑΣ (2013) |
| ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΜΠΡΕΓΙΑΝΝΗ (2011) | ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΑΡΑΪΣΚΟΣ (2013) |
| ΡΟΖΑΛΙΑ ΜΥΓΙΑΚΗ (2011) | ΔΑΦΝΗ ΚΑΡΚΑΣΙΝΑ (2013) |
| ΑΝΤΙΓΟΝΗ ΝΤΡΕΓΚΑ (2011) | ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΜΑΛΤΕΖΟΣ (2013) |
| ΖΑΧΑΡΙΑΣ ΚΑΝΔΥΛΑΚΗΣ (2011) | ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ ΑΔΑΜΟΠΟΥΛΟΣ (2014) |
| ΓΕΩΡΓΙΑ ΚΟΝΤΟΓΙΑΝΝΗ (2011) | ΜΑΡΙΑ ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ (2014) |
| ΓΕΩΡΓΙΑ ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΥ (2011) | ΔΗΜΗΤΡΑ ΕΥΣΤΑΘΙΑ ΑΝΔΡΙΑΝΕΣΗ (2014) |
| ΓΕΩΡΓΙΑ ΤΖΟΒΛΑ (2011) | ΘΕΟΔΟΣΙΑ ΒΑΡΔΟΥΛΑΚΗ (2014) |
| ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΔΗΣ (2011) | ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ ΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΥ (2014) |
| ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΚΑΤΣΙΚΑΡΗΣ (2012) | ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΔΡΑΚΩΝΑΚΗΣ (2014) |
| ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ ΛΕΛΛΗ (2012) | ΕΛΛΗ ΚΑΡΚΑΛΟΥ (2014) |
| ΙΣΜΗΝΗ-ΕΛΕΝΗ ΛΟΚΚΑ (2012) | ΜΑΡΙΑ ΚΡΕΜΕΖΗ (2014) |
| ΠΑΡΑΣΕΚΥΗ ΛΟΤΙΔΗ (2012) | ΒΙΚΤΩΡΙΑ ΚΡΙΣΤΟΛΛΑΡΗ (2014) |
| ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΕΥΓΕΝΙΚΟΥ (2012) | ΓΕΩΡΓΙΑ ΜΑΝΤΖΩΡΟΥ (2014) |
| ΙΩΑΝΝΑ ΘΕΟΛΟΓΟΥ (2012) | ΔΗΜΗΤΡΑ ΜΑΡΑΚΗ (2014) |
| ΧΡΙΣΤΟΣ ΚΟΓΕΩΡΓΟΣ (2012) | ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΜΑΣΤΟΡΑΚΗΣ (2014) |
| ΧΡΗΣΤΟΣ ΚΟΝΤΟΠΟΥΛΟΣ (2012) | ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ ΜΑΤΣΑ (2014) |
| ΡΕΒΕΚΚΑ ΚΟΥΛΗ (2012) | ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΥ (2014) |
| ΑΘΑΝΑΣΙΑ ΚΥΡΚΟΥ (2012) | ΙΑΣΟΝΑΣ ΣΙΩΖΙΟΣ (2014) |
| ΔΕΣΠΟΙΝΑ ΜΟΥΝΤΟΓΙΑΝΝΑΚΗ (2012) | ΜΑΡΓΑΡΙΤΑ ΣΚΑΜΑΝΤΖΑΡΗ (2014) |
| ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ ΠΑΠΑΔΑΚΗ (2012) | ΣΑΡΑΝΤΗΣ ΤΣΑΝΤΑΛΗΣ (2014) |
| ΔΑΝΑΗ ΠΑΠΑΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΥ (2012) | ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΒΑΘΙΩΤΗΣ (2015) |
| ΠΕΤΡΟΣ ΠΟΥΛΙΔΗΣ (2012) | ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ ΚΑΡΑΝΤΩΝΗ (2015) |
| ΙΩΑΝΝΑ ΧΟΥΒΑΡΔΑ (2012) | ΠΕΛΑΓΙΑ ΚΥΡΙΑΖΗ (2015) |
| ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΓΟΥΛΑΣ (2012) | ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΚΥΡΙΛΛΙΔΗΣ (2015) |
| ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΦΙΛΙΠΠΑΣ (2012) | ΕΥΣΤΑΘΙΑ – ΑΝΝΑ ΛΥΜΠΕΡΟΠΟΥΛΟΥ (2015) |
| ΧΑΡΗΣ ΓΕΡΑΚΗΣ (2012) | ΓΚΡΕΤΑ ΝΤΡΑΓΚΟΤΙ (2015) |
| ΣΤΑΘΗΣ ΚΟΣΜΙΔΗΣ (2012) | ΦΩΤΕΙΝΗ ΣΙΟΥΚΑ (2015) |
| ΣΟΦΙΑ ΧΑΤΖΗΘΩΜΑ-ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΥ (2012) | ΟΔΥΣΣΕΑΣ ΓΑΛΑΝΑΚΗΣ (2015) |
| ΦΩΤΕΙΝΗ ΒΡΕΤΤΟΥ (2013) | ΘΕΟΔΩΡΑ ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ (2016) |
| ΛΥΔΙΑ ΚΩΤΟΥΛΑ (2013) | ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΨΩΜΑΣ (2016) |
| ΕΛΟΝΑ ΜΠΕΝΤΙΝΙ (2013) | ΑΡΓΥΡΩ ΜΠΙΝΗ (2016) |
| ΧΡΥΣΟΥΛΑ ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ (2013) | ΣΩΤΗΡΙΟΣ ΜΑΡΙΟΣ ΚΑΛΑΜΠΟΚΗΣ (2017) |
| ΜΑΓΔΑΛΗΝΗ-ΣΤΥΛΙΑΝΗ ΤΡΥΦΩΝΑ (2013) | ΕΥΛΑΛΙΑ ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗ (2017) |
| ΣΤΥΛΙΑΝΗ ΨΩΜΑΔΑΚΗ (2013) | ΧΡΗΣΤΟΣ ΧΟΝΤΟΣ (2017) |
| ΟΛΓΑ ΓΙΑΝΝΑΚΑ (2013) | ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΚΑΡΑΪΣΚΟΣ (2017) |
| ΜΑΡΙΑ ΓΚΕΛΗ (2013) | ΑΝΝΑ ΜΑΡΙΑΜ ΨΑΡΡΟΥ ΚΑΛΑΚΩΝΗ (2017) |

E1. Γεωμετρική τεκμηρίωση – στοιχεία εφαρμογής

αναφέρονται συνοπτικά οι βασικές εργασίες που πραγματοποιήθηκαν για την παραγωγή των ζητούμενων προϊόντων (Τεχνική έκθεση 2012-2013, 2013-2014, 2015-2016).

Γεωδαιτικές εργασίες

Οι γεωδαιτικές μετρήσεις αποτελούν βασικό στοιχείο στην γεωμετρική τεκμηρίωση, μέσω των οποίων το υπό μελέτη αντικείμενο εντάσσεται σε ένα τοπικό σύστημα αναφοράς. Δεν συνιστάται η πλήρης σύνδεση με το Κρατικό Σύστημα Αναφοράς, αλλά μόνο η ένταξη του τοπικού δικτύου σε αυτό με τις ελάχιστες δεσμεύσεις για να αποφευχθούν οι παραμορφώσεις της χαρτογραφικής προβολής του ΕΓΣΑ 87.

Για το δίκτυο χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των τριών τριπόδων, με ακρίβεια μετρήσεων της τάξης των 0.5mm. Ιδρύθηκε τοπικό, αυθαίρετο γεωδαιτικό δίκτυο που προσανατολίστηκε με αστρονομικές παρατηρήσεις. Αρχικά ορίστηκαν εννιά στάσεις, και στη συνέχεια προστέθηκαν επιπλέον στάσεις σύμφωνα με τις ανάγκες των εργασιών. Η υψομετρική αφετηρία του δικτύου ορίστηκε στην εσωτερική συμβολή των πλακών του κατωφλίου της κύριας (δυτικής) εισόδου του σηκού.

Το δίκτυο αυτό χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των συντεταγμένων σημείων για την δημιουργία της οριζόντιας και κατακόρυφης τομής, και επιπλέον για τον προσδιορισμό των απαιτούμενων φωτοσταθερών. Στα χαμηλότερα σημεία τα φωτοσταθερά ήταν επισημασμένα με ειδικούς στόχους ενώ στα υψηλότερα σημεία ήταν φυσικά σημεία λεπτομερειών.

Για τις μετρήσεις των προσημασμένων φωτοσταθερών, χρησιμοποιήθηκε ο γεωδαιτικός σταθμός Leica TCR 303 με γωνιακή ακρίβεια $\pm 10''$ και στα μήκη ± 2 mm, ενώ για τις μετρήσεις των σημείων λεπτομερειών στο άνω, απρόσιτο τμήμα του ναού ο εικονογεωδαιτικός σταθμός Topcon Image Station 7000i με γωνιακή ακρίβεια $\pm 3''$ και με ακρίβεια στα μήκη ± 3 mm. Από τα παραπάνω προκύπτει το συμπέρασμα ότι για την κλίμακα του τελικού προϊόντος (12,5mm) πληρούνται οι απαιτήσεις ακρίβειας. Το μέγιστο επιτρεπτό σφάλμα της ακρίβειας των φωτοσταθερών επιλέχθηκε να μειωθεί στο 1cm., καθώς μέσα από τις φωτογραμμετρικές διαδικασίες υπεισέρχονται και επιπλέον σφάλματα (Τεχνική έκθεση 2012-2013, 2013-2014, 2015-2016).

Συλλογή εικονιστικών δεδομένων

Η μέθοδος επεξεργασίας και η επιλογή των θέσεων λήψης φωτογραφιών, καθορίστηκαν με βάση την μορφή του ναού και την επιτρεπόμενη δυνατή απόσταση από το μνημείο λόγω φυσικών εμποδίων (έλλειψης χώρου, φύτευση κ.α.) Χρησιμοποιήθηκαν τρεις φωτογραμμετρικές μέθοδοι, ανάλογα με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των επιμέρους τμημάτων:

- η στερεοσκοπική μέθοδος, με το πρόγραμμα PHOTOMOD 5
- η μέθοδος της αναγωγής, με το πρόγραμμα RDF
- η μέθοδος «δομή από κίνηση», με το πρόγραμμα PhotoScan

Η στερεοσκοπική μέθοδος

Για την στερεοσκοπική μέθοδο, λόγω του ύψους του μνημείου και των λεπτομερειών που διαθέτει, η λήψη των φωτογραφιών έγινε σε δύο καθ' ύψος ζώνες, από τις οποίες για την ανώτερη χρησιμοποιήθηκε ο τρίποδας με δυνατότητα ανύψωσης της μηχανής στα 7-8 μέτρα. Οι λήψεις των φωτογραφιών έγιναν με τέτοιο τρόπο ώστε το αριστερό και δεξί άκρο της διαμέτρου κάθε κίονα να είναι ορατά από τουλάχιστον δύο φωτογραφίες. Για να είναι δυνατή η στερεοσκοπική παρατήρηση των εικόνων συστήνεται κατά μήκος επικάλυψης της τάξης του 60%-80%. Επιλέχθηκε 80% κατά μήκος επικάλυψη για ασφάλεια και διασφάλιση της ποιότητας των στερεοσκοπικών παρατηρήσεων. Η κατά πλάτος επικάλυψη μεταξύ των δυο λωρίδων ήταν περίπου 60%, ποσοστό επαρκές για να συνδέσει τις δυο λωρίδες και ασφαλές για την απαιτούμενη ποιότητα στερεοσκοπικής παρατήρησης.

Η επεξεργασία των εικόνων στον ψηφιακό φωτογραμμετρικό σταθμό Photomod έχει ως στόχο την παραγωγή της τελικής ορθοφωτογραφίας. Για την επίτευξη του στόχου αυτού χρειάζεται να πραγματοποιηθεί τόσο ο εσωτερικός όσο και ο εξωτερικός προσανατολισμός των λήψεων. Οι αναφερόμενοι προσανατολισμοί των εικόνων είναι απαραίτητοι προκειμένου το σύνολο των μοντέλων να λάβουν τη ορθή θέση και κλίμακα στο χώρο των τριών διαστάσεων.

Για την επίλυση του φωτοτριγωνισμού, σκοπεύθηκαν κοινά σημεία λεπτομερειών, τα οποία βρίσκονταν στο επικαλυπτόμενο τμήμα των εκάστοτε εικόνων. Ασφαλώς σε κάθε μοντέλο δύο εικόνων σκοπεύθηκαν τουλάχιστον 5 σημεία στο επικαλυπτόμενο τμήμα των εικόνων, τα οποία ήταν όσο το δυνατό ομοιόμορφα κατανεμημένα στην έκταση αυτού. Μετά την ολοκλήρωση αυτής της διαδικασίας, πραγματοποιείται η συλλογή του ψηφιακού μοντέλου επιφανείας για την παραγωγή του τελικού ορθοφωτομωσαϊκού. Η χρήση του ΨΜΕ στη διαδικασία της ορθοαναγωγής έγκειται στην άρση των οριζοντιογραφικών μετακινήσεων και προοπτικών παραμορφώσεων που παρουσιάζονται στην εικόνα και οι οποίες οφείλονται στο ανάγλυφο του αντικειμένου και στις κλίσεις της μηχανής. Στο πλαίσιο του φωτογραμμετρικού σταθμού PHOTOMOD 5, η παραπάνω διαδικασία εκτελείται αυτόματα εισάγοντας ως δεδομένα το ψηφιακό μοντέλο επιφανείας που κατασκευάστηκε και το αρχείο της στερεοσκοπικής απόδοσης που αφορούν στην περιοχή για την οποία πρόκειται να γίνει παραγωγή της ορθοφωτογραφίας. Η παραγωγή των ορθοφωτογραφιών έγινε με μέγεθος εικονοψηφίδας $0,0025 \approx 0,003\text{m}$ για λόγους ευκρίνειας του τελικού αποτελέσματος (Τεχνική έκθεση 2012-2013, 2013-2014).

Η μέθοδος της αναγωγής

Για την αποτύπωση επίπεδων επιφανειών εφαρμόστηκε η διαδικασία της φωτογραμμετρικής αναγωγής. Η εφαρμογή της συγκεκριμένης διαδικασίας έγινε με την παραδοχή ότι ο τοίχος είναι ένα απόλυτα επίπεδο αντικείμενο, καθώς το ανάγλυφο λόγω φθορών στην ζητούμενη κλίμακα 1:50 θα αποδώσει αμελητέες εκτροπές.

