



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ – ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΡΕΙΠΙΩΝ
ΤΗΣ ΜΟΝΗΣ ΠΑΝΤΟΚΡΑΤΟΡΟΣ ΜΕΤΕΩΡΩΝ



ΔΗΜΗΤΡΗΣ Γ. ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ
Επιβλέπων: Χ. Ιωαννίδης, επίκουρος καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, Νοέμβριος 2006

Αφιερώνεται στην Άννα Δερμάνη.

Θερμές ευχαριστίες στους:

- Γονείς μου Γεώργιο και Δήμητρα Αθανασίου.
- Άννα Δερμάνη, για την συνολική συμβολή στην εδώ εργασία και την υπομονή της.
- Άρη Μητρονάσιο: υπεύθυνο του αναρριχητικού πεδίου των μετεώρων, για την ανιδιοτελή βοήθειά του στο μέρος της αναρρίχησης, τις χρήσιμες πληροφορίες που έδωσε για τα Μετέωρα και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε.
- Χαράλαμπο Ιωαννίδη: καθηγητή του εργαστηρίου φωτογραμμετρίας του Ε.Μ.Π., για την αποδοχή του θέματος της παρούσης διπλωματικής (παρά τις διάφορες επιφυλάξεις), την συνολική βοήθειά του στις εργασίες υπαίθρου- γραφείου και την ενθαρρυντική στάση του.
- Κώστα Παγάνη: μέλος του Ε.Ε.Δι.Π. του Ε.Μ.Π., για την βοήθειά του στις εργασίες υπαίθρου και την πάντα καλή του διάθεση.
- Σοφία Σοϊλέ: μέλος του εργαστηρίου φωτογραμμετρίας του Ε.Μ.Π., για την βοήθειά της στις εργασίες γραφείου.
- Ιωάννη Κ. Σκόνδρα: για την βοήθειά του στις εργασίες γραφείου κυρίως στα προγράμματα οπισθοτομίας και εμπροσθοτομίας.
- Σοφοκλή Χριστόπουλο, Δημήτρη Μπόκολα, Λίνα Μόρφη: για την βοήθειά τους στις εργασίες γραφείου.
- Δημήτρη Παγάνη: για την βοήθειά του στις εργασίες υπαίθρου.
- Βασίλη Αθανασίου: για την φωτογράφιση της αναρρίχησης.
- Γεώργιο Ανδρούτσο: για την προμήθεια του λογογράφου και ιστορικών κειμένων.
- Έφη Καραμπάτου: για την διόρθωση του κειμένου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευρετήριο πινάκων.	2
Ευρετήριο σχημάτων.	3
Ευρετήριο εικόνων.	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο	
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
ΤΑ ΜΕΤΕΩΡΑ ΚΑΙ Η ΜΟΝΗ ΠΑΝΤΟΚΡΑΤΟΡΟΣ	6
2.1 Γεωλογική προσέγγιση:	6
2.2 Σύντομο ιστορικό:	6
2.3 Ιστορικό αναβάσεων στα Μετέωρα:	9
2.4 Η αναρρίχηση:	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	
ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΜΝΗΜΕΙΩΝ	13
3.1 Ορισμοί:	13
3.2 Εφαρμογή στην Μονή Παντοκράτορος:	15
3.3 Δυσκολίες και προβλήματα:	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	
ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΥΠΑΙΘΡΟΥ	17
4.1 Πρόλογος:	17
4.2 Προγραμματισμός εργασιών:	17
4.3 Συλλογή στοιχείων υπαίθρου. Πρώτη επίσκεψη:	22
4.4 Συλλογή στοιχείων υπαίθρου. Δεύτερη επίσκεψη:	25
4.5 Συλλογή στοιχείων υπαίθρου. Τρίτη επίσκεψη:	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΪΟΝΤΑ	27
5.1 Φωτογραμμετρική αναγωγή:	27
5.2 Η απόδοση της δυτικής όψης:	29
5.3 Η νότια όψη του τοίχου:	30
5.4 Οι στερεοαπόδοση της ευρύτερης περιοχής του μνημείου:	32
5.5 Σάρωση με laser:	32
5.6 Εξάρτηση των μετρήσεων από το κρατικό σύστημα:	32
5.7 Ποιοτική αξιολόγηση της φωτογραφικής μηχανής Canon Mark II:	34
5.8 Η αποτύπωση των μη ορατών τμημάτων του μνημείου:	34
5.9 Η αποτύπωση των μη ορατών τμημάτων του πύργου.	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	
ΑΚΡΙΒΕΙΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	36
6.1 Ακρίβεια:	36
6,2 Προτάσεις:	36
6,3 Συμπεράσματα-σκέψεις:	37
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	
Π-1. Τα σφάλματα των αναγωγών:	40
Π-2. Ο υπολογισμός εξισώσεων των επιπέδων των αναγωγών.	43
Π-3. Ο υπολογισμός του επιπέδου της νότιας όψης του τοίχου.	46
Π-4. Ο υπολογισμός του στερεομοντέλου της ευρύτερης περιοχής.	47
Π-5. Ποιοτική αξιολόγηση της μηχανής Canon Mark II. Υπολογισμοί:	50
Π-6. Επίλυση οδεύσεων και ταχυμετριών.	51
Π-7. Τα σχέδια του στερεομοντέλου της ευρύτερης περιοχής.	53
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	54

ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

Ο Δημήτρης Αθανασίου σπούδασε κλασική κιθάρα στο Εθνικό Ωδείο στην τάξη του Κυριάκου Τζωρτζινάκη και του Ευάγγελου Ασημακοπούλου απ' όπου και αποφοίτησε το 1992 με δίπλωμα και αριστείο εξαιρετικής επίδοσης. Είναι πτυχιούχος ειδικού αρμονίας, αντίστιξης και φούγκας, ενώ παράλληλα έχει παρακολουθήσει σεμινάρια κλασικής και σύγχρονης μουσικής στην Ελλάδα και στο εξωτερικό με διακεκριμένους καλλιτέχνες.