E1. Γεωμετρική τεκμηρίωση – στοιχεία εφαρμογής

Για την αποτύπωση του τοίχου ως ενιαίου αντικειμένου, έγινε ο διαχωρισμός του σε επιμέρους τμήματα τα οποία φωτογραφήθηκαν με πλάγιες λήψεις με την μηχανή Canon EOS 1Ds MKIII με προσθήκη φακού σταθεράς 24 mm. Η θέση κάθε λήψης επιλέχθηκε να είναι ανάμεσα σε 2 κόνες και σε απόσταση 2 m περίπου από τον τοίχο. Με τον τρόπο αυτό προέκυψαν 8 εικόνες, οι οποίες λήφθηκαν ανάμεσα από 9 διαδοχικούς κόνες και χρησίμευσαν στην αποτύπωση του μεγαλύτερου μέρους του τοίχου. Προκειμένου οι ορθοφωτογραφίες που θα προκύψουν να ανταποκρίνονται ραδιομετρικά στην πραγματικότητα, έγινε αρχικά μια διόρθωση των τιμών του γκρίζου σε ορισμένα σημεία που παρουσιάζουν εμφανείς αποκλίσεις λόγω ανομοιόμορφου φωτισμού.

Η εφαρμογή της αναγωγής έγινε ψηφιακά με τη βοήθεια του ελεύθερου λογισμικού αναγωγής RDF του Πανεπιστημίου Βενετίας. Στο λογισμικό αυτό εισάγεται η κάθε μία προς επεξεργασία εικόνα και οι συντεταγμένες των φωτοσταθερών που θα χρησιμοποιηθούν. Κατά την επεξεργασία των φωτογραφιών στο λογισμικό RDF κάθε ορθοφωτογραφία συνδέεται με την αντίστοιχη γεωαναφορά, η οποία εκφράζεται από ένα αρχείο το οποίο περιέχει τις ακόλουθες παραμέτρους. Οι παράμετροι αυτές προσδιορίζουν τη θέση κάθε εικόνας στο προβολικό σύστημα συντεταγμένων. Με τη βοήθεια της γεωαναφοράς επομένως, κάθε εικόνα εισάγεται στο λογισμικό σχεδίασης και τοποθετείται στη σωστή της θέση στο επίπεδο. Ο ενιαίος τοίχος προκύπτει από σύνθεση όλων των ορθοφωτογραφιών που προέκυψαν από τη διαδικασία της αναγωγής.

Η αδυναμία επίτευξης πανομοιότυπων συνθηκών φωτισμού κατά τις λήψεις στο πεδίο καθιστά σχεδόν βέβαιη την ανάγκη ραδιομετρικών διορθώσεων. Ο έλεγχος γίνεται στις γειτονικές εικόνες, και όπου διαπιστωθούν ραδιομετρικές διαφορές γίνεται αποκατάσταση των τιμών του γκρίζου, στο λογισμικό Adobe Photoshop. Αφού διορθωθούν και ραδιομετρικά οι ορθοφωτογραφίες, είναι έτοιμες να κοπούν στα επικαλυπτόμενα σημεία τους για να προκύψει η τελική μορφή της ορθοφωτογραφίας (Τεχνική έκθεση 2012-2013).

Η μέθοδος «δομή από κίνηση»

Οι λήψεις φωτογραφιών πραγματοποιήθηκαν σε δύο ζώνες, με επίγεια φωτογράφιση στην κατώτερη και με τη βοήθεια του τρίποδα στο ανώτερο επίπεδο. Η βάση λήψης επιλέχθηκε να είναι περίπου το 20% της μεγαλύτερης διάστασης και επιπλέον η λήψη των φωτογραφιών να γίνει έτσι ώστε τα ζητούμενα στοιχεία να απεικονίζονται σε τρεις φωτογραφίες κάθε φορά. Για τους κόνες, λόγω της κυλινδρικής γεωμετρίας τους, έγιναν και λήψεις φωτογραφιών υπό γωνία και από τις δύο πλευρές κάθε κόνου, ώστε να αποτυπωθεί η πραγματική διάμετρός τους. Επιπλέον έγιναν και λήψεις εικόνων, με την φωτογραφική μηχανή να είναι σε τέτοια θέση ώστε το μνημείο να φαίνεται στις εικόνες από πάνω.

Οι εικόνες εισήχθησαν στο λογισμικό Photoscan της Agisoft για την επεξεργασία και παραγωγή του τρισδιάστατου νέφους σημείων και την παραγωγή της ορθοεικόνας. Το συγκεκριμένο λογισμικό εκτελεί αυτόματα τις διαδικασίες των προσανατολισμών, με επιλογή των αντίστοιχων εντολών από το χρήστη.

Το Photoscan τείνει να παράγει γεωμετρικά μοντέλα με υπερβολικά μεγάλη γεωμετρική ανάλυση, που δυσκολεύει την επεξεργασία τους από άλλα προγράμματα, συνεπώς απαιτείται μείωση των συμμετεχόντων

τριγώνων (αποδεκατισμός του πλέγματος) στο ΨΜΕ. Για το λόγο αυτό, πραγματοποιήθηκαν διαδοχικές δοκιμές για να προσδιοριστεί ο ελάχιστος αριθμός τριγώνων που δίνει ικανοποιητικό αποτέλεσμα, με αποτέλεσμα να προσδιοριστεί στο 70% των τριγώνων. Χρησιμοποιώντας το τελικό ΨΜΕ, παρήχθησαν οι ορθοφωτογραφίες, με ρύθμιση του μεγέθους της εδαφοψηφίδας σε 0.005m (Τεχνική έκθεση 2013-2014, 2015-2016).

Εισαγωγή σε σχεδιαστικό πρόγραμμα

Οι ορθοφωτογραφίες που παρήχθησαν από κάθε μία από τις προηγούμενες μεθόδους, εισήχθησαν με γεωαναφορά στο σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD, για να γίνουν οι απαραίτητοι έλεγχοι και να παραχθεί το τελικό σχέδιο για κάθε τμήμα.

Πραγματοποιήθηκαν έλεγχοι σε σχέση με την σωστή σύμπτωσή τους με τις γεωδαιτικές συντεταγμένες και έλεγχοι μεταξύ της κάτοψης, των τομών και των όψεων, ώστε να διαπιστωθεί ότι τα σημεία ταυτίζονται σωστά. Τέλος, οι ορθοφωτογραφίες ελέγχθηκαν για σφάλματα που προκύπτουν από λάθη κατά την εκτέλεση των φωτογραμμετρικών προγραμμάτων, τα οποία για να διορθωθούν απαιτείται επεξεργασία και εκ νέου παραγωγή ορθοφωτογραφίας. Σε λάθη της εικόνας που δεν ήταν δυνατό να διορθωθούν, προστέθηκε επισήμανση της περιοχής με χρωματική επιφάνεια (*hatch*) που υποδεικνύει περιοχή ελλιπούς πληροφορίας. Τέλος, οι ορθοφωτογραφίες περικόπηκαν, ώστε από κάθε φωτογραφία να διατηρείται μόνο η πληροφορία για την οποία παρήχθη και να γίνει η μεταξύ του συνένωση, όπου χρειαζόταν. Από τις παραπάνω περικοπές και συνενώσεις φωτογραφιών παρατηρήθηκαν διαφορές στα χρώματα και στις σκιές, τα οποία οφείλονταν στις διαφορετικές χρονικές στιγμές λήψης των εικόνων κατά τις εργασίες υπαίθρου. Η επεξεργασία έγινε με χρήση του *Photoshop* για αισθητικούς λόγους και επιλέχθηκε να είναι η ελάχιστη δυνατή ώστε να μην αλλοιωθεί το μνημείο (Τεχνική έκθεση 2012-2013, 2013-2014, 2015-2016).

E2. Μεθοδολογία – Απόδοση ψηφιακών προϊόντων

Στο κεφάλαιο αυτό, θεωρήθηκε απαραίτητο να διατυπωθούν κάποιοι προβληματισμοί σχετικά με την μεθοδολογία που ακολουθείται στην απόδοση των προϊόντων της φωτογραμμετρίας. Από το πλήθος προϊόντων τεκμηρίωσης που παρέχει η φωτογραμμετρία, η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στα δισδιάστατα εικονιστικά παράγωγα, δηλαδή στις ορθοφωτογραφίες, σύμφωνα με τις οποίες θα παραχθούν γραμμικά σχέδια αποτύπωσης σε σχεδιαστικό πρόγραμμα τύπου CAD.

Μπορεί να θεωρηθεί ότι από τη στιγμή που έχει επιτευχθεί η προβολή του τρισδιάστατου αντικειμένου σε ορθή προβολή, η διαδικασία υλοποίησης των σχεδίων, περιορίζεται στην αντιγραφή ή επανάληψη των γραμμών του αντικειμένου με τη χρήση διανυσμάτων. Πράγματι, το πρώτο στάδιο είναι η εισαγωγή της ορθοφωτογραφίας στο σχεδιαστικό πρόγραμμα για να χρησιμοποιηθεί ως υπόβαθρο για την δημιουργία του γραμμικού σχεδίου.

Ο πρώτος προβληματισμός που προκύπτει αφορά στην κλίμακα, η οποία σε προγράμματα CAD ορίζεται ως κλίμακα εκτύπωσης. Το αντικείμενο ουσιαστικά σχεδιάζεται σε πραγματική κλίμακα 1:1 και κατά την διαδικασία εκτύπωσης, ορίζεται η επιθυμητή κλίμακα, η οποία στην περίπτωση

σχεδιασμού γενικών σχεδίων για ένα κτίριο, η κλίμακα είναι συνήθως 1:50. Η ορθοφωτογραφία που εισάγεται στο σχεδιαστικό πρόγραμμα διαθέτει τις πραγματικές διαστάσεις, αλλά έχει δημιουργηθεί με βάση συγκεκριμένες τεχνικές προδιαγραφές λεπτομέρειας και ακρίβειας που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένη κλίμακα. Επομένως, μια ορθοφωτογραφία που έχει δημιουργηθεί για κλίμακα 1:50, θα έχει ακρίβεια της τάξης του 1,5cm, η οποία θα αποτυπωθεί και στην ακρίβεια του τελικού σχεδίου. Στο σημείο αυτό προκύπτει το εξής ερώτημα: Με ποια κριτήρια θα αποφασίσει ο χρήστης ποιες γραμμές πρέπει να υπάρχουν στο σχέδιο και ποιες όχι, όταν ο ψηφιακός σχεδιαστικός χώρος έχει πραγματική κλίμακα 1:1, και αυτός θα σχεδιάσει σε κλίμακα 1:50; Η ορθοφωτογραφία διαθέτει μεγάλο όγκο πληροφοριών, που εκτός από το πεδίο που αφορά στην γεωμετρία του κτιρίου που αποδίδεται στον γενικό σχεδιασμό, εμπίπτει και σε άλλα πεδία, όπως μορφολογία, κατασκευή, παθολογία κ.ά.

Το ζήτημα της απόδοσης την πραγματικής διάστασης του κτιρίου στην κλίμακα 1:50, υπήρχε και με την μέθοδο των τοπομετρικών μετρήσεων, αφορούσε όμως στις εργασίες πεδίου, ενώ με τις φωτογραμμετρικές μεθόδους ο προβληματισμός αυτός μεταφέρθηκε στις εργασίες γραφείου. Ο σχεδιαστής, στην τοπομετρική μέθοδο, παρατηρεί και μετρά επιτόπου το αντικείμενο δημιουργώντας μια σειρά σχεδίων αξιολογώντας σε ποιο βαθμό θα σχεδιάσει κάθε μία επιμέρους κατασκευή, ώστε να περιγράφονται επαρκώς τα γεωμετρικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά της, ενώ έχει τη δυνατότητα δημιουργίας σχεδίων μεγαλύτερης κλίμακας, ώστε να αποδώσει επιπλέον λεπτομέρειες. Η παραπάνω διαδικασία, είναι αποτέλεσμα δύο γενικών αρχών: ο καθορισμός, κατά γενικότερη σύμβαση, του τι περιλαμβάνει το σχέδιο κάθε κλίμακας και η ακρίβεια που παρέχουν τα τοπομετρικά μέσα.

Η κλίμακα 1:50 χρησιμοποιείται για τα γενικά αρχιτεκτονικά σχέδια που περιλαμβάνουν τη γεωμετρία των βασικών κατασκευαστικών δομών και επιπλέον τη γεωμετρία διακοσμητικών μορφών, τα οποία σχεδιάζονται απλοποιημένα. Τα στοιχεία αυτά, φέροντα και φερόμενα, στο σχέδιο εκφράζονται με διαβάθμιση στα πάχη γραμμών που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν κάθε τμήμα. Αναλυτικότερα, αυξημένου πάχους γραμμές για φέροντα στοιχεία, λεπτές γραμμές για στοιχεία που συμπληρώνουν τον φέροντα οργανισμό, ακόμα πιο λεπτές για διακοσμητικά στοιχεία και λεπτομέρειες των φερόμενων. Στην πράξη, η οργάνωση αυτή του σχεδίου, δημιουργήθηκε με βάση τις δυνατότητες που προσέφεραν τα παραδοσιακά σχεδιαστικά μέσα. Για παράδειγμα, στην κλίμακα 1:50, μήκος 1μ. σχεδιάζεται στο χαρτί 2εκ., με αποτέλεσμα το μέγεθος των 5εκ. να μεταφράζεται σε 1χιλ. Το συμπέρασμα είναι ότι στην κλίμακα 1:50 δεν υπάρχει η δυνατότητα σχεδιαστικής απόδοσης πολύ μικρών διαστάσεων. Ένα επιπλέον πρόβλημα κατά τον σχεδιασμό σε χαρτί ήταν από τα μέσα που χρησιμοποιούνταν, δηλαδή μολύβια και ραπιδογράφοι όπου η απόδοση του πάχους των γραμμών έφτανε σε συγκεκριμένη λεπτότητα. Το συγκεκριμένο πρόβλημα επιλύθηκε στη συνέχεια, με τη χρήση σχεδιαστικών προγραμμάτων CAD, δίνοντας τη δυνατότητα εκτύπωσης γραμμών ελάχιστου πάχους, με αποτέλεσμα να μπορούν να αποδοθούν ξεκάθαρα και ευδιάκριτα περισσότερες λεπτομέρειες ακόμη και στην κλίμακα 1:50.

Επιπλέον, οι γραμμές από τα σχεδιαστικά προγράμματα σε σχέση με τις γραμμές «στο χέρι», από τη μία πλευρά πλεονεκτούν στα τεχνικά χαρακτηριστικά τους (πάχος, ομοιομορφία, καθαρότητα) και από την άλλη αποτελούν μειονέκτημα για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της έντασης και της

έκφρασης. Η πίεση που ασκεί το χέρι του σχεδιαστή και η κίνησή του, αποτυπώνεται στην ποιότητα της γραμμής, η οποία μπορούσε αν και συνεχόμενη να μεταβάλλεται αποκτώντας εκφραστικότητα. Το χαρακτηριστικό αυτό, δύσκολα μπορεί να επιτευχθεί από τις ρυθμίσεις της εκτύπωσης ενός ψηφιακού σχεδίου. Η απώλεια αυτής της ποιότητας διαφαίνεται στον συνδυασμό των μεθόδων, της μέτρησης με τοπομετρικά μέσα, δημιουργώντας σχέδια, τα οποία στη συνέχεια ψηφιοποιήθηκαν και εκτυπώθηκαν. Αν και τα τελικά σχέδια πληρούν τις προδιαγραφές ενός σωστού τεχνικού σχεδίου, τα σχέδια στο χέρι είναι πιο ελκυστικά όταν τα βλέπει κανείς. Αυτό το χαρακτηριστικό που περιγράφεται ως απόδοση του σχεδίου, υπονοεί τις νοητικές διεργασίες που συμβαίνουν από «το μάτι μέχρι το χέρι» και είναι μοναδικές για κάθε σχεδιαστή, ο οποίος αποδίδει στο σχέδιο τον τρόπο με τον οποίο το κατανόησε. Τα στοιχεία δηλαδή που αποτυπώνονται στο χαρτί καταγράφουν την υποκειμενική κατανόηση της δομής του αντικειμένου του σχεδιαστή, το ιδιαίτερο ύφος σύμφωνα με τα δεδομένα της χρονικής περιόδου που βρίσκεται καθώς και τη διάκριση σε αρχικά και μεταγενέστερα στοιχεία του.

Ένας σημαντικός προβληματισμός που προκύπτει κατά το σχεδιασμό ενός μνημείου είναι ο τρόπος απόδοσης του βάθους. Κατά την παρατήρηση του αντικειμένου, ο σχεδιαστής εκτός από το πάχος γραμμών που επιλέγει, αποδίδοντας με πιο λεπτές γραμμές τα αντικείμενα που βρίσκονται στο βάθος, προσθέτει και λιγότερες λεπτομέρειες, δημιουργώντας διαφορετικά επίπεδα σχεδίασης, σε προσομοίωση του τρόπου που γίνονται αντιληπτά τα αντικείμενα στον πραγματικό χώρο.

Μέσα από τις μετρήσεις που συλλέγει επιτόπου, ταυτόχρονα αποκτά γνώση της κατασκευής του μνημείου, αναγνωρίζει τα υλικά και τους τρόπους δόμησης, τα οποία αποτελούν πληροφορίες που θα ανασυντεθούν κατά τον σχεδιασμό, ώστε να προκύψει η γνώση του μνημείου και να ερμηνεύσει τους πιθανούς λόγους των φθορών και αστοχιών της κατασκευής. Η διαδικασία αυτή είναι πολύ σημαντική, διότι τα δεδομένα που θα συλλεχθούν από αυτή τη φάση, θα οδηγήσουν στα συμπεράσματα στο στάδιο της ανάλυσης. Επιπλέον, η γνώση των ιστορικών στοιχείων που αφορούν στο μνημείο από τον σχεδιαστή, θα τον βοηθήσουν να ερμηνεύσει και στη συνέχεια να αποδώσει σχεδιαστικά την υφιστάμενη κατάστασή του. Με την ολοκλήρωση των εργασιών πεδίου, ο σχεδιαστής ξεκινάει τις εργασίες γραφείου, κατά τις οποίες θα ανασυνθέσει όλη τη γνώση που έχει αποκτήσει: μετρήσεις, σκαριφήματα, σημειώσεις, φωτογραφίες και τρόπος κατασκευής.

Τα παραπάνω στάδια της μεθοδολογίας που περιγράφηκαν, δεν εμπεριέχονται κατά την διαδικασία παραγωγής των ορθοφωτογραφιών, οι οποίες δεν προσφέρουν την εμπειρική γνώση του μνημείου, προσφέρουν όμως μια ακριβή τεκμηρίωση που καλύπτει τις πληροφορίες σε πολλούς τομείς: γεωμετρία, μορφολογία, υλικά κατασκευής, παθολογία, κ.ά. Η πολυπλοκότητα αυτής της πληροφορίας που αποτελεί το υπόβαθρο για την τεκμηρίωση του μνημείου, πρέπει να υποστεί κατάλληλη διαχείριση. Προκύπτει λοιπόν το αντίστροφο πρόβλημα για την σχεδιαστική απεικόνιση. Ενώ στις προηγούμενες μεθόδους, η πληροφορία συλλεγόταν σταδιακά και ανά είδος (γενικές διαστάσεις, κατασκευαστικές λεπτομέρειες, παθολογία κ.ά.) φτιάχνοντας τα αντίστοιχα επιμέρους σχέδια, με στόχο όλα τα δεδομένα να ανασυντεθούν ώστε να τεκμηριωθεί η υφιστάμενη κατάσταση του μνημείου, η φωτογραμμετρία προσφέρει συνολικές πληροφορίες, οι οποίες πρέπει να διαχωριστούν, ώστε να γίνουν οι επιμέρους μελέτες. Η

συνολική πληροφορία που προσφέρει η ορθοφωτογραφία αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα, καθώς προσφέρεται από την αρχή, το τελικό αποτέλεσμα, έχοντας τη δυνατότητα για άμεση εποπτεία της διατήρησης του μνημείου από την αρχή και ταυτόχρονα μειώνοντας την πιθανότητα σφαλμάτων κατά την ανασύνθεση των αρχικών δεδομένων. Θέτει όμως και νέους προβληματισμούς για τη μεθοδολογία και τους τρόπους αξιολόγησης και απόδοσης της πληροφορίας. Αρχικός προβληματισμός, που απαντάται σε πολύπλοκα μνημεία, είναι η διάσταση του βάθους και του διαχωρισμού των επιπέδων σχεδίασης. Η ορθοφωτογραφία, ως ορθή προβολή και αναγωγή σε δύο διαστάσεις, δεν αποδίδει την αίσθηση του βάθους. Όμως το αρχιτεκτονικό σχέδιο οφείλει να εμπεριέχει αυτήν την τρίτη διάσταση, ώστε το μνημείο να γίνεται κατανοητό, τόσο στην γεωμετρική του μορφή, όσο και στην μορφολογία του.

Αναλόγως της χρονολόγησης του μνημείου προκύπτουν και επιπλέον παράμετροι στον σχεδιασμό που αφορούν στον τρόπο σχεδιασμού και κατασκευής του. Στα νεότερα νεοκλασικά μνημεία χαρακτηριστική είναι η συμμετρική οργάνωσή τους και η διάταξη των επιμέρους στοιχείων σε άξονες, παρόλο όμως που σχεδιάζονται με βάση αυτές τις αρχές, τα υλικά και η κατασκευή τους επιτρέπει πολλές μικρές αποκλίσεις από τον αρχικό σχεδιασμό, χωρίς όμως να μεταβάλλεται το αποτέλεσμα. Στα κτίρια αυτά, κατά τον σχεδιασμό μπορεί να επιλεγθεί να απαλειφθούν διαφοροποιήσεις της τάξης μερικών εκατοστών, χάρη των βασικών αρχών σύνθεσης. Επιπλέον, σημαντικό ρόλο έχουν τα μορφολογικά τους στοιχεία, τα οποία απαιτείται να σχεδιαστούν σε κάποιο βαθμό λεπτομέρειας για να αποδοθεί το ύψος του κτιρίου. Στα βυζαντινά-μεταβυζαντινά μνημεία, ο αρχιτεκτονικός χαρακτήρας των κτισμάτων βασίζεται στην εξέλιξη των παραδοσιακών μεθόδων, και παρά το γεγονός ότι σχεδιάζονται με βάση επιθυμητές τυπολογίες δεν υπερισχύουν αυτές οι αναλογίες. Σε θρησκευτικά κτίρια προτεραιότητα λαμβάνει η σημασιολογία του χώρου, ενώ σε κτίρια κατοικιών οι λειτουργικές ανάγκες. Παρατηρείται μια γεωμετρική ασάφεια στις κατασκευές, λόγω μικροαποκλίσεων στις χαράξεις ή στα χαρακτηριστικά των υλικών κατασκευής. Στα μνημεία αυτά, ο αρχικός σχεδιασμός δεν ακολουθείται αλλά ο τρόπος και τα υλικά κατασκευής τους αποτελούν τα χαρακτηριστικά που θα αποδώσουν την τελική μορφή τους. Πηγαίνοντας πιο πίσω στον χρόνο, τα κλασικά μνημεία έχουν εξαιρετική ακρίβεια στην κατασκευή τους, που προκύπτει τόσο λόγω του σχεδιασμού τους από τον αρχιτέκτονα, όσο και από τον τρόπο και το υλικό δομής τους. Οι χαράξεις ακολουθούν γεωμετρικές μορφές, το μάρμαρο προσφέρει τελειότητα επιφανειών και η εκτέλεση της κατασκευής γίνεται στον άριστο δυνατό βαθμό. Επιπλέον, συχνά σε αντικατάσταση της ευθείας γραμμής διαθέτουν καμπύλες χαράξεις που αποσκοπούν στην διόρθωση της οπτικής κατά τη θέασή τους, με αποτέλεσμα τα επιμέρους μέλη της κατασκευής να διαφοροποιούνται μεταξύ τους. Λόγω της παθολογίας των κατασκευών, οι καμπυλότητες αυτές δεν είναι εύκολα αναγνώσιμες στο μνημείο, οπότε είναι απαραίτητη η αποσαφήνισή τους. Στη κατηγορία των μνημείων αυτών, ο σχεδιασμός απαιτεί μεγάλη σαφήνεια και ακρίβεια, ώστε να ανταποκρίνεται στην αρχιτεκτονική τους, ενώ ταυτόχρονα να προσφέρει τη δυνατότητα αποκάλυψης των στοιχείων του αρχικού σχεδιασμού τους.

Ειδικά για τα κλασικά μνημεία, η ορθοφωτογραφία αναδεικνύεται σε εξαιρετικό και απαραίτητο εργαλείο: παρέχει την ακρίβεια ώστε να ανιχνευθούν με λεπτομέρεια πληροφορίες, που με τις τοπομετρικές μεθόδους δύσκολα μπορούν να εντοπιστούν. Όμως, καθώς οι πληροφορίες

εμπεριέχονται στον τεράστιο όγκο άλλων πληροφοριών, απαιτείται ειδική γνώση για να εντοπιστούν. Στο σημείο αυτό, καλείται η εμπειρία και η γνώση του σχεδιαστή, ως μέσο αξιολόγησης και διαχωρισμού. Η γνώση ότι το μνημείο σχεδιάστηκε με ακρίβεια από την αρχή, και δεν είναι αποτέλεσμα εμπειρικής δόμησης, είναι πολύ σημαντική για την παραγωγή των σχεδίων. Εκτός από την ορθότητα της γεωμετρικής τεκμηρίωσης, η γνώση αυτή θα οδηγήσει στην επιλογή των απαραίτητων βασικών δεδομένων, τα οποία στη συνέχεια θα χρησιμοποιηθούν για το σχέδιο αναπαράστασης αρχικής μορφής και σε πολλές περιπτώσεις θα δώσει απαραίτητες πληροφορίες για τη σύνταξη της μελέτης αναστήλωσης του. Εξίσου σημαντική γνώση για την απόδοση της σχεδιαστικής απεικόνισης αποτελεί ο τρόπος κατασκευής του μνημείου, ώστε να είναι δυνατή η ορθή ερμηνεία και η απόδοση των επιμέρους στοιχείων ως σύνολα και ταυτόχρονα να μπορούν να εντοπιστούν αποκλίσεις λόγω παθολογίας, καθώς το υλικό κατασκευής (τουλάχιστον όπως ορίζονται τα μνημεία στον ευρωπαϊκό χώρο) είναι το βασικό μέσο που διατηρεί την έννοια του μνημείου.

Γενικά, η βάση ενός σχεδίου είναι ο σχεδιασμός της υλικής του υπόστασης, η οποία είναι και αυτή που θα εξασφαλίσει την μελλοντική του ύπαρξη. Επομένως, η καλή γνώση των στοιχείων που συνθέτουν το παρελθόν, προσδιορίζουν και την σχέση μεταξύ αιτίας-αποτελέσματος, η οποία θα αποτελέσει τον βασικό παράγοντα για την εκτίμηση του βαθμού επάρκειας της υφιστάμενης κατάστασης και την αναγκαιότητα για τις απαιτούμενες επεμβάσεις. Το ίδιο το μνημείο είναι το πληρέστερο, φυσικής κλίμακας εργαστήριο. Δείχνει τον τρόπο με τον οποίο ο τύπος του δομήματος, τα δομικά υλικά, οι συνδέσεις, οι αρμοί, οι προσθήκες και οι ανθρώπινες επεμβάσεις έχουν αλληλοεπιδράσει με διαφορετικές δράσεις, όπως αυξημένα φορτία, σεισμοί, ολισθαίνοντα εδάφη, θερμοκρασιακές μεταβολές, ατμοσφαιρική ρύπανση, κ.λπ, αλλοιώνοντας ενδεχομένως την αρχική συμπεριφορά της κατασκευής με τη δημιουργία ρωγμών, θλιπτικών αστοχιών, αποκλίσεων από την κατακόρυφο, φθοράς, καταρρεύσεων, κ.λπ. Ο στόχος από απόψεως δομητικής αποκατάστασης ή ενίσχυσης είναι η απόρριψη των περιττών πληροφοριών και η ορθή ερμηνεία των δεδομένων που είναι κατάλληλα για την περιγραφή της στατικής και δυναμικής συμπεριφοράς του δομήματος (ICOMOS, 2004).

Με βάση όλους τους παραπάνω προβληματισμούς και τα δεδομένα που καταγράφηκαν, ο προβληματισμός για τη σχεδιαστική διαδικασία επανέρχεται για την μέθοδο της φωτογραμμετρίας. Η διαδικασία αναγνώρισης του μνημείου, που όπως διαφάνηκε από τις προηγούμενες σκέψεις είναι απαραίτητη, θα μπορούσε να γίνεται κατά τη συλλογή δεδομένων, το οποίο όμως πρακτικά θα σήμαινε διαδοχή των δύο ενεργειών, καθώς είναι ασύμβατες μεταξύ τους. Ειδικά στη συλλογή δεδομένων με τη χρήση σαρωτή, στο τμήμα που σαρώνεται κάθε φορά δεν επιτρέπεται να υπάρχουν οπτικά εμπόδια, που σημαίνει ότι έρχεται σε άμεση αντίθεση με την επιτόπου παρατήρηση που απαιτεί η αναγνώριση του μνημείου. Ίσως πρέπει να αναζητηθεί ένας άλλος τρόπος προσέγγισης που να περιλαμβάνει τα πλεονεκτήματα των δύο μεθόδων. Μία επίλυση στη μεθοδολογία θα μπορούσε να είναι η χρήση των ορθοφωτογραφιών, ως το πραγματικό κροκί που χρησιμοποιεί ο σχεδιαστής για την κατανόηση του μνημείου. Η ορθοφωτογραφία-κροκί παρέχει το κατάλληλο υπόβαθρο πάνω στο οποίο μπορούν να σημειωθούν όλες οι εμπειρικές παρατηρήσεις, και μάλιστα με εξαιρετική ακρίβεια, καθώς η υφιστάμενη κατάσταση του

E2. Μεθοδολογία – Απόδοση ψηφιακών προϊόντων

μνημείου έχει ήδη αποδοθεί στο χαρτί. Εκτός αυτού, ανακαλώντας την τεχνική των επάλληλων στρώσεων (ριζόχαρτα ή layers) μπορεί να ανακτηθεί η ποιότητα του σχεδίου που προκύπτει από «το χέρι» του σχεδιαστή. Η λύση αυτή προσφέρει επιπλέον το πλεονέκτημα της ψηφιοποίησης ενός σχεδίου που έχει δημιουργηθεί στην κλίμακα εκτύπωσης, ενώ η επιπλέον πληροφορία προσφέρεται την ορθοφωτογραφία που μπορεί να συνδυαστεί στην τελικό σχεδιαστικό προϊόν. Με τον τρόπο αυτό αναδεικνύεται και το πλεονέκτημα των ορθοφωτογραφιών, που ενώ αρχικά αποτελούν το υπόβαθρο για την εξαγωγή μετρικών δεδομένων, στη συνέχεια γίνονται το εργαλείο για την εξαγωγή της ποιοτικής πληροφορίας.