Έχει παίξει σε πολλά ατομικά ρεσιτάλ και συναυλίες μουσικής δωματίου και έχει ηχογραφήσει για το Γ' πρόγραμμα της ΕΡΑ. Υπήρξε ιδρυτικό μέλος του κουιντέτου Ad Libitum και έχει συμμετάσχει σε σύνολα Jazz και Rock μουσικής. Οι δραστηριότητες του επεκτείνονται στην μεταγραφή έργων για κλασική κιθάρα και σύνολα μουσικής δωματίου, καθώς και στη σύνθεση έργων για μικρά σύνολα. Έργα του έχει παρουσιάσει ο ίδιος και έχουν παιχτεί στο ραδιόφωνο και την τηλεόραση. Έχει παίξει και δισκογραφήσει με καλλιτέχνες όπως οι: Μάριος Φραγκούλης, Δήμητρα Γαλάνη, Γιώργος Μαργαρίτης, Χρήστος Δάντης και άλλοι. Διδάσκει στο Ωδείο Πεντέλης και στο Ωδείο Αγίου Στεφάνου.



Ευρετήριο πινάκων.

<u>Πίνακας 1:</u> Ο υπολογισμός των σφαλμάτων της βόρειας όψης του τοίχου.	40
<u>Πίνακας 2:</u> Ο υπολογισμός των σφαλμάτων της βόρειας όψης του πύργου.	41
<u>Πίνακας 3:</u> Ο υπολογισμός των σφαλμάτων της ανατολικής όψης του πύργου.	41
<u>Πίνακας 4:</u> Σύγκριση των σφαλμάτων των αναγωγών.	41
<u>Πίνακας 5:</u> Τα σφάλματα της δυτικής όψης του πύργου όπως δίνονται από το ARC HIS	42
<u>Πίνακας 6:</u> Υπολογισμός του επιπέδου της βόρειας όψης του τοίχου.	44
<u>Πίνακας 7:</u> Υπολογισμός του επιπέδου της δυτικής όψης του πύργου.	44
<u>Πίνακας 8:</u> Υπολογισμός του επιπέδου της ανατολικής όψης του πύργου.	45
<u>Πίνακας 9:</u> Υπολογισμός του επιπέδου της βόρειας όψης του πύργου.	45
<u>Πίνακας 10:</u> Οι γεωδαιτικές συντεταγμένες και οι εικονοσυντεταγμένες των σημείων του στερεομοντέλου της ευρύτερης περιοχής.	48
<u>Πίνακας 11:</u> Τα στοιχεία του εξωτερικού προσανατολισμού και τα σχετικά σφάλματα του στερεομοντέλου της ευρύτερης περιοχής.	48
<u>Πίνακας 12:</u> Ο πίνακας μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας της αριστερής φωτογραφίας του στερεομοντέλου της ευρύτερης περιοχής.	48
<u>Πίνακας 13:</u> Ο πίνακας μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας της αριστερής φωτογραφίας του στερεομοντέλου της ευρύτερης περιοχής.	49
<u>Πίνακας 14:</u> Τα απομένοντα σφάλματα ΔX,ΔY στην αριστερή και δεξιά φωτογραφία όπως υπολογίσθηκαν μετά την συνόρθωση.	49
<u>Πίνακας 15:</u> Τα αποτελέσματα της εμπροσθοτομίας στο στερεομοντέλο της ευρύτερης περιοχής.	49
<u>Πίνακας 16:</u> Ποιοτική αξιολόγηση της μηχανής Canon Mark II.	50
<u>Πίνακας 17:</u> Επίλυση όδευσης.	51
<u>Πίνακες 18-19-20-21:</u> Επίλυση ταχυμετριών.	51

Ευρετήριο σχημάτων.

<u>Σχήμα 1:</u> Τα ειδικά φωτοσταθερά. Κατασκευή και τοποθέτηση.	18
<u>Σχήμα 2:</u> Ο τρόπος φωτογράφισης και μέτρησης στον πύργο.	18
<u>Σχήμα 3:</u> Ο τρόπος φωτογράφισης και μέτρησης στον τοίχο	19
<u>Σχήμα 4:</u> Η τοποθέτηση των ειδικών φωτοσταθερών	19
<u>Σχήμα 5:</u> Τα μη ορατά τμήματα του μνημείου.	35
<u>Σχήμα 6:</u> Σκαρίφημα της τομής του μνημείου.	35

Ευρετήριο εικόνων.

<u>Εικόνα εξώφυλλου:</u> Οι Άρης Μητρονάσιος, Άννα Δερμάνη και Δημήτρης Αθανασίου στο καλυμμαύχι (φωτο: Δημήτρης Κάραλης).	εξώφυλλο
<u>Εικόνα 1:</u> Μετέωρα. Μερική άποψη. (Αρχείο του γράφοντος)	5
<u>Εικόνα 2:</u> Τα Μετέωρα και η ευρύτερη περιοχή. Από δελτάρια των αρχών του αιώνα. (Αρχείο Α. Μήλλα)	6
<u>Εικόνα 3:</u> Χαλκογραφία από τον μοναχό Παρθένιο (1782).	7
<u>Εικόνα 4:</u> Ο βράχος Ντούπιανη και τα ερείπια της Μονής Παντοκράτορος (Αρχείο του γράφοντος)	8
<u>Εικόνα 5:</u> Το μονοπάτι των μοναχών στη μεγάλη Αγιά. (Αρχείο του γράφοντος)	9
<u>Εικόνα 6:</u> Άγιος Γεώργιος ο Μανδηλάς. (Αρχείο του γράφοντος)	10
<u>Εικόνα 7:</u> Οι ντόπιοι ανεβαίνουν στον Μανδηλά ανήμερα του Αγίου Γεωργίου (πηγή: Meteora: Stutte και Hasse-1986)	10
<u>Εικόνες 8-9:</u> Αναρρίχηση στα Μετέωρα. (Αρχείο του γράφοντος)	11
<u>Εικόνες 10-11-12:</u> Αναρρίχηση στα Μετέωρα. (Αρχείο του γράφοντος)	12
<u>Εικόνα 13:</u> Τα ερείπια της Αγίας Μονής. (Αρχείο του γράφοντος)	14
<u>Εικόνα 14:</u> Τα ερείπια της Μονής Παντοκράτορος. (Αρχείο του γράφοντος)	15
<u>Εικόνα 15:</u> Τα ερείπια της Μονής Προδρόμου. (Αρχείο του γράφοντος)	15
<u>Εικόνα 16:</u> Απόσπασμα του χάρτη σε κλίμακα 1/5000 της περιοχής. (Πηγή: Γεωγραφική υπηρεσία στρατού)	16