Διαπιστώνεται λοιπόν, η αναγκαιότητα κάθε σταδίου της ανάλυσης ενός μνημείου, όπως έχει προσδιοριστεί: ιστορική-αρχαιολογική, τυπολογική-μορφολογική, κατασκευαστική, παθολογία, με αποτέλεσμα τόσο την επιμέρους τεκμηρίωσή του σε καθένα τομέα από αυτούς, αλλά και για την ορθή γεωμετρική τεκμηρίωση. Επίσης διαπιστώνεται ότι η διαδικασία της τεκμηρίωσης δεν ακολουθεί γραμμική πορεία, αλλά υπάρχει συνεχής αλληλεπίδραση και επαναξιολόγηση των δεδομένων και των συμπερασμάτων. Άλλωστε αυτή είναι και η έννοια της διεπιστημονικής προσέγγισης που ορίζουν οι σχετικές συμβάσεις για την προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς. Με βάση όλα τα παραπάνω δεδομένα και προβληματισμούς, προκύπτει η ανάγκη για τον προσδιορισμό μίας γενικότερης μεθοδολογίας, που αφορά στην γεωμετρική τεκμηρίωση των μνημείων, λαμβάνοντας υπόψη τα νέα ψηφιακά εργαλεία και τα παράγωγα της φωτογραμμετρίας που προσφέρονται στη σύγχρονη εποχή. Σκοπός της μεθοδολογίας αυτής, θα πρέπει να είναι η ολοκληρωμένη γεωμετρική τεκμηρίωση με την ταυτόχρονη εξοικονόμηση πόρων. Δηλαδή συστηματοποίηση της μεθόδου, τόσο σε γενικές αρχές, όσο και σε ειδικότερα ζητήματα ανάλογα με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των μνημείων διαφορετικής αρχιτεκτονικής και εποχής.

E3. Αρχιτεκτονική αποτύπωση – παραγωγή σχεδίων

Μετά την ολοκλήρωση της γεωμετρικής τεκμηρίωσης και την παραγωγή αρχείων μορφής CAD που περιέχουν τις ορθοφωτογραφίες, το στάδιο που ακολουθεί, είναι η επεξεργασία τους για την παραγωγή διανυσματικών σχεδίων. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος AutoCAD, με στόχο τόσο την παραγωγή γραμμικών σχεδίων, όσο και τον συνδυασμό γραμμικού σχεδίου και ορθοφωτογραφίας, για την αξιοποίηση των ποιοτικών πληροφοριών που περιέχονται σε αυτήν.

Τα σχέδια που υπέστησαν επεξεργασία και παράχθηκαν για την κάλυψη των αναγκών της εργασίας είναι:

- οριζόντια τομή, σε ύψος 1,40m
- τομή κατά μήκος, στο κέντρο του ναού και προς τα βόρεια
- εγκάρσια τομή, στο κέντρο του ναού και προς τα ανατολικά
- εγκάρσια τομή, στο κέντρο του ναού και προς τα δυτικά
- ανατολική όψη, χωρίς το επίπεδο προβολής του σηκού
- δυτική όψη
- βόρεια όψη
- νότια όψη

Για τη διαδικασία παραγωγής των παραπάνω σχεδίων, σημαντική γνώση αποτέλεσαν η ιστορική και κατασκευαστική ανάλυση του ναού, καθώς και οι βασικές αρχές της αρχιτεκτονικής ναοδομίας που το διέπουν. Απώτερος σκοπός της σχεδιαστικής αποτύπωσης ήταν η απόδοση της υφιστάμενης κατάστασης του μνημείου, με γενικά σχέδια κλίμακας 1/50, τόσο για την κατανόησή του, όσο και για να αποτελέσουν υπόβαθρο σε μελέτες διαφορετικών επιστημονικών πεδίων (αρχιτεκτονικής, στατικής, συντήρησης κ.α.). Με βάση τα κριτήρια αυτά, αξιολογήθηκε το πλήθος των πληροφοριών που περιείχονταν στις ορθοφωτογραφίες και επιλέχθηκαν οι καταλληλότερες από αυτές προς ψηφιοποίηση.

Επιπρόσθετα, ως βασική αρχή του σχεδιασμού τέθηκε η αναζήτηση των ιδιαιτεροτήτων της κλασικής αρχιτεκτονικής στο μνημείο, όπως οι οπτικές διορθώσεις, αλλά και στοιχείων που αποκλίνουν από τις κατασκευαστικές αρχές του ναού και υποδηλώνουν μεταγενέστερες επεμβάσεις, βλάβες ή φθορές. Κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού της υφιστάμενης κατάστασης του ναού, ο εντοπισμός των στοιχείων αυτών ήταν δύσκολος, διότι σε πολλές περιοχές δεν ήταν εύκολα διακριτά και έπρεπε να αναζητούνται και να επαναπροσδιορίζονται συνεχώς.

Τα παραγόμενα τελικά σχέδια αποδόθηκαν με ποικιλία στα πάχη γραμμών, ώστε να είναι ευδιάκριτα τα διαφορετικά επίπεδα προβολής, τα φέροντα και φερόμενα στοιχεία, αλλά και η παθολογία του ναού. Όσον αφορά στα επίπεδα προβολής, στο δεύτερο και τρίτο επίπεδο, επιλέχθηκε να αποδοθούν σχεδιαστικά οι προβολές των όψεων του σηκού με λιγότερες λεπτομέρειες. Αυτό έγινε διότι για τη συνολική τεκμηρίωση του ναού, απαιτείται επιπλέον ο σχεδιασμός των εσωτερικών όψεων στις οποίες αποτυπώνεται με λεπτομέρεια το σύνολο του σηκού.

Στις περιοχές (λόγω βλάστησης κ.ά.), που δεν ήταν εφικτή η εξαγωγή πληροφοριών για τη δομή και την κατάσταση του μνημείου, η προσπάθεια απόδοσης της υφιστάμενης κατάστασης έγινε συγκρίνοντας φωτογραφικό υλικό. Στα σχέδια αποτυπώθηκαν οι φθορές που είναι αποτέλεσμα της απώλειας δομικού υλικού, ενώ αποφασίστηκε η παράλειψη σχεδιασμού των επικαθήσεων από βιολογικό παράγοντα.

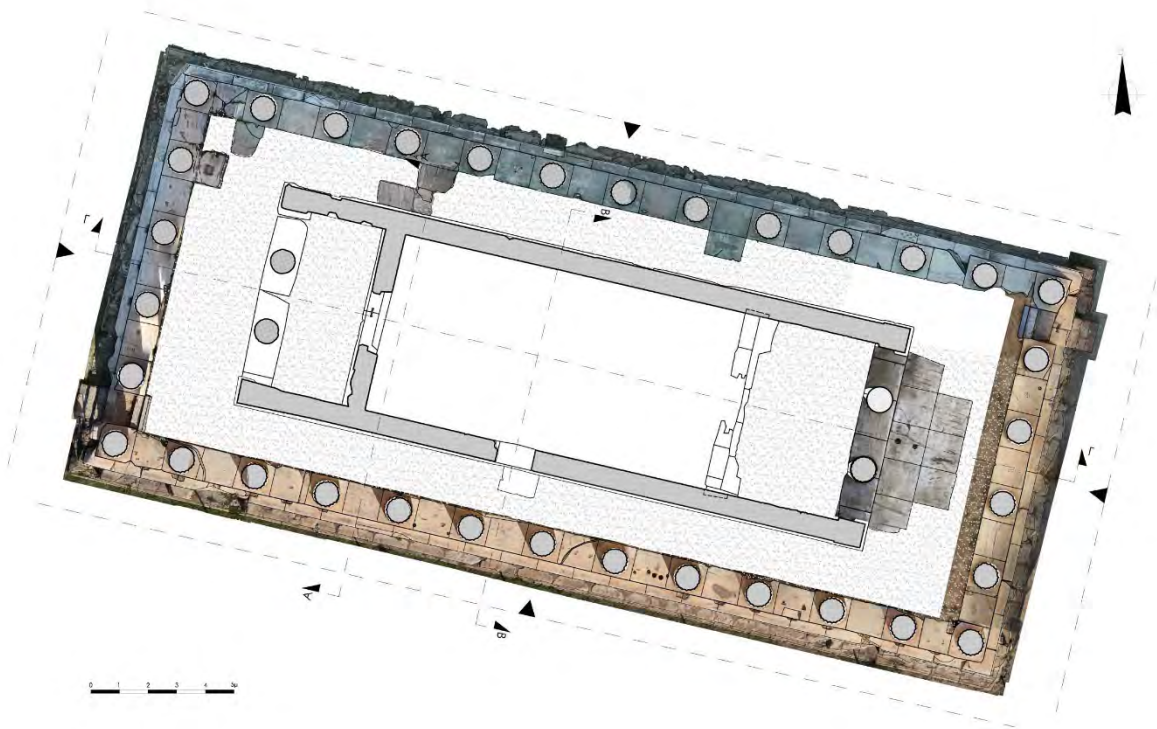
Κατά τη διαδικασία του σχεδιασμού, προέκυψε ο προβληματισμός σχετικά με το βαθμό λεπτομέρειας απόδοσης κάποιων στοιχείων του κτηρίου. Για παράδειγμα, οι κίονες δωρικού ρυθμού, σε κανονικές συνθήκες σχηματίζουν ακμή στην απόληξή τους και αποτυπώνονται με μία γραμμή. Στην περίπτωση του εξεταζόμενου ναού, η εκτεταμένη απώλεια υλικού στις ακμές των ραβδώσεων των κιόνων, δημιούργησε διαπλάτυνση, η οποία σχεδιαστικά θα έπρεπε να αποτυπωθεί με δύο γραμμές σε κάθε απόληξη, προκαλώντας σύγχυση λόγω προσομοίωσης κίονα ιωνικού ρυθμού. Κατά την ανάγνωση του σχεδίου, μια τέτοια σύγχυση δεν θα ήταν επιθυμητή, οπότε επιλέχθηκε να σχεδιαστούν οι ακμές με μεγαλύτερη λεπτομέρεια από αυτήν που θα επαρκούσε για την κλίμακα 1/50.

Ένα ακόμα στοιχείο προβληματισμού ήταν η σχεδιαστική απόδοση των διασωζόμενων γλυπτών στις μετόπες. Οι φθορές των μορφών σε πολλά γλυπτά είναι εκτεταμένες, τόσο λόγω αφάιρσής τους, όσο και λόγω απώλειας υλικού τους. Για τον σχεδιασμό των γλυπτών, απαιτήθηκε να γίνει συγκριτική μελέτη με σχέδια αναπαράστασης των αρχικών θεμάτων, ώστε να διαπιστωθεί ποιες γραμμές ανήκουν στις αρχικές μορφές και ποιες είναι αποτέλεσμα φθοράς. Μέσω αυτής της διαδικασίας, σχεδιάστηκαν τα βασικά περιγράμματα και όσες γραμμές ήταν ευδιάκριτες, με έμφαση σε αυτές που

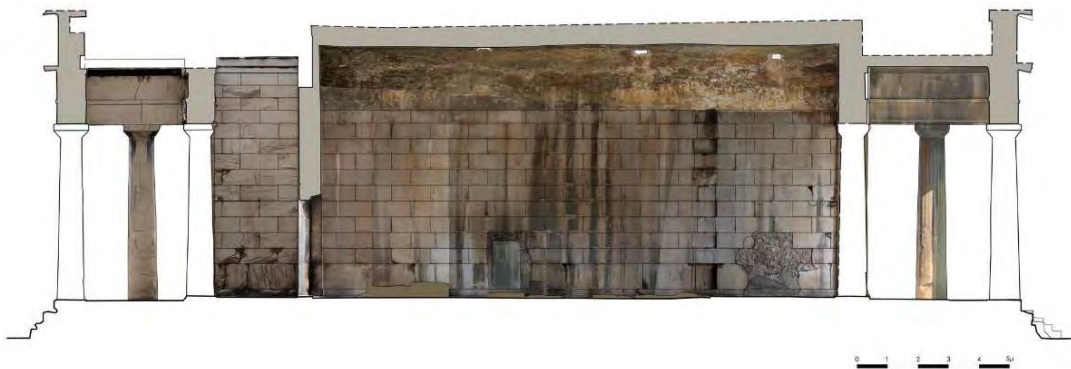
Ε2. Μεθοδολογία – Απόδοση ψηφιακών προϊόντων

διαχωρίζουν τις μορφές μεταξύ τους, ώστε να αναγνωρίζεται το θέμα της σύνθεσης.

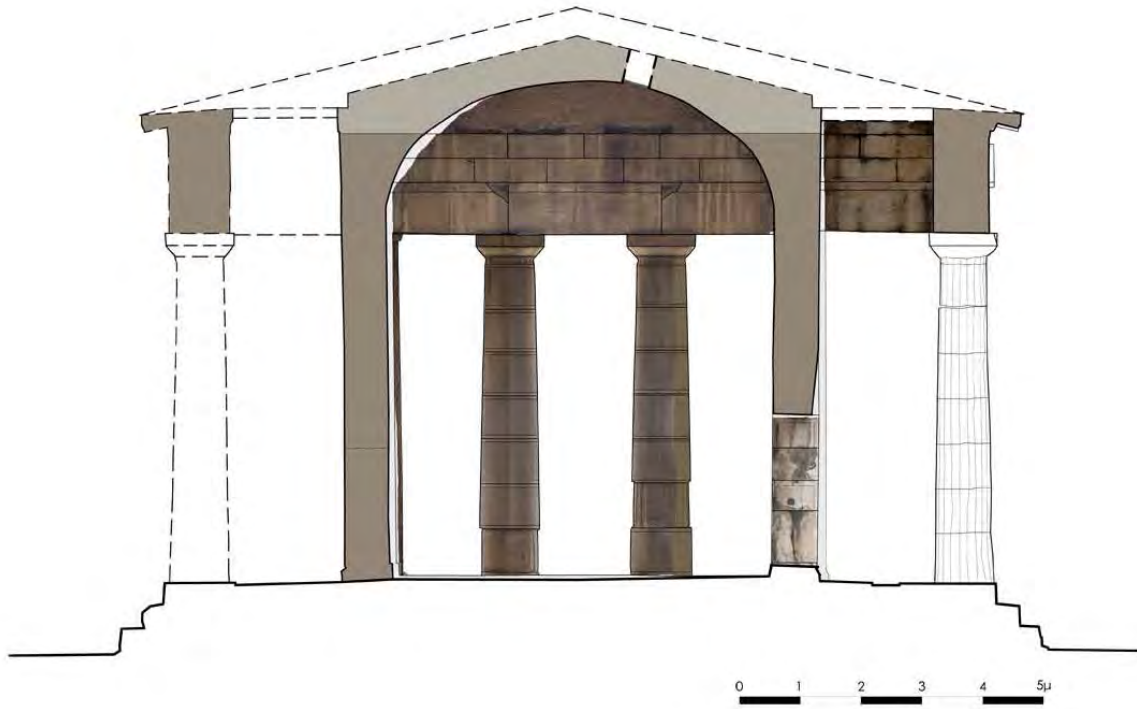
Με την ολοκλήρωση του σχεδιασμού, τα σχέδια εκτυπώθηκαν με υπόβαθρο τις ορθοφωτογραφίες, οι οποίες προσφέρουν τις ποιοτικές πληροφορίες που δεν περιέχονται στο γραμμικό σχέδιο. Επιπλέον, οι όψεις τυπώθηκαν χωρίς το φωτογραμμετρικό υπόβαθρο, ενώ ενδεικτικά η δυτική όψη αποδόθηκε ζωγραφικά με σκιές στο χέρι, αποσκοπώντας στην ανάδειξη της αισθητικής του σχεδίου, και όχι στην γεωμετρική πιστότητά τους. Η διαδικασία αυτή επιλέχθηκε να γίνει μέσα στο πλαίσιο αναζήτησης των μεθόδων διαχείρισης και απόδοσης των φωτογραμμετρικών προϊόντων σε γραμμικά σχέδια, τα οποία κατά παράδοση υπόκεινται σε κάποιες αρχές.



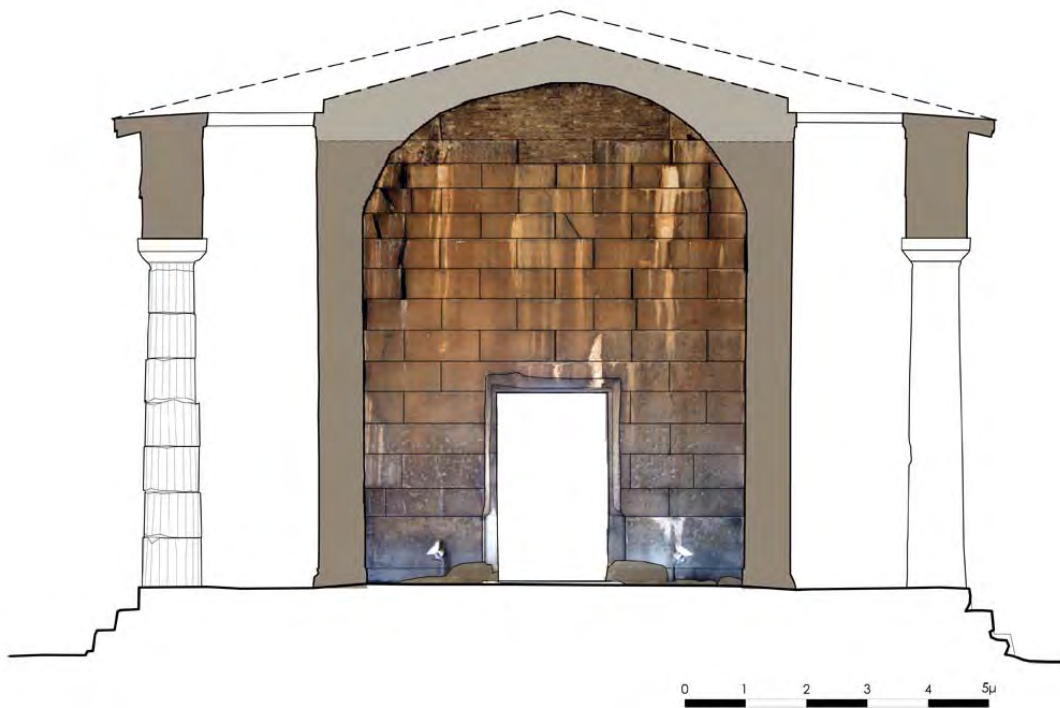
Εικ.70 Κάτοψη του ναού. Η κάτοψη δημιουργήθηκε από σημεία που παράχθηκαν με την χρήση γεωδαιτικού σταθμού και συμπληρώθηκε με ορθοφωτογραφίες.



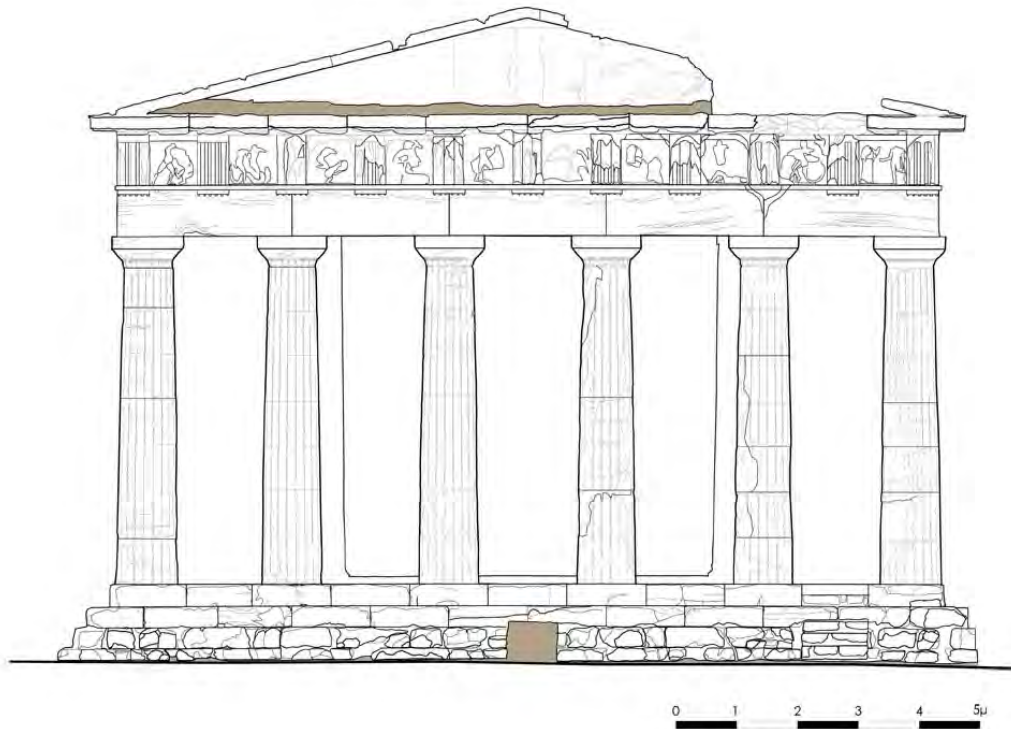
Εικ.71 Κατά μήκος τομή Γ στο κέντρο του σηκού και προς τα βόρεια.



Εικ.72 Εγκάρσια τομή Β στο κέντρο του σηκού και προς τα ανατολικά, γραμμικό σχέδιο επάνω σε ορθοφωτογραφία.



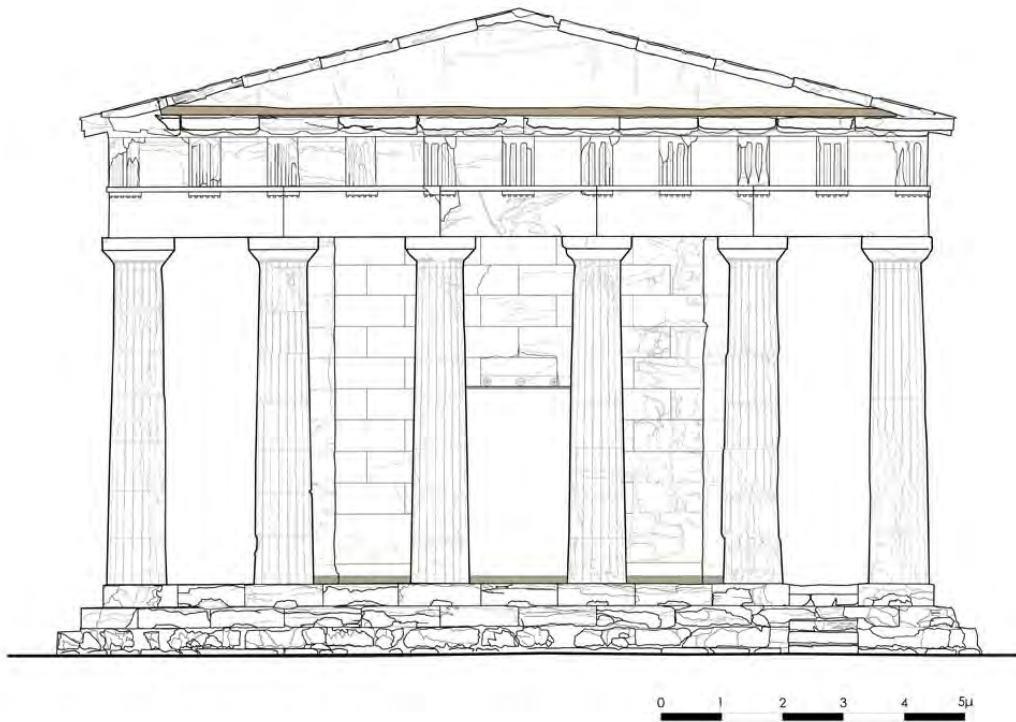
Εικ.73 Εγκάρσια τομή Α στο δυτικό τμήμα του σηκού και προς τα δυτικά, γραμμικό σχέδιο επάνω σε ορθοφωτογραφία.



Εικ.74 Ανατολική όψη, γραμμικό σχέδιο.



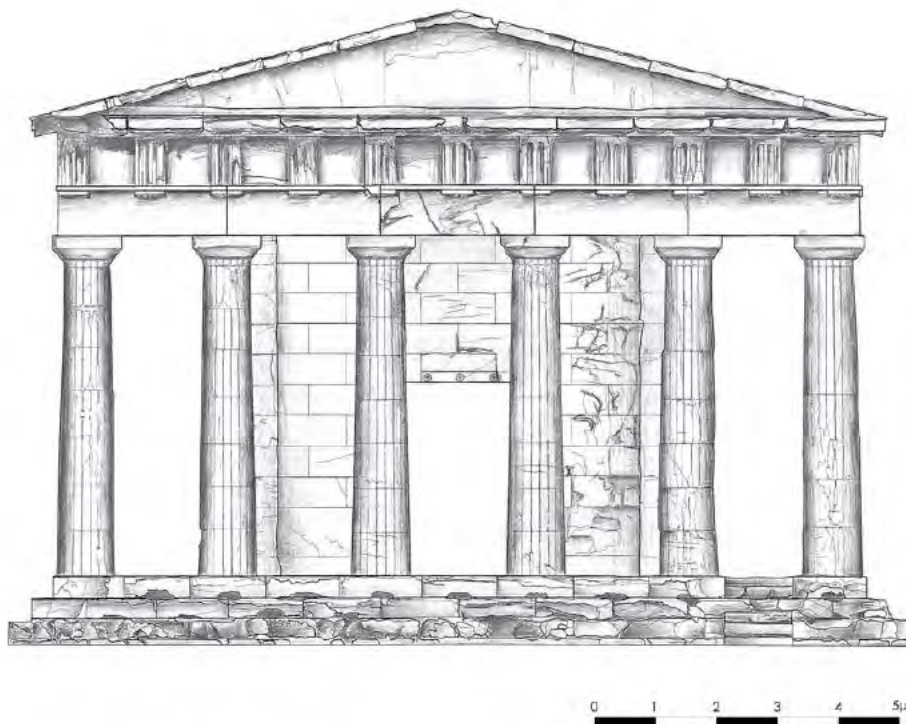
Εικ.75 Ανατολική όψη, γραμμικό σχέδιο επάνω σε ορθοφωτογραφία.



Εικ.76 Δυτική όψη, γραμμικό σχέδιο.



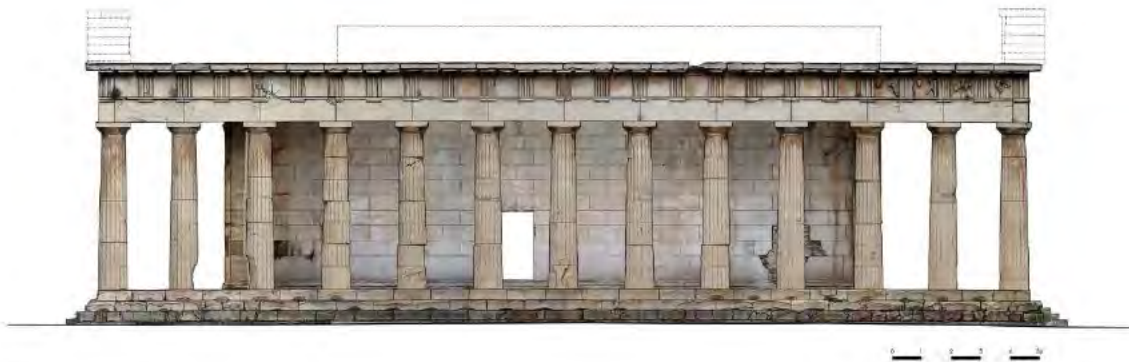
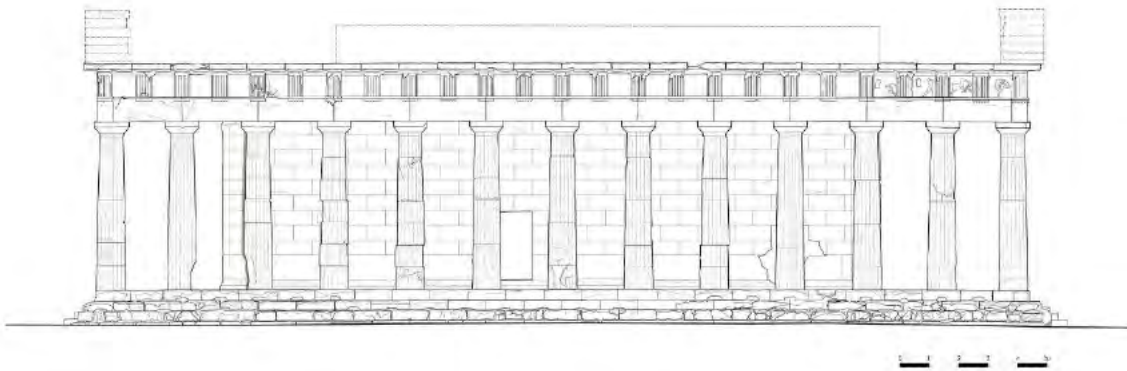
Εικ.77 Δυτική όψη, ορθοφωτογραφία.