<u>Εικόνα 17:</u> Αεροφωτογραφία της περιοχής των Μετεώρων. (Πηγή: γραφείο Κτηματολογίου)	16
<u>Εικόνα 18:</u> Το πρώτο τμήμα της διαδρομής ανάβασης στο μνημείο. (Πηγή: Meteora: Stutte και Hasse-1986)	20
<u>Εικόνες 19-20:</u> Η συνέχεια της διαδρομής στο μνημείο. (Πηγή: Meteora: Stutte και Hasse-1986)	21
<u>Εικόνα 11:</u> Η ανάβαση στο μνημείο. (Αρχείο Β. Αθανασίου)	22
<u>Εικόνα 22:</u> Η πίσω όψη του τοίχου. (Φωτογραφία από την εδώ εργασία)	23
<u>Εικόνες 23-24:</u> Το στερεοζεύγος της πίσω όψης του πύργου. (Φωτογραφία από την εδώ εργασία)	23
<u>Εικόνα 25:</u> Ο Άρης Μητρονάσιος και η Άννα Δερμάνη στον τόπο του μνημείου (Φωτογραφία από την εδώ εργασία)	24
<u>Εικόνα 26:</u> Η κατάβαση από το μνημείο. (Αρχείο Β. Αθανασίου)	24
<u>Εικόνα 27:</u> Τοπογραφικές μετρήσεις κατά την δεύτερη επίσκεψη. (Φωτογραφία Κ Παγάνης)	25
<u>Εικόνες 28-29:</u> Το στερεομοντέλο της δυτικής όψης του πύργου. (Φωτογραφία από την εδώ εργασία)	26
<u>Εικόνες 30-31:</u> Η αναγωγή της βόρειας όψης του πύργου. (Φωτογραφία από την εδώ εργασία)	28
<u>Εικόνα 32:</u> Η διαδικασία του υπολογισμού της δυτικής όψης του πύργου. (Φωτογραφία από την εδώ εργασία)	30
<u>Εικόνα 33:</u> Η νότια όψη του τοίχου. (Φωτογραφία από την εδώ εργασία)	31
<u>Εικόνα 34-35:</u> Το στερεομοντέλο της ευρύτερης περιοχής του μνημείου. (Φωτογραφίες από την εδώ εργασία)	33
<u>Εικόνες 36:</u> Μερική άποψη από το βορειοδυτικό κύριο συγκρότημα των Μετεώρων.(Αρχείο του γράφοντος)	38
<u>Εικόνα 37:</u> Η σάρωση με τον σαρωτή laser	39
<u>Εικόνα 38:</u> Οι Κώστας και Δημήτρης Παγάνης στην δεύτερη επίσκεψη στο μνημείο. (Αρχείο Κώστα Παγάνη)	39
<u>Εικόνα 39:</u> Τα φωτοσταθερά στο στερεομοντέλο της ευρύτερης περιοχής. (Φωτογραφία από την εδώ εργασία)	38

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Διασχίζοντας τον θεσσαλικό κάμπο, είναι αδύνατο να φανταστεί ο ανυποψίαστος ταξιδιώτης τι τον περιμένει στο τέλος της διαδρομής του άξονα Παλαιοφάρσαλου -Καλαμπάκας. Ένα δάσος από πέτρινους γίγαντες, μοναδικό μνημείο της φύσης, όπου σε συνδυασμό με τις μονές που υπάρχουν σε κάποιους από αυτούς, αποτελεί ένα από τα σπουδαιότερα μνημεία της πολιτιστικής μας κληρονομιάς.

Εξαιτίας της ιστορικής και πολιτισμικής σημαντικότητας του μνημείου αυτού, είναι επιτακτική ανάγκη η μελέτη του από τη σκοπιά κυρίως του ιστορικού, του γεωλόγου και του μηχανικού, ειδικά στις μέρες μας όπου υπάρχουν τα εφόδια για την επίλυση προβλημάτων που προκύπτουν από το δυσπρόσιτο της περιοχής.

Αντικείμενο της παρούσης διπλωματικής εργασίας είναι η γεωμετρική τεκμηρίωση των ερειπίων της Μονής Παντοκράτορος, που βρίσκεται στο βράχο Ντούπιανη των Μετεώρων και κυρίως η επίλυση διαφόρων προβλημάτων που προκύπτουν από την ιδιαιτερότητα της περιοχής και την δυσκολία πρόσβασης στον χώρο του μνημείου.

Επίσης υπάρχει μία σύντομη ιστορική αναφορά για τις μονές και ειδικότερα αυτή του Παντοκράτορος, καθώς και μία αναφορά για την αναρρίχηση στα Μετέωρα.

Για τις ανάγκες της εργασίας αυτής επιστρατεύτηκαν κυρίως η φωτογραμμετρία, η αναρρίχηση και η μελέτη ιστορικών κειμένων σχετικά με το θέμα.