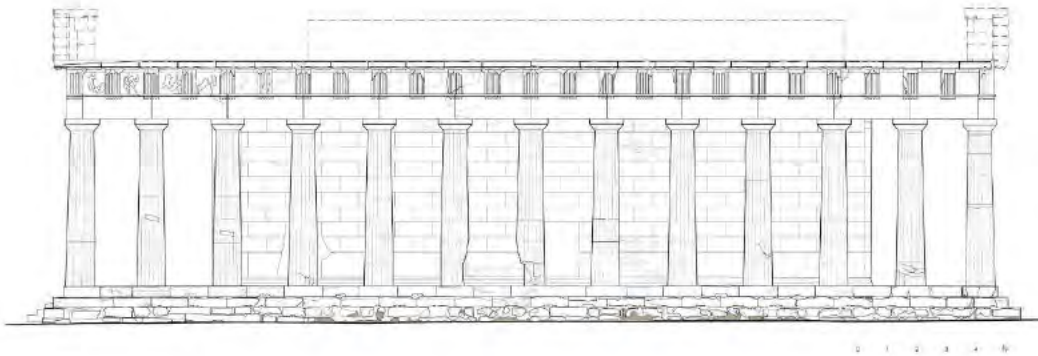
Εικ.78 Δυτική όψη, γραμμικό σχέδιο με σκιές απόδοσης.



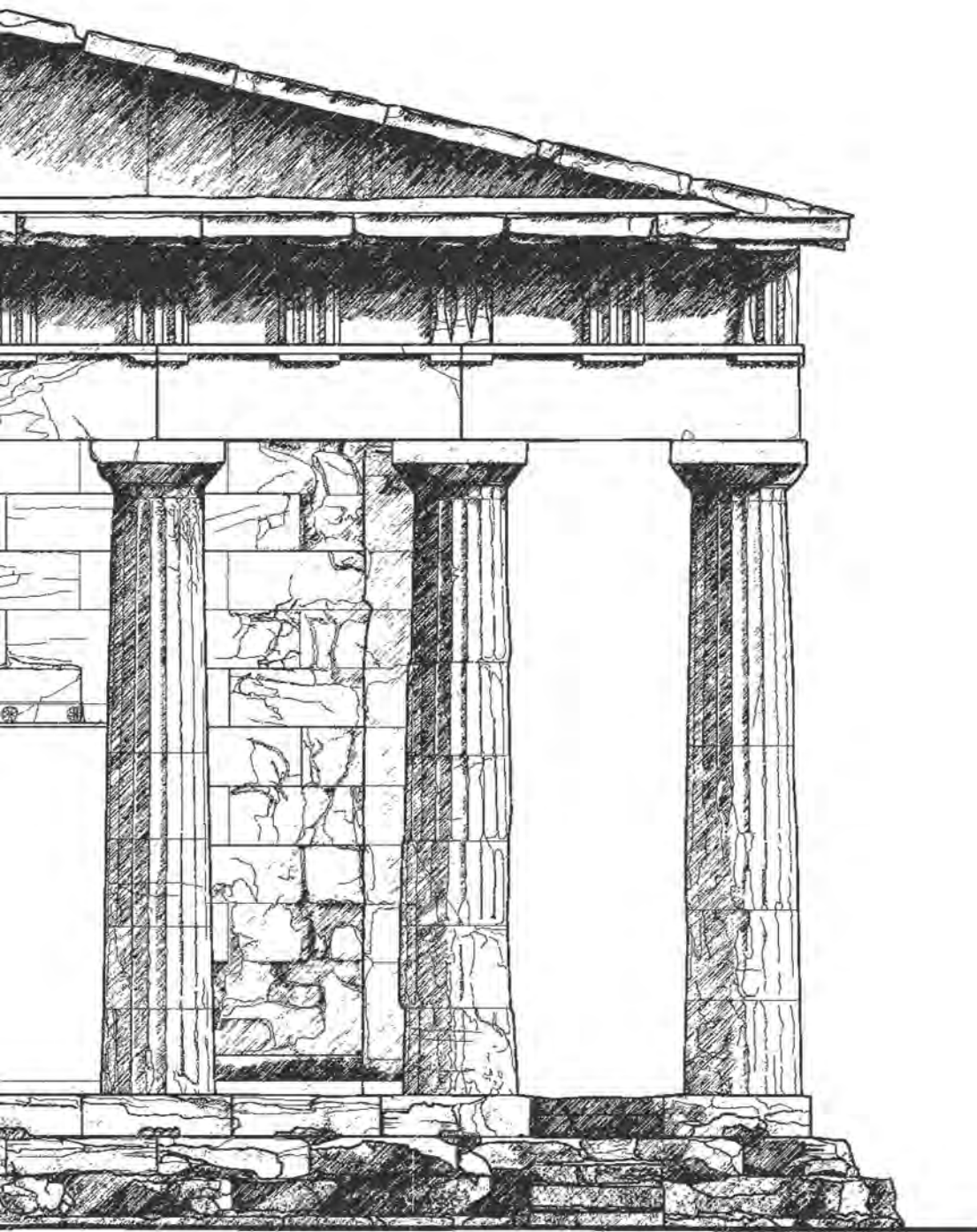
Εικ.79 Δυτική όψη, γραμμικό σχέδιο επάνω σε ορθοφωτογραφία.



Εικ.80,81 Νότια όψη, επάνω: γραμμικό σχέδιο, κάτω: γραμμικό σχέδιο επάνω σε ορθοφωτογραφία.



Εικ.82,83 Βόρεια όψη, επάνω: γραμμικό σχέδιο, κάτω: γραμμικό σχέδιο επάνω σε ορθοφωτογραφία.



Συμπεράσματα

Συμπεράσματα

Αντικείμενο της εργασίας είναι η γεωμετρική και αρχιτεκτονική τεκμηρίωση του Ναού του Ηφαίστου με βάση προϊόντα φωτογραμμετρίας, και συγκεκριμένα ορθοφωτογραφίες.

Ο ναός του Ηφαίστου βρίσκεται στην Αρχαία Αγορά των Αθηνών και χρονολογείται στα μέσα του 5ου π.Χ. αιώνα. Είναι χτισμένος στην κορυφή του λόφου Αγοραίου Κολωνού και δεσπόζει στον χώρο της Αγοράς, η οποία ήταν το κέντρο της κοινωνικής, οικονομικής και πολιτικής ζωής της πόλης από τον 6ο π.Χ. έως τον 3ο μ.Χ. αιώνα. Στο διάστημα αυτό ο χώρος της Αγοράς, καταστράφηκε και ανοικοδομήθηκε αρκετές φορές, σύμφωνα με τα αρχαιολογικά ευρήματα της ανασκαφής που πραγματοποιήθηκε από την Αμερικάνικη Σχολή Κλασικών Σπουδών, στα μέσα του 20ου αιώνα. Ο ναός του Ηφαίστου είναι το μοναδικό κτίσμα που διασώθηκε στον χώρο της Αγοράς ανά τους αιώνες και επιπλέον το καλύτερα σωζόμενο δείγμα δωρικού ναού στην Ελλάδα.

Κατασκευάστηκε το 460-415 π.Χ. και ανήκει στον τύπο του «εξάστυλου περίπτερου» δωρικού ναού, ο οποίος έχει σηκό με πρόναο και οπισθόδομο στη μορφή ενός διπλού, δίστυλου «εν παραστάσι» κτιρίου. Ο ναός είναι ευρύτερα γνωστό ως «Θησείο» σύμφωνα με παλαιότερες απόψεις, όμως η ανασκαφική έρευνα επιβεβαίωσε την ταύτιση του ως ναό του Ηφαίστου και της Αθηνάς Εργάνης. Είναι ένας από τους τέσσερις σχεδόν παρόμοιους ναούς που κατασκευάστηκαν στην Αττική κατά την ώριμη κλασική περίοδο μαζί με τον Ναό της Αθηνάς Παλληνίδος ή του Άρεως των Αχαρνών, τον Ναό του Ποσειδώνος Σουνίου και τον Ναό Νεμέσεως Ραμνούντος. Παρόλη την ομοιότητα τους, ο Ναός του Ηφαίστου ξεχωρίζει από τους υπολοίπους, καθώς διαθέτει καινοτόμα κατασκευαστικά στοιχεία και εξαιρετικά πλούσιο γλυπτό διάκοσμο, με επιρροές πιθανόν από τον Παρθενώνα, η κατασκευή του οποίου είχε αρχίσει πριν την ολοκλήρωση του Ηφαιστείου.

Στον πρόναο, η ακριβής αντιστοίχιση της ανατολικής πρόσοψης του σηκού προς τους κίονες της περιστασης επέτρεψε την τομή των δύο επιστυλίων με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός ενιαίου ολόπλευρου πλαισίου στο ύψος της ζωφόρου. Η διάταξη αυτή σε συνδυασμό με το ευρύτερο πλάτος του πτερού σε σχέση με τις κατά μήκος πλευρές, έχει ως αποτέλεσμα την ιδιαιτερότητα του χώρου αυτού, ο οποίος γίνεται αντιληπτός ως αυτονομημένος. Ιδιαίτερο στοιχείο αποτελούν και οι ιωνικές ζωφόροι που αναπτύσσονται στον πρόναο και στον οπισθόδομο και οι ανάγλυφες παραστάσεις να κοσμούν τις μετόπες της ανατολικής όψης και των τεσσάρων μετοπών της βόρειας και νότιας όψης που αντιστοιχούν στον χώρο του πρόναου.

Εκτός από τις αναθεωρήσεις που φαίνεται να έγιναν στην διάταξη του ναού κατά την ανοικοδόμησή του, το Ηφαιστείο, στην μακραίωνη πορεία του, δέχτηκε εκτεταμένες επεμβάσεις, με σημαντικότερη την μετατροπή του σε εκκλησία του Αγίου Γεωργίου του Ακαμά, πιθανότατα κατά τον 7ο μ.Χ. αιώνα. Για να προσαρμοστεί στις χριστιανικές ανάγκες, τροποποιήθηκε ο πρόναος για την κατασκευή της κόγχης του Ιερού, κατασκευάστηκε θολωτή οροφή στο εσωτερικό του ναού και διανοίχθηκαν είσοδοι στον οπισθόδομο και στις πλευρικές τοιχοποιίες του σηκού. Ο Ιερός Ναός, εξακολούθησε να λειτουργεί μέχρι το 1835, γεγονός που συντέλεσε και στην διατήρηση του

αρχαίου ναού. Σημαντική επέμβαση αποτέλεσε και η χρήση του ως χώρος ταφής κατά τον 18ο αιώνα, οπότε και καταστράφηκε το αρχαίο μαρμάρινο δάπεδο. Στα μέσα του 20ου αιώνα πραγματοποιήθηκαν εργασίες συντήρησης και αναστήλωσης με σημαντικότερες την απομάκρυνση του ιερού στην ανατολική πλευρά και την αποκατάσταση της αρχικής μορφής του πρόναου, διαμορφώνοντας την υφιστάμενη κατάσταση του.

Η αρχιτεκτονική της κλασικής εποχής, στην οποία ανήκει το μνημείο, πρόσφερε τη δυνατότητα να αξιοποιηθούν τα πλεονεκτήματα της φωτογραμμετρικής μεθόδου. Η συλλογή συνεχόμενης πληροφορίας με μεγάλη ακρίβεια, έδωσε την δυνατότητα για τον εντοπισμό των ιδιαίτερων κατασκευαστικών στοιχείων, που χαρακτηρίζουν το μνημείο. Επίσης, στο πεδίο των μνημείων είναι πολύ σημαντική η δυνατότητα μετρήσεων από απόσταση, χωρίς επαφή με το αντικείμενο, αλλά και η δυνατότητα αποτύπωσης τμημάτων του που λόγω θέσης ή μορφής, δύσκολα θα μπορούσαν να μετρηθούν.

Η εφαρμογή της φωτογραμμετρίας αποτελεί ένα σημαντικό και πολύτιμο εφόδιο στο πλαίσιο της Προστασίας της Πολιτιστικής Κληρονομιάς, βασική αρχή της οποίας είναι η τεκμηρίωσή της με σκοπό την διατήρηση, αποκατάσταση, διαχείριση και ανάδειξή της. Η τεκμηρίωση αποτελεί αντικείμενο πολλών διαφορετικών επιστημονικών πεδίων: ιστορική-αρχαιολογική, γεωμετρική, αρχιτεκτονική, παθολογία κ.ά., με στόχο την ολιστική προσέγγιση ενός μνημείου και την εξαγωγή ορθών συμπερασμάτων.

Η γεωμετρική τεκμηρίωση έχει ως σκοπό τον προσδιορισμό της θέσης και της πραγματικής μορφής ενός αντικειμένου στον χώρο των τριών διαστάσεων σε μία δεδομένη χρονική στιγμή. Η επίτευξη του στόχου αυτού, μπορεί να επιτευχθεί μέσω τριών διαφορετικών ομάδων μεθόδων συλλογής δεδομένων: την τοπομετρική, την τοπογραφική και την φωτογραμμετρική. Αυτές οι μέθοδοι διατηρούν μεταξύ τους άμεσες και έμμεσες συνδέσεις, μέσω των οποίων επιτυγχάνεται το βέλτιστο αποτέλεσμα τεκμηρίωσης.

Η φωτογραμμετρική μέθοδος ανταποκρίνεται στην γεωμετρική τεκμηρίωση και παράλληλα προσφέρει τη βάση για την εκπόνηση της αρχιτεκτονικής τεκμηρίωσης και ανάλυσης. Η γεωμετρική και αρχιτεκτονική τεκμηρίωση συναντώνται στο πεδίο που προσφέρουν τα φωτογραμμετρικά προϊόντα, τα οποία συνδυάζουν γεωμετρικές και ποιοτικές πληροφορίες. Αν και η συσχέτιση των δύο παραπάνω κατηγοριών τεκμηρίωσης κλιμακώθηκε τις τελευταίες δεκαετίες με την ανάπτυξη της ψηφιακής τεχνολογίας, η πορεία της έχει βάση στην παράλληλη ανάπτυξη της επιστήμης της τοπογραφίας και της αρχιτεκτονικής ήδη από τον 17-18^ο αιώνα.

Η φωτογραμμετρία ως επιστημονικός κλάδος ορίζεται ως «η τέχνη, η επιστήμη και η τεχνική απόκτησης αξιόπιστων μετρητικών πληροφοριών για φυσικά αντικείμενα και για το περιβάλλον, μέσω διαδικασιών καταγραφής, μέτρησης και ερμηνείας φωτογραφικών εικόνων, προτύπων ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και άλλων φαινομένων». Στις ευρύτερες φωτογραμμετρικές τεχνικές ανήκουν οι σαρώσεις laser, η αναγωγή δισδιάστατης εικόνας και η αυτοματοποιημένη πολυεικονική μοντελοποίηση, η οποία αναπτύχθηκε χάρη στην εξέλιξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών και κατάλληλων λογισμικών επεξεργασίας. Στη σύγχρονη εποχή, Το ενδιαφέρον της φωτογραμμετρίας, επικεντρώνεται στην ψηφιακή εικόνα, η οποία διαθέτει τα τεχνικά στοιχεία για την παραγωγή τρισδιάστατης γεωμετρικής πληροφορίας με την ταυτόχρονη ανάλυση παραπάνω από μίας εικόνων.

Η τρισδιάστατη φωτογραμμετρική μέθοδος επιτυγχάνει την παραγωγή ενός τρισδιάστατου μοντέλου, το οποίο εκτός της αναπαράστασης της γεωμετρίας ενός αντικειμένου διαθέτει και πληροφορίες χρώματος και υφής, τα οποία προφέρουν ποιοτικές πληροφορίες. Ειδικά στη μελέτη των μνημείων, οι ποιοτικές πληροφορίες είναι εξαιρετικά πολύτιμες καθώς μπορούν να τεκμηριώσουν τα υλικά δομής, την κατάσταση διατήρησης και την παθολογία ενός μνημείου. Η μέθοδος επιτυγχάνει την παραγωγή διαφορετικών ειδών τελικών προϊόντων, όπως τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα, φωτορεαλιστικές απεικονίσεις, ορθοφωτογραφίες κ.ά., τα οποία προσφέρουν πολλαπλές δυνατότητας στην διαχείριση και προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς. Τα τρισδιάστατα μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε τεχνικές περιήγησης μορφής βίντεο ή σε περιβάλλοντα εικονικής πραγματικότητας, συνδυάζοντας την εξέλιξη στον τομέα των γραφικών στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, αλλά και ως πρότυπο για την δημιουργία πραγματικών μοντέλων με την μέθοδο της τρισδιάστατης εκτύπωσης.

Η γεωμετρική τεκμηρίωση του Ναού του Ηφαιστού εκπονείται με τη χρήση φωτογραμμετρικών μεθόδων, από το Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, στο πλαίσιο του μαθήματος Αποτυπώσεις Μνημείων του 9^{ου} εξαμήνου. Από το πλήθος προϊόντων τεκμηρίωσης που είναι δυνατό να εξαχθούν, η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στα δισδιάστατα εικονιστικά παράγωγα, δηλαδή στις ορθοφωτογραφίες, με σκοπό την παραγωγή γραμμικών σχεδίων αποτύπωσης με τη χρήση σχεδιαστικού προγράμματος τύπου CAD. Οι ορθοφωτογραφίες παρέχουν αξιόπιστες μετρητικές πληροφορίες που καλύπτουν τις ανάγκες της γεωμετρικής τεκμηρίωσης, και παράλληλα περιλαμβάνουν τις ποιοτικές πληροφορίες, με αποτέλεσμα να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υπόβαθρο για την παραγωγή αρχιτεκτονικών σχεδίων.

Για την επιτυχή εφαρμογή μιας φωτογραμμετρικής τεχνικής, πρέπει από την αρχή να έχουν προσδιοριστεί οι τεχνικές προδιαγραφές των τελικών προϊόντων, ώστε να προσδιοριστούν οι απαιτήσεις για την συλλογή δεδομένων. Για την τεκμηρίωση του Ηφαιστείου, ως προδιαγραφή για το τελικό προϊόν ορίστηκε η κλίμακα εκτύπωσης 1:50, γεγονός που προσδιόρισε και τις απαιτήσεις ακρίβειας. Με δεδομένη την ζητούμενη κλίμακα και λαμβάνοντας υπόψη τις διαστάσεις του ναού, τα χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής του και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του διαθέσιμου υλικού εξοπλισμού, προσδιορίστηκε η μεθοδολογία λήψης εικόνων, που αποτελεί το πρώτο στάδιο εφαρμογής. Χρησιμοποιήθηκαν τρεις φωτογραμμετρικές μέθοδοι: η στερεοσκοπική μέθοδος, (με το πρόγραμμα PHOTOMOD 5), η μέθοδος της αναγωγής (με το πρόγραμμα RDF), η μέθοδος «δομή από κίνηση» (με το πρόγραμμα PhotoScan), ανάλογα με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των επιμέρους τμημάτων.

Ανάλογα με τη μέθοδο καθορίστηκαν οι θέσεις και ο τρόπος λήψης των φωτογραφιών, όλες όμως καθορίστηκαν από την απαίτηση η εδαφοψηφίδα της τελικής ορθοφωτογραφίας να είναι με μέγιστο επιτρεπτό όριο 5mm., σύμφωνα με την ζητούμενη κλίμακα. Γενικά, οι λήψεις πραγματοποιήθηκαν σε δύο καθ' ύψος ζώνες και επιμέρους τμήματα κατά μήκος του μνημείου. Επιπλέον, με βάση τις ανάγκες κάθε λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε, οι εικόνες τραβήχτηκαν με μεγάλο ποσοστό αλληλοεπικάλυψης καθορίζοντας και τον ελάχιστο αναγκαίο αριθμό αυτών.

Στο πρώτο στάδιο εφαρμογής εντάσσονται και οι εργασίες γεωδαιτικών μετρήσεων, οι οποίες στην περίπτωση αρχιτεκτονικών μνημείων, είναι απαραίτητες για να επιτευχθεί η σωστή κλίμακα, ο προσανατολισμός και η γεωαναφορά των τελικών προϊόντων. Πριν τη λήψη των εικόνων τοποθετήθηκαν ή καθορίστηκαν φωτοσταθερά σημεία, τα οποία μετρήθηκαν με γεωδαιτικό σταθμό. Επιπλέον, για τις ανάγκες τεκμηρίωσης του ναού πραγματοποιήθηκαν γεωδαιτικές μετρήσεις για την σύνταξη της οριζόντιας τομής του ναού και σε όσα τμήματα κρίθηκε απαραίτητο για την συμπλήρωση των μετρήσεων.

Μετά την ολοκλήρωση της συλλογής των δεδομένων, έγινε η επεξεργασία τους σε ειδικά λογισμικά, στα οποία ανακατασκευάστηκε η τρισδιάστατη πληροφορία και παράχθηκαν οι ζητούμενες ορθοφωτογραφίες. Οι ορθοφωτογραφίες που παρήχθησαν από κάθε μια από τις προηγούμενες μεθόδους, εισήχθησαν με γεωαναφορά στο σχεδιαστικό πρόγραμμα Autocad, όπου έγιναν οι έλεγχοι και η τελική επεξεργασία.

Τα σχέδια που υπέστησαν επεξεργασία και παρήχθησαν για την κάλυψη των αναγκών της εργασίας είναι:

- οριζόντια τομή, σε ύψος 1,40m
- τομή κατά μήκος, στο κέντρο του ναού και προς τα βόρεια
- εγκάρσια τομή, στο κέντρο του ναού και προς τα ανατολικά
- εγκάρσια τομή, στο κέντρο του ναού και προς τα δυτικά
- ανατολική όψη, χωρίς το επίπεδο προβολής του σηκού
- δυτική όψη
- βόρεια όψη
- νότια όψη

Για τη διαδικασία παραγωγής των παραπάνω σχεδίων, σημαντική γνώση αποτέλεσαν η ιστορική και κατασκευαστική ανάλυση του ναού, καθώς και οι βασικές αρχές της αρχιτεκτονικής ναοδομίας που το διέπουν. Απώτερος σκοπός της σχεδιαστικής αποτύπωσης ήταν η απόδοση της υφιστάμενης κατάστασης του μνημείου, με γενικά σχέδια κλίμακας 1/50, τόσο για την κατανόησή του, όσο και για να αποτελέσουν υπόβαθρο σε μελέτες διαφορετικών επιστημονικών πεδίων (αρχιτεκτονικής, στατικής, συντήρησης κ.ά.). Επιπρόσθετα, ως βασική αρχή του σχεδιασμού τέθηκε η αναζήτηση των ιδιαιτεροτήτων της κλασικής αρχιτεκτονικής στο μνημείο, όπως οι οπτικές διορθώσεις, αλλά και στοιχείων που αποκλίνουν από τις κατασκευαστικές αρχές του ναού και υποδηλώνουν μεταγενέστερες επεμβάσεις, βλάβες ή φθορές. Με βάση τα κριτήρια αυτά, αξιολογήθηκε το πλήθος των πληροφοριών που περιέχονταν στις ορθοφωτογραφίες και επιλέχθηκαν οι καταλληλότερες από αυτές προς ψηφιοποίηση. Με την ολοκλήρωση του σχεδιασμού, τα σχέδια εκτυπώθηκαν με υπόβαθρο τις ορθοφωτογραφίες, οι οποίες προσφέρουν τις ποιοτικές πληροφορίες που δεν περιέχονται στο γραμμικό σχέδιο.

Μέσα από την διαδικασία σχεδιασμού, προέκυψαν ορισμένοι προβληματισμοί σχετικά με την μεθοδολογία που ακολουθείται στην απόδοση των ορθοφωτογραφιών. Η ορθοφωτογραφία διαθέτει μεγάλο όγκο πληροφοριών, που εκτός από το πεδίο που αφορά στην γεωμετρία του κτιρίου που αποδίδεται στον γενικό σχεδιασμό, εμπίπτει και σε άλλα πεδία, όπως μορφολογία, κατασκευή, παθολογία κ.ά., η οποία πρέπει να υποστεί κατάλληλη διαχείριση. Ταυτόχρονα, η συνολική πληροφορία που προσφέρει η ορθοφωτογραφία αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα, καθώς προσφέρεται από την αρχή, το τελικό αποτέλεσμα, έχοντας τη δυνατότητα για άμεση

εποπτεία της διατήρησης του μνημείου από την αρχή και ταυτόχρονα μειώνοντας την πιθανότητα σφαλμάτων κατά την ανασύνθεση των αρχικών δεδομένων.

Η παράμετρος όμως που δεν περιέχεται στις ορθοφωτογραφίες, είτε ως τελικό προϊόν, είτε κατά την διαδικασία παραγωγής τους και αποτελεί κρίσιμο παράγοντα στον σχεδιασμό, είναι η κατανόηση και η εμπειρική γνώση του μνημείου. Αυτό το χαρακτηριστικό που περιγράφεται ως απόδοση του σχεδίου, υπονοεί τις νοητικές διεργασίες που συμβαίνουν από «το μάτι μέχρι το χέρι» στον κάθε σχεδιαστή και μελετητή. Στις τοπομετρικές μεθόδους, η γνώση της κατασκευής και η παρατήρηση της υφιστάμενης κατάστασης του μνημείου, επιτυγχάνονται μέσα από την επιτόπου μελέτη, με σκοπό την ερμηνεία και απόδοση της γνώσης αυτής στα στοιχεία που θα ανασυντεθούν κατά τον σχεδιασμό. Η διαδικασία αυτή είναι πολύ σημαντική, διότι τα δεδομένα που θα συλλεχθούν από αυτή τη φάση, θα οδηγήσουν στα συμπεράσματα στο στάδιο της ανάλυσης.

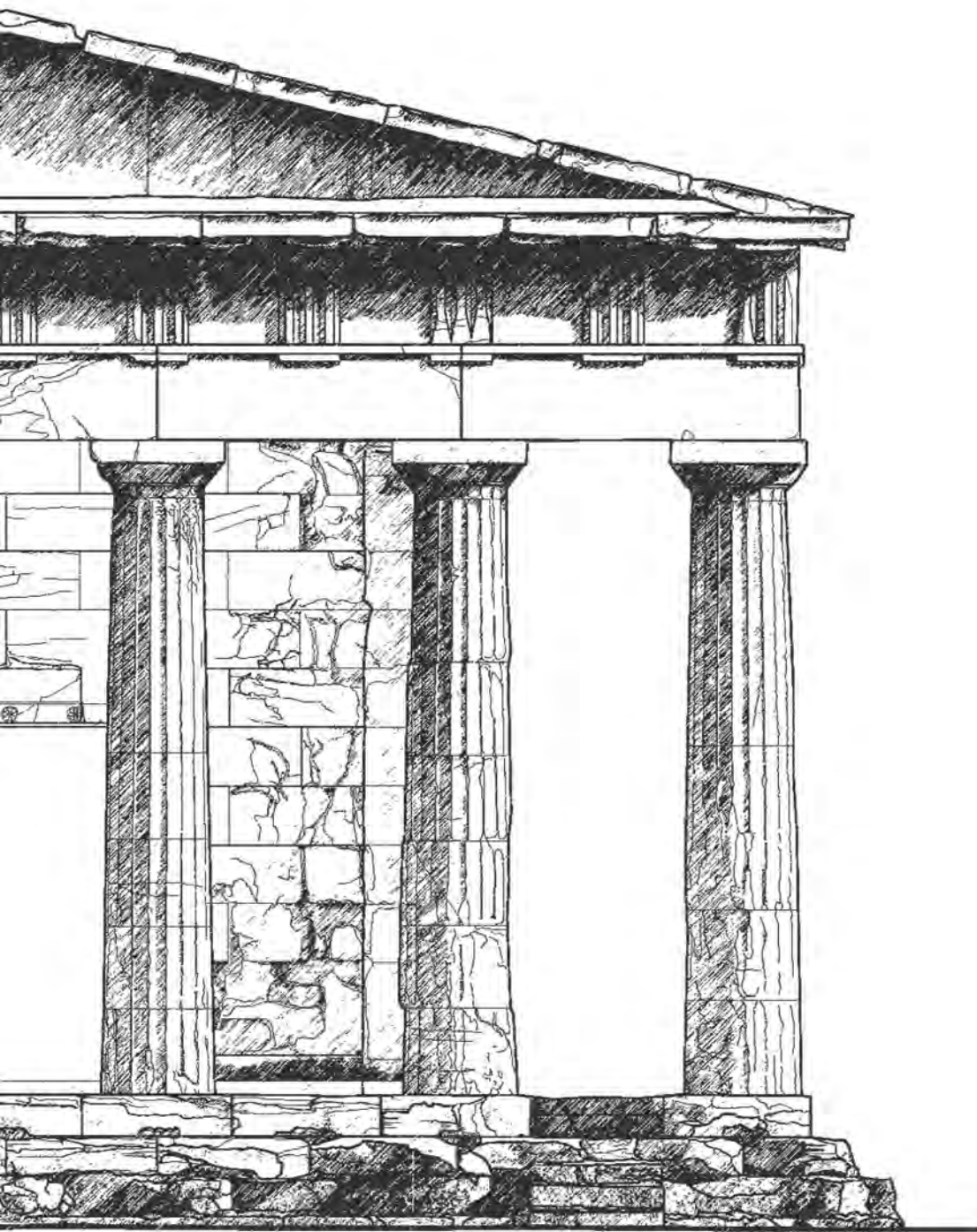
Ειδικά για τα κλασικά μνημεία, η ορθοφωτογραφία, με την προϋπόθεση να έχει παραχθεί σωστά, παρέχει την ακρίβεια ώστε να ανιχνευθούν με λεπτομέρεια πληροφορίες, που με τις τοπομετρικές μεθόδους δύσκολα μπορούν να εντοπιστούν. Όμως, καθώς οι πληροφορίες εμπεριέχονται στον τεράστιο όγκο άλλων πληροφοριών, απαιτείται ειδική γνώση για να εντοπιστούν. Στο σημείο αυτό, ο σχεδιαστής/μελετητής επικαλείται την εμπειρία και την γνώση του, ως μέσο αξιολόγησης και διαχωρισμού. Η γνώση λοιπόν ότι το μνημείο σχεδιάστηκε με ακρίβεια από την αρχή, και δεν είναι αποτέλεσμα εμπειρικής δόμησης, είναι πολύ σημαντική για την παραγωγή των σχεδίων. Εκτός από την ορθότητα της γεωμετρικής τεκμηρίωσης, η γνώση αυτή θα οδηγήσει στην επιλογή των απαραίτητων βασικών δεδομένων, τα οποία στη συνέχεια θα χρησιμοποιηθούν για το σχέδιο αναπαράστασης αρχικής μορφής και σε πολλές περιπτώσεις θα δώσει απαραίτητες πληροφορίες για τη σύνταξη της μελέτης αναστήλωσής του. Εξίσου σημαντική γνώση για την απόδοση της σχεδιαστικής απεικόνισης αποτελεί ο τρόπος κατασκευής του μνημείου, ώστε να είναι δυνατή η ορθή ερμηνεία και η απόδοση των επιμέρους στοιχείων ως σύνολα και ταυτόχρονα να μπορούν να εντοπιστούν αποκλίσεις λόγω παθολογίας, καθώς το υλικό κατασκευής (τουλάχιστον όπως ορίζονται τα μνημεία στον ευρωπαϊκό χώρο) είναι το βασικό μέσο που διατηρεί την έννοια του μνημείου.