Η φωτογραμμετρία με την εξέλιξη της τεχνολογίας, έχει μεταβεί από αναλογικές σε ψηφιακές διαδικασίες επεξεργασίας και παραγωγής δεδομένων με αποτέλεσμα την απλοποίηση των διαδικασιών, την μείωση του κόστους παραγωγής και τον περιορισμό του ανθρώπινου παράγοντα. Η αναρρίχηση τα τελευταία χρόνια γνωρίζει μεγάλη άνθηση, το δε αναρριχητικό πεδίο των Μετεώρων είναι σήμερα άριστα οργανωμένο. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τα σύγχρονα υλικά που χρησιμοποιούνται στην αναρρίχηση, κάνει πιο εύκολη την πρόσβαση σε σημεία όπως η Μονή Παντοκράτορος. Η εξέλιξη της τεχνολογίας υπήρξε θετική και για τις βιβλιοθήκες. Οι σύγχρονες μέθοδοι μηχανοργάνωσης που εφαρμόζονται, επιτρέπουν την εύρεση και την ανάσυρση παλαιών κωδικών και άλλων γραπτών μνημείων σχετικά με το θέμα.

Τέλος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εργασίας, τα συμπεράσματα που προέκυψαν και παρατίθενται οι προτάσεις που αφορούν την βελτιστοποίηση των εργασιών στο συγκεκριμένο θέμα.



Εικόνα 1: Μετέωρα. Μερική άποψη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΤΑ ΜΕΤΕΩΡΑ ΚΑΙ Η ΜΟΝΗ ΠΑΝΤΟΚΡΑΤΟΡΟΣ

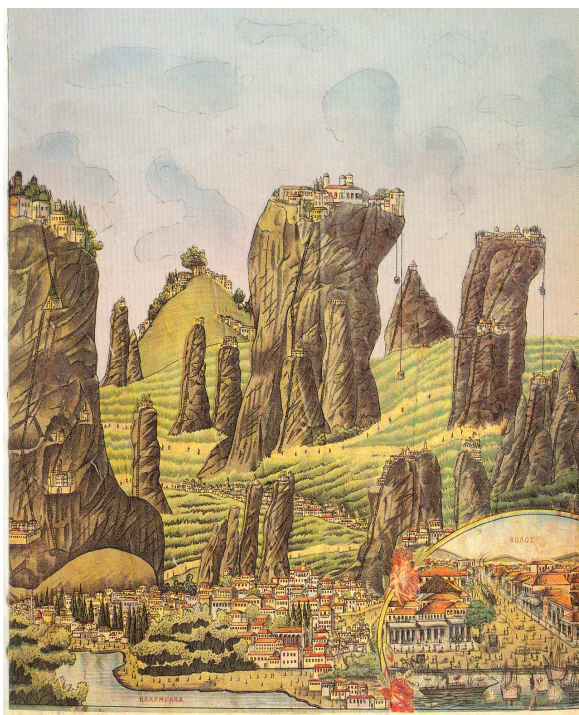
2.1 Γεωλογική προσέγγιση:

Έχουν γίνει πολλές προσπάθειες μέχρι σήμερα για να ερμηνευθεί η γεωλογική προέλευση των βράχων των Μετεώρων. Η επικρατέστερη άποψη, είναι η παρακάτω: κατά τον Καινοζωικό αιώνα (60-1 εκατομμύρια χρόνια πριν) η πεδιάδα της Θεσσαλίας καλυπτόταν από θάλασσα. Στην Μειόκαινη περίοδο (25-13 εκατομμύρια χρόνια πριν) αναδύθηκαν δύο οροσειρές λόγω τεκτονικών κινήσεων, η μία στη θέση της σημερινής Πίνδου και η άλλη στη θέση περίπου των σημερινών Αντιχασίων. Ορμητικά ορεινά ποτάμια συσώρευαν τεράστιες ποσότητες από κροκάλες και άμμο στον αβαθή κόλπο μεταξύ των δύο οροσειρών. Το κροκαλοπαγές αυτό ίζημα μαζί με μάγμα από το εσωτερικό της γης σχημάτισε το πέτρωμα των Μετεώρων. Κατά την διάρκεια της Πλειόκαινης περιόδου, οι δύο οροσειρές πλησίασαν μεταξύ τους, η περιοχή ρηγματώθηκε και τελικά αναδύθηκε από την θάλασσα. Η θάλασσα υποχώρησε σταδιακά, βρίσκοντας προφανώς έξοδο από την κοιλάδα των Τεμπών. Η υποχώρηση της θάλασσας σε συνδυασμό με τη ροή ενός μεγάλου ποταμού (αρχέγονος Αλιάκμων) που ακολούθησε, παρέσυρε το μεγαλύτερο μέρος αυτού του πετρώματος, ενώ η σύγκλιση των δύο οροσειρών έδωσε το σημερινό επικλινές ανάγλυφο στην περιοχή. Η διάβρωση τέλος από το νερό και τον άνεμο έδωσε το σημερινό σχήμα στους βράχους.

Υπάρχουν και σε άλλα σημεία βράχια ίδιας σύστασης και πιθανόν με παρεμφερείς αιτίες δημιουργίας. Χαρακτηριστικότερη είναι η περιοχή του Μονσεράτ στην Ισπανία όπου υπάρχουν μονές, στην βάση όμως του βράχου, στον δε ελλαδικό χώρο βρίσκει κανείς παρόμοια βράχια στην βόρεια Πελοπόννησο στην κοιλάδα της Στυμφαλίας και στην κοιλάδα του Βουραϊκού.

2.2 Σύντομο ιστορικό:

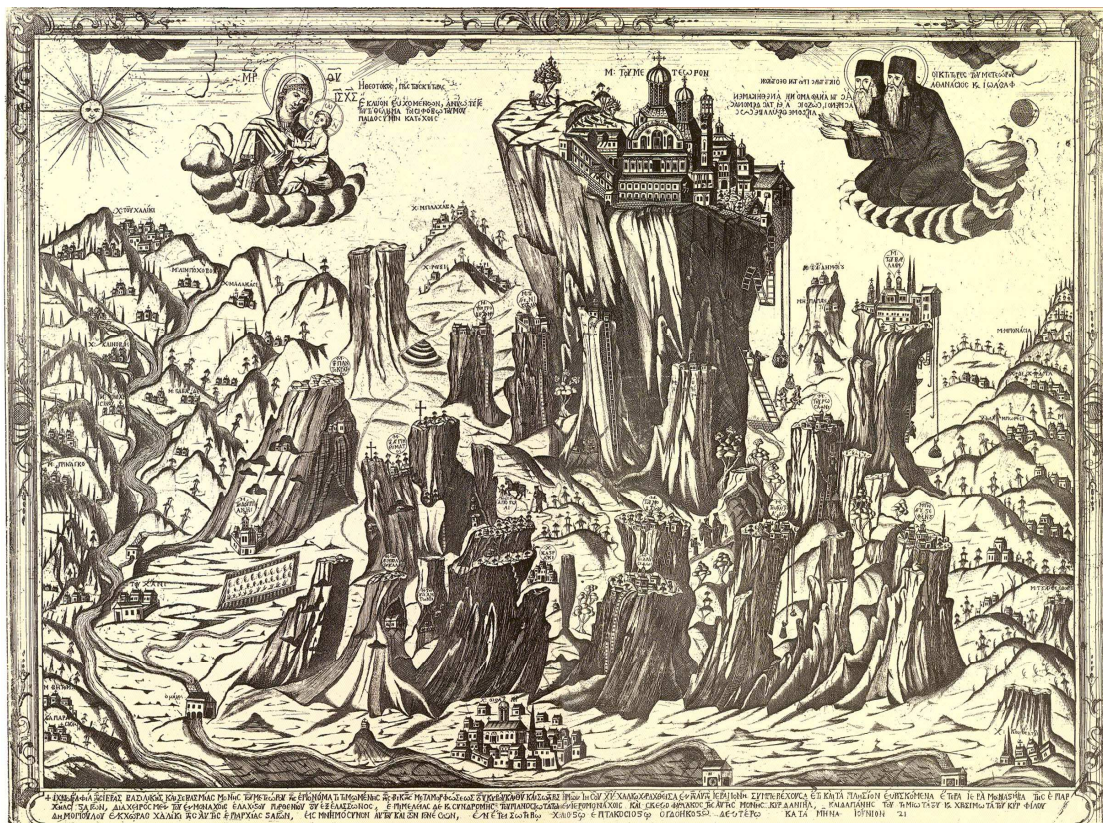
Στην περιοχή της Θεσσαλίας επισημάνθηκαν οι αρχαιότεροι οικισμοί του ελλαδικού χώρου, η δε Τρίκκη (σημερινά Τρίκαλα) είναι γνωστή από τους αρχαίους χρόνους. Ο Όμηρος αναφέρει ότι έλαβε μέρος στον Τρωικό πόλεμο, ενώ υπάρχουν σαφείς αναφορές από τον Ηρόδοτο και τον Στράβωνα. Δεν υπάρχουν αναφορές αρχαίων συγγραφέων για τα Μετέωρα, έτσι οι ερευνητές υποθέτουν ότι τα Μετέωρα δεν είχαν λάβει την σημερινή τους μορφή κατά τα αρχαία χρόνια. Οι πρώτες αναφορές για τα Μετέωρα φαίνονται στους βυζαντινούς χρόνους.



Εικόνα 2: Τα Μετέωρα και η ευρύτερη περιοχή. Από δελτάρια των αρχών του αιώνα. (αρχείο Α.Μήλλα)

Εικάζεται ότι τον 9^ο αιώνα εγκαινιάστηκε η μοναστική παρουσία στα Μετέωρα. Στις πρώτες επίσημες μαρτυρίες αναφέρεται ότι στον 10^ο αιώνα χτίστηκε η σκήτη της Δούπιανης στην ρίζα του ομώνυμου βράχου. Το μικρό αυτό εκκλησάκι ήταν μετόχι της Επισκοπής Σταγών¹ (Καλαμπάκα²) και αποτέλεσε τον τόπο συγκέντρωσης των μοναχών που ήταν διασκορπισμένοι σε κελιά και ασκηταριά στην περιοχή. Από τον 12^ο αιώνα άρχισε η συστηματική οργάνωση της σκήτης της Δούπιανης, ενώ στις αρχές του 14^{ου} αιώνα οι Σέρβοι ηγεμόνες που ήταν τότε κύριοι της Θεσσαλίας έδωσαν πολλά προνόμια στην σκήτη, έτσι ώστε να διοικείται από τον Πρώτο που μένει στην Μονή της Δούπιανης.

Στα μέσα του 14^{ου} αιώνα έφτασε στα Μετέωρα ο μοναχός Αθανάσιος εκ Αγίου όρους, ανέβηκε στον βράχο που τότε ονομαζόταν πλατύς λίθος (το σημερινό μεγάλο μετέωρο), όπου και ανοικοδόμησε ναΐσκο με λίγα κελιά, συγκέντρωσε δεκατέσσερις μοναχούς από τους γύρω βράχους και έθεσε τις πρώτες βάσεις της κοινοβιακής ζωής. Το 1393-4 η περιοχή κυριεύτηκε από τους Τούρκους οι οποίοι παραχώρησαν φορολογικές ατέλειες και προνόμια στους μοναχούς (ως συνήθως).