Με βάση τα παραπάνω προκύπτει η ανάγκη αναζήτησης μιας μεθοδολογίας που να περιλαμβάνει τα πλεονεκτήματα των δύο μεθόδων, της τοπομετρικής και της φωτογραμμετρικής. Μία επίλυση στη μεθοδολογία θα μπορούσε να είναι η χρήση των ορθοφωτογραφιών, ως το πραγματικό κροκί που χρησιμοποιεί ο σχεδιαστής για την κατανόηση του μνημείου. Η ορθοφωτογραφία-κροκί παρέχει το κατάλληλο υπόβαθρο πάνω στο οποίο μπορούν να σημειωθούν όλες οι εμπειρικές παρατηρήσεις, και μάλιστα με εξαιρετική ακρίβεια, καθώς η υφιστάμενη κατάσταση του μνημείου έχει ήδη αποδοθεί στο χαρτί. Εκτός αυτού, με τον τρόπο αυτό μπορεί να ανακτηθεί η ποιότητα του σχεδίου που προκύπτει από «το χέρι» του σχεδιαστή, η οποία υπολείπεται στον ηλεκτρονικό σχεδιασμό. Η λύση αυτή προσφέρει επιπλέον το πλεονέκτημα της ψηφιοποίησης ενός σχεδίου που έχει δημιουργηθεί στην κλίμακα εκτύπωσης, ενώ η επιπλέον πληροφορία προσφέρεται την ορθοφωτογραφία που μπορεί να συνδυαστεί στην τελικό σχεδιαστικό προϊόν. Με τον τρόπο αυτό αναδεικνύεται και το πλεονέκτημα των ορθοφωτογραφιών, που ενώ αρχικά αποτελούν το υπόβαθρο για την

εξαγωγή μετρικών δεδομένων, στη συνέχεια γίνονται το εργαλείο για την εξαγωγή της ποιοτικής πληροφορίας.

Με βάση όλα τα παραπάνω δεδομένα και προβληματισμούς, προκύπτει η ανάγκη για τον προσδιορισμό μίας γενικότερης μεθοδολογίας, που αφορά στην γεωμετρική τεκμηρίωση των μνημείων, λαμβάνοντας υπόψη τα νέα ψηφιακά εργαλεία και τα παράγωγα της φωτογραμμετρίας που προσφέρονται στη σύγχρονη εποχή. Σκοπός της μεθοδολογίας αυτής, θα πρέπει να είναι η ολοκληρωμένη γεωμετρική τεκμηρίωση με την ταυτόχρονη εξοικονόμηση πόρων. Δηλαδή συστηματοποίηση της μεθόδου, τόσο σε γενικές αρχές, όσο και σε ειδικότερα ζητήματα ανάλογα με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των μνημείων διαφορετικής αρχιτεκτονικής και εποχής. Η διαδικασία της τεκμηρίωσης δεν ακολουθεί γραμμική πορεία, αλλά υπάρχει συνεχής αλληλεπίδραση και επαναξιολόγηση των δεδομένων και των συμπερασμάτων. Διαπιστώνεται λοιπόν, η αναγκαιότητα κάθε σταδίου της ανάλυσης ενός μνημείου, όπως έχει προσδιοριστεί: ιστορική-αρχαιολογική, τυπολογική-μορφολογική, κατασκευαστική, παθολογία, με αποτέλεσμα τόσο την επιμέρους τεκμηρίωσή του σε καθένα τομέα από αυτούς, αλλά και για την ορθή γεωμετρική τεκμηρίωση. Άλλωστε αυτή είναι και η έννοια της διεπιστημονικής προσέγγισης που ορίζουν οι σχετικές συμβάσεις για την προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς.

Οι σύγχρονες μέθοδοι που εφαρμόζονται στα μνημεία περιλαμβάνουν και προσφέρουν την δυνατότητα δημιουργίας ενός τεκμηριωμένου ψηφιακού πολιτιστικού αποθέματος. Το σημαντικό πλεονέκτημα του ψηφιακού έναντι του αναλογικού, είναι ότι η κωδικοποιημένη ψηφιακή πληροφορία παραμένει ποιοτικά σταθερή στο πέρασμα του χρόνου και η διάδοση και παρουσίασή της επιτυγχάνεται με ευκολία. Τα χαρακτηριστικά αυτά, απαντούν σε θεμελιώδη ζητήματα που αφορούν στην πολιτιστική κληρονομιά, με αποτέλεσμα την αναγκαιότητα της ψηφιοποίησής της.



Βιβλιογραφία

Βιβλιογραφία

- Camp, J. (2004). *Η αρχαία αγορά της Αθήνας: οι ανασκαφές στην καρδιά της κλασικής πόλης*. Αθήνα: Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης.
- Chatzifoti, O. and Georgopoulos, A. (2015). On the popularization of digital close-range photogrammetry: a handbook for new users.. [ebook] Athens: Laboratory of Photogrammetry, School of Surveying-Engineering, National University of Athens. Διαθέσιμο στο: <http://dspace.lib.ntua.gr/handle/123456789/43652> [τελευταία πρόσβαση 28 Apr. 2018].
- Dinsmoor, W. (1941). Observations on the Hephaisteion. *Hesperia*, suppl. V [online] Διαθέσιμο στο: http://www.ascsa.edu.gr/pdf/uploads/oa_ebooks/oa_hesperia_supplements/HS5.pdf [τελευταία πρόσβαση 23 Φεβ. 2018].
- Γεωργόπουλος, Α. (2017) Διδακτικές Σημειώσεις μαθήματος *Τρισδιάστατη Ψηφιοποίηση Πολιτιστικής Κληρονομιάς*, Π.Μ.Σ. Εφαρμοσμένες Αρχαιολογικές Επιστήμες, Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Hellmann, M. (2003). *Η Αρχαία Ελληνική Αρχιτεκτονική*, Αθήνα: Δαίδαλος – Ι. Ζαχαρόπουλος
- ICOMOS, Βιντζηλαίου, Ε., Κονιώτη, Μ., Μιλτιάδου, Α., Χαρκιολάκης, Ν. and Χωραφά, Ε. (2004). Συστάσεις για την ανάλυση, συντήρηση και δομητική αποκατάσταση της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς. Σχέδιο μετάφρασης – Απόδοσης στα Ελληνικά: Recommendations for the analysis, conservation and structural restoration of architectural heritage (2003) Αθήνα: International Scientific Committee for analysis and restoration of structures of architectural heritage Kraus, K. (2003). *Φωτογραμμετρία, τ.1, Βασικές έννοιες και μέθοδοι*. Β' εκδ. Αθήνα: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας.
- Κόκκου, Α. (1977). *Η μέριμνα για τις αρχαιότητες στην Ελλάδα και τα πρώτα μουσεία*, Αθήνα: Ερμής.
- Κορρές, Μ. (2000). Κλασική αθηναϊκή αρχιτεκτονική. Στο: Χ. Μπούρας, Μ. Σακελλαρίου, Κ. Στάκος, Ε. Τουλούπα (εκδ. επιτροπή.), *Αθήναι: από την κλασική εποχή έως σήμερα 5ος αι. π.Χ.- 2000 μ.Χ.* Αθήνα: Κοτινός, σ.2-45.
- Κουρτζέλλης, Ι. (2012). *Παρελθόν και εικόνα. Αναπαράσταση αρχαιολογικών χώρων και μνημείων με ψηφιακά μέσα. Θεωρητικά ζητήματα και μελέτες παραδειγμάτων*. Διδακτορική διατριβή. Μυτιλήνη: Τμήμα Πολιτιστικής Τεχνολογίας και Επικοινωνίας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Λαμπρινουδάκης, Β. (1986). *Οικοδομικά προγράμματα στην Αθήνα από το 479 έως το 431 π.Χ.: πανεπιστημιακές παραδόσεις*. Αθήνα: Καρδαμίτσα.
- Λαμπρόπουλος, Β. and Βομβογιάννη, Χ. (1999). Ο ναός του Ηφαίστου στην Αρχαία Αγορά των Αθηνών: μορφές φθορών και προτάσεις προστασίας. *Αρχαιολογία & Τέχνες*, (73), σ.83-90.
- Mauzy, C. (2006). *Οι ανασκαφές στην αγορά της Αθήνας 1931-2006*. Αθήνα: Αμερικάνικη Σχολή Κλασικών Σπουδών στην Αθήνα.
- Muller-Wiener, W. (1995). *Η αρχιτεκτονική στην Αρχαία Ελλάδα*, Θεσσαλονίκη: University Studio Press.
- Μαστραπάς, Α. (1994). *Ελληνική αρχιτεκτονική, από τους πρώτους ιστορικούς χρόνους μέχρι τη ρωμαϊοκρατία*. Αθήνα: Ινστιτούτο του Βιβλίου - Μ. Καρδαμίτσα.

- Ορλάνδος, Α. (1955-60). *Τα υλικά δομής των αρχαίων Ελλήνων κατά τους συγγραφείς, τας επιγραφάς και τα μνημεία*. Αθήνα: Αρχαιολογική Εταιρεία
- Πετρονότης, Α. (1991). *Αρχιτεκτονική της απώτερης και κλασικής αρχαιότητας*. Θεσσαλονίκη: Γαρταγάνης.
- Πολυχρονοπούλου, Ο. (2003). Ιστοριογραφώντας την κλασική αρχαιότητα. *Αρχαιολογία και τέχνες*, (87), σ.6-7.
- Thompson, H. (1949). The pedimental sculpture of the Hephaisteion, *Hesperia*, 18, [online] Διαθέσιμο στο: <http://www.ascsa.edu.gr/pdf/uploads/hesperia/146756.pdf> [τελευταία πρόσβαση 23 Φεβ. 2018].
- Travlos, J. (1971). *Pictorial dictionary of ancient Athens*. London: Thames and Hudson.
- Τοκμακίδης, Κ. (2004). Διδακτικές Σημειώσεις μαθήματος *Αποτυπώσεις Μνημείων*, Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Τραυλός, Ι. (2005). *Πολεοδομική εξέλιξις των Αθηνών, από των προϊστορικών χρόνων μέχρι των αρχών του 19ου αιώνας*. Γ' εκδ. Αθήνα: Καπόν
- Φιλαδέλφews, Α. (1994). *Μνημεία Αθηνών*. Αθήνα: Ιστορία και Τέχνη.
- Χαρκιολάκης, Ν. (2011). *Η σωστή αποτύπωση ως αναγκαίος όρος της σωστής αναστήλωσης των μνημείων*. [ebook] Αθήνα: Διδακτικές σημειώσεις Μεταπτυχιακού Μαθήματος, καθηγητής Α. Γεωργόπουλος, Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας, Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων. Διαθέσιμο στο: http://ecourses.dbnet.ntua.gr/el/apotypvseis_mnhmeivn/ekpaideytiko_yliko.html [Accessed 25 Apr. 2018].

Τεχνικές εκθέσεις

- Τεχνική έκθεση (2012-2013), Αποτύπωση όψης νότιας κιονοστοιχίας του ναού του Ηφαίστου, Μάθημα 9ου εξαμήνου Αποτυπώσεις Μνημείων, Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας, Τομέας Τοπογραφίας, Σχολή Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- Τεχνική έκθεση (2013-2014), Γεωμετρική τεκμηρίωση βορειοανατολικού τμήματος του ναού του Ηφαίστου, Μάθημα 9ου εξαμήνου Αποτυπώσεις Μνημείων, Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας, Τομέας Τοπογραφίας, Σχολή Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- Τεχνική έκθεση (2015-2016), Γεωμετρική τεκμηρίωση του ναού του Ηφαίστου, Μάθημα 9ου εξαμήνου Αποτυπώσεις Μνημείων, Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας, Τομέας Τοπογραφίας, Σχολή Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Διαδίκτυο

- Agora.ascsa.net. (χ.χ.). αναφορές: "*Agora: Monument: Temple of Hephaistos*" - ASCSA.net Search. [online] Διαθέσιμο στο: <http://agora.ascsa.net/research?v=list&q=references%3A%22Agora%3AMonument%3ATemple%20of%20Hephaistos%22&sort=Sort%20asc&t=image> [τελευταία πρόσβαση 3 Ιαν. 2018].

- Eie.gr. (χ.χ.). *ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΑΘΗΝΩΝ*. [online] Διαθέσιμο στο: http://www.eie.gr/archaeologia/Gr/02_DELTIA/Hephaisteion.aspx [τελευταία πρόσβαση 31 Δεκ. 2017].
- El.travelogues.gr. (χ.χ.). *TRAVELOGUES - ΜΕ ΤΟ ΒΛΕΜΜΑ ΤΩΝ ΠΕΡΙΗΓΗΤΩΝ - Τόποι - Μνημεία - Άνθρωποι - Νοτιοανατολική Ευρώπη - Ανατολική Μεσόγειος - Ελλάδα - Μικρά Ασία - Νότιος Ιταλία, 15ος - 20ός αιώνας*. [online] Διαθέσιμο στο: <http://el.travelogues.gr> [τελευταία πρόσβαση 3 Ιαν. 2018].
- German Archaeological Institute, (χ.χ.). [online] Διαθέσιμο στο: https://scontent.fath3-2.fna.fbcdn.net/v/t1.0-9/11013325_835322356513285_8244160559716472672_n.jpg?oh=0c2df53c7b73b36d631e8da78ce2e8f7&oe=5ABCB5EA, Herbert Koch / [τελευταία πρόσβαση 2 Ιαν. 2018].
- Η παλιά Αθήνα, (χ.χ.). [online] Διαθέσιμο στο: [https://www.facebook.com/Η παλιά Αθήνα](https://www.facebook.com/Η-παλιά-Αθήνα) [2 Ιαν. 2018].
- Odysseus.culture.gr. (χ.χ.). *Ο ναός του Ηφαίστου*. [online] Διαθέσιμο στο: http://odysseus.culture.gr/h/2/gh251.jsp?obj_id=6621 [τελευταία πρόσβαση 31 Δεκ. 2017].
- Project.athens-agera.gr. (χ.χ.). *FOUNDATION OF THE HELLENIC WORLD – Η αρχαία αγορά της Αθήνας*. [online] Διαθέσιμο στο: http://project.athens-agera.gr/index.php?view=ktirio&pid=19&lang_id=gr [τελευταία πρόσβαση 3 Ιαν. 2018].