Εικόνα 3: Χαλκογραφία από τον μοναχό Παρθένιο (1782). Διακρίνονται πολλές μονές που δεν υπάρχουν σήμερα.

Ο 15^{ος} και 16^{ος} αιώνας αποτέλεσαν περίοδο μεγάλης άνθησης του μοναχισμού στα Μετέωρα. Νέες μονές κτίστηκαν ενώ παλιές ανακαινίστηκαν. Η παράδοση αναφέρει αορίστως ότι εκείνη την περίοδο υπήρχαν είκοσι τέσσερις μονές. Μνημονεύονται οι μονές Μεταμορφώσεως, Βαρλαάμ, Αγίας Τριάδος, Αγίου Στεφάνου, Αγίου Νικολάου του Αναπαυσά και Ρουσάνου που είναι κατοικημένες

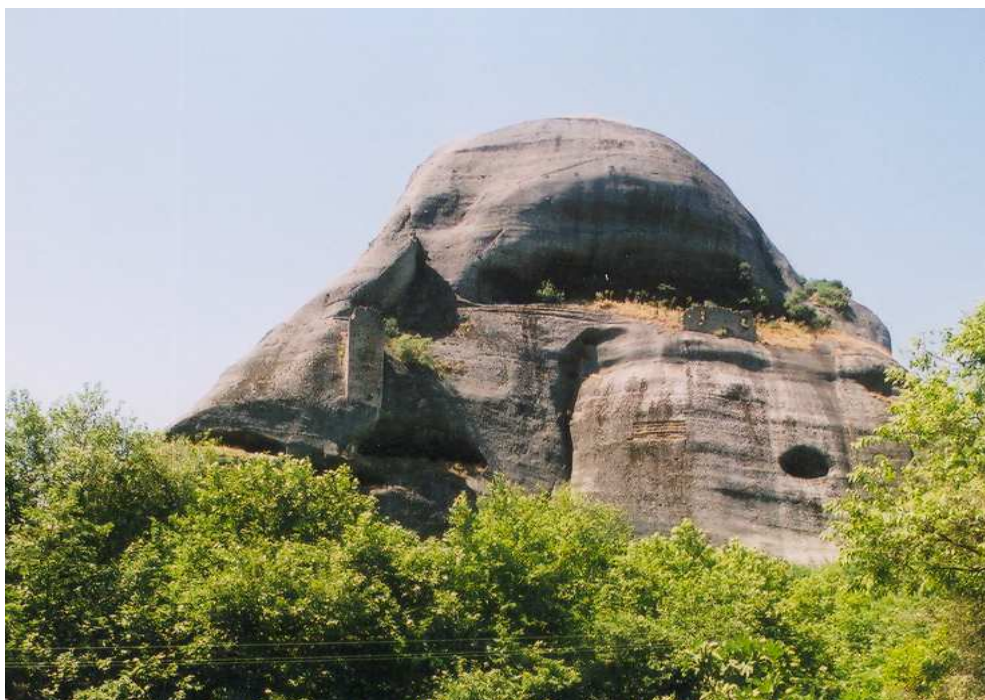
¹ Σταγοί: Παλαιά ονομασία της Καλαμπάκας προέρχεται πιθανόν εκ του «σιταγωγός» ή από παραφθορά των λέξεων «στους Αγίους».

² Καλαμπάκα: Σημερινή ονομασία με πιθανή προέλευση την τουρκική λέξη «Καλεμπάκ» που σημαίνει ωραίο φρούριο.

μέχρι σήμερα, καθώς και η Αγία Μονή, Υπαπαντή, Άγιον Πνεύμα, Άγιος Μόδεστος, Άλυσος, Ογλά, Άγιοι Ταξιάρχες, Άγιος Δημήτριος, Άγιος Νικόλαος ο Μπάντοβας, Άγιος Αντώνιος, Άγιος Αθανάσιος, Παντοκράτορας, Καλλίστρατον και Υψηλοτέρα. (Ι. Κ. Βογιατζίδης « Μικρά ανέκδοτα εκ Μετεώρων» και Ν. Α. Βέη «Συμβολή στην ιστορία των μονών των Μετεώρων»).

Από τον 17^ο αιώνα αρχίζει η παρακμή του μοναχισμού στα Μετέωρα με αποτέλεσμα να μειωθεί ο αριθμός των μονών και των μοναχών. Σήμερα τα μοναστήρια που έχουν μείνει (έξι στον αριθμό όπως προαναφέρεται) έχουν κυρίως μουσειακό χαρακτήρα, ενώ διαθέτουν όλες τις σύγχρονες για τον μοναστικό βίο ανέσεις, οι δε λιγστοί μοναχοί απομένουν για να συντηρούν την απαραίτητη για τους τουρίστες γραφικότητα. Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει εργασίες αναστήλωσης στις μονές Υπαπαντής και Αγίου Νικολάου του Μπάντοβα.

Για την Μονή Παντοκράτορος υπάρχουν ελάχιστα ιστορικά στοιχεία όπως άλλωστε και για όλες τις μονές που έχουν εγκαταλειφθεί, λόγω του ότι, αφενός μεν υπάρχουν ελάχιστα έγγραφα στις υπάρχουσες μονές, αφετέρου διότι τα γραπτά μνημεία που βρίσκονταν στις ερειπωμένες και εγκαταλελειμμένες μονές έχουν πλέον χαθεί ή καταστραφεί. (Ν. Α. Βέη «Συμβολή στην ιστορία των μονών των Μετεώρων»). Η Μονή Παντοκράτορος πιθανολογείται ότι χτίστηκε στα τέλη του 15^{ου} αιώνα. Κτήτορας της μονής αναφέρεται ο ιερομόναχος Νεόφυτος. Στον 16^ο αιώνα είναι γνωστός ο ηγούμενος Σεραπίων για το ανακαινιστικό του έργο, το δε έτος 1882 αναφέρεται ως κατεδαφισμένη και καταστραφείσα από επιδρομείς. Η Μονή αναφέρεται και στο σιγίλλιον του Οικουμενικού Πατριάρχη Ιερεμίου Β' εκδοθέν τον Ιανουάριο του 1576 (Δ. Σοφιανός « τα χειρόγραφα των Μετεώρων »), στο σύγγραμμα ιστορικών, «ως εν σύνοψη συντεθέν δηλούν περί της σκήτεως ότι τε έστι της Υπεραγίας Θεοτόκου της Δουπιάνου και Σταγών και πως σήμερον λέγεται του μετέωρου» του 16^{ου} αιώνα και υπό τον L. Heuzey ο οποίος επισκέφθηκε τα Μετέωρα τα έτη 1857 και 1861.(Ν. Α. Βέης).



Εικόνα 4: Ο βράχος Ντούπιανη και τα ερείπια της Μονής Παντοκράτορος (βορειοανατολική όψη).

2.3 Ιστορικό αναβάσεων στα Μετέωρα:¹

Η πρώτη καταγεγραμμένη ανάβαση σε κορυφή μετεωρίτικου βράχου, είναι αυτή του Αγίου Αθανασίου του Μετεωρίτη στον πλατύ λίθο. Σύμφωνα με τη μοναχή Θεοτέκη (στο βιβλίο της « Μετέωρα το πέτρινο δάσος της Ελλάδος») το 1344 ο Άγιος Αθανάσιος ανέβηκε στην κορυφή του πλατύλιθου με την βοήθεια ενός ντόπιου εξοικειωμένου με τις αναβάσεις, τον οποίο πλήρωσε για τις υπηρεσίες του. Από τα παραπάνω η Θεοτέκη συμπεραίνει ότι πριν την εγκαθίδρυση μοναχών στους βράχους, υπήρχαν κάποιοι έμπειροι αναρριχητές κυρίως βοσκοί και κυνηγοί από την πόλη των Σταγών, οι οποίοι βοήθησαν τους μοναχούς να ανέβουν. Σύμφωνα με τα ευρήματα τα οποία περιγράφονται στον αναρριχητικό οδηγό των Μετεώρων, η τεχνική ήταν να αγκυρώνουν κάποια σκάλα με ξύλινες ή μεταλλικές σφήνες μπηγμένες στον βράχο. Από την κορυφή δε της σκάλας έβαζαν νέες σφήνες και ούτω καθεξής. Αυτό ήταν δυνατό για αποστάσεις των πέντε με έξι μέτρων και όπου ο βράχος μπορούσε να δεχθεί αυτές τις σφήνες. Στα ευκολότερα τμήματα σκαρφάλωναν ελεύθερα, εκμεταλλευόμενοι το ανάγλυφο του βράχου. Ωστόσο υπάρχουν ευρήματα που τεκμηριώνουν ελεύθερες αναβάσεις που θα προβλημάτιζαν ακόμα και ένα σύγχρονο αναρριχητή, όπως διάφορες σφήνες σε ύψος μεγαλύτερο των σαράντα μέτρων, ή τον μεταλλικό σταυρό που υπήρχε στον βράχο του Αγίου πνεύματος, ο οποίος λέγεται ότι τοποθετήθηκε από τον τσάρο των Σέρβων Serpen Dushan το έτος 1348 και σήμερα φυλάσσεται στη Μονή Βαρλαάμ. Οι αναρριχήσεις αυτές ήταν μέχρι και V βαθμού δυσκολίας της κλίμακας U.I.A.A (σελίδα 12). Να σημειωθεί ότι δεν υπάρχει παγκοσμίως άλλη καταγραφή αναρρίχησης τόσο παλιά. Οι μοναχοί μετά την εγκατάσταση τους στους βράχους, επικοινωνούσαν με τον έξω κόσμο με την βοήθεια πτυσόμενης ανεμόσκαλας, ή με δίκτυο το οποίο τύλιγαν με την βοήθεια μιας ανέμης και με αυτό ανέβαζαν επισκέπτες και εφόδια. Είχαν λαξευτεί επίσης μονοπάτια στους βράχους που μπορεί κανείς να τα δει και σήμερα. Το 1921-1925 ο τότε μητροπολίτης Τρίκκης και Σταγών Πολύκαρπος διέταξε την διάνοιξη πέτρινων σκαλοπατιών προφυλαγμένων με χτιστό πέτρινο τοιχίο, στους βράχους όπου υπήρχαν μόνες. Από τότε η ανάβαση στα μοναστήρια απλουστεύτηκε, σύμφωνα με το πνεύμα ευκολίας της εποχής μας, διαταράχτηκε όμως η ιδιαιτερότητα που είλκυε τους τολμηρούς μοναχούς, δηλαδή η φυσική απομόνωση των βράχων.



Εικόνα 5: Το μονοπάτι των μοναχών στη μεγάλη Αγιά. Διακρίνεται δεξιά σταθερό συρματόσχοινο που έχει τοποθετηθεί για βοήθεια των πεζοπόρων

¹ Heinz Lothar Stutte und Dietrich Hasse: « Meteora Klettern und Wandern» (1986)

Άρη Μητρονάσιου: Απόσπασμα από κείμενο του 5^{ου} τεύχους του περιοδικού « Ανεβαίνοντας »(1999)

Στα χρόνια μετά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο είναι γνωστό ότι κάποιοι κτηνοτρόφοι κυρίως από το Καστράκι, ανέβαιναν σε βράχους όπως τη Σουρλωτή, το Μόδι, τη Μεγάλη Αγιά και τα Αμπάρια, ανεβάζοντας ταυτόχρονα αιγοπρόβατα στην κορυφή όπου υπήρχε άφθονο χορτάρι. Οι αναρριχήσεις αυτές ήταν αρκετά δύσκολες και τολμηρές. Για παράδειγμα η ανάβαση στον βράχο «Σουρλωτή» απαιτεί την αναρρίχηση κατ' αρχάς τοίχου είκοσι μέτρων τετάρτου βαθμού δυσκολίας και ακολουθούν ογδόντα περίπου μέτρα αναρρίχησης σε καμινάδα¹. Οι αναβάσεις των κτηνοτρόφων έλαβαν τέλος το 1957 όταν κατά τη διάρκεια ανάβασης στο Μόδι, σκοτώθηκε σε παγωμένη καμινάδα ο Χρήστος Ζιώγας.



Εικόνα 6: Άγιος Γεώργιος ο Μανδηλάς.

εκκλησιάζονται. Την άνοιξη του 1970 δύο Γερμανοί αναρριχητές, οι Bodo Zophel και Uwe Weinreich ανοίγουν δύο αναρριχητικές διαδρομές². Το 1975 επισκέπτεται τα Μετέωρα ο Γερμανός καθηγητής φυσικής και διάσημος αλπινιστής Dietrich Hasse, όπου τα επόμενα χρόνια σε συνεργασία με το φωτογράφο και ορειβάτη Heinz Lothar Stutte και μία πλειάδα εξαιρετικών Γερμανών ορειβατών, πραγματοποιεί αναρριχήσεις σε όλους τους βράχους των Μετεώρων, αφού πρώτα εξασφαλίζει άδεια αναρρίχησης από τις αρχές και την εκκλησία. Η άδεια ισχύει για όλους τους βράχους όπου δεν υπάρχουν κατοικημένα μοναστήρια. Σταδιακά οι διαδρομές εξοπλίζονται με ασφάλειες, έτσι ώστε να είναι δυνατή η επανάληψή τους και από άλλους αναρριχητές και εκδίδονται οι αναρριχητικοί οδηγοί από τους Stutte και Hasse το 1977, το 1986 και το 2000.

Τα Μετέωρα είναι σήμερα παγκοσμίως γνωστά για τις ανεξάντλητες αναρριχητικές τους δυνατότητες και την άψογη υποδομή τους, με αποτέλεσμα να τα επισκέπτονται ορειβάτες από όλο τον κόσμο κατά χιλιάδες ετησίως .

Είναι αξιοσημείωτο ότι ακόμα και σήμερα την ημέρα του Αγίου Γεωργίου, κάτοικοι από το Καστράκι ανεβαίνουν στο παλιό εκκλησάκι του Αγίου Γεωργίου του Μανδηλά (αναρρίχηση III βαθμού) όπου και κρέμανε μαντίλια, όπως επίσης την ημέρα του Αγίου Πνεύματος κάτοικοι του χωριού ανεβαίνουν στην Εκκλησία του Αγίου Πνεύματος όπου και



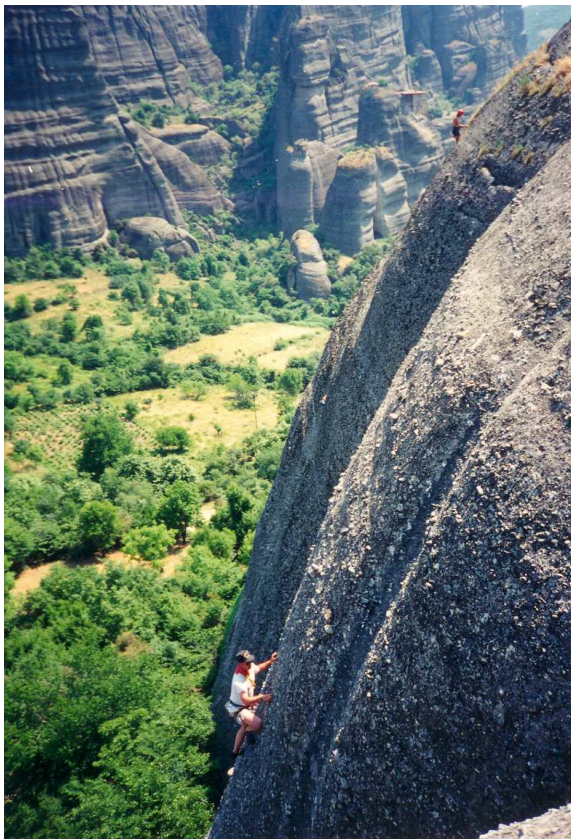
Εικόνα 7: Οι ντόπιοι ανεβαίνουν στον Μανδηλά ανήμερα του Αγίου Γεωργίου (πηγή: , Stutte και Hasse 1986)

¹ Σχισμή στον βράχο όπου χωράει το ανθρώπινο σώμα

² « Ανοιγμα διαδρομής» στην αναρριχητική ορολογία θεωρείται η επινόηση και η πρώτη ανάβαση μιας διαδρομής από κάποιον.

2.4 Η αναρρίχηση:

Μπορεί να ορισθεί ως η προώθηση πάνω σε βράχο μεγάλης κλίσης που επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση του ανάγλυφου (ελεύθερη αναρρίχηση), ή με την χρήση κάποιων τεχνικών μέσων (τεχνητή αναρρίχηση), με σκοπό την κατάκτηση μιας



κορυφής ή την απόλαυση του αναρριχώμενου. Για να περιοριστούν στο ελάχιστο οι κίνδυνοι ατυχήματος, χρησιμοποιείται το ορειβατικό σχοινί και η μέθοδος της σχοινοσυντροφιάς, δηλαδή της ομάδας δύο ή περισσότερων ατόμων που δένονται στο ίδιο σχοινί και σκαρφαλώνουν ασφαλίζοντας ο ένας τον άλλο. Συγκεκριμένα αφού δεθούν στο ίδιο σχοινί, ένας αρχίζει και σκαρφαλώνει (επικεφαλής) και για λόγους ασφαλείας περνάει το σχοινί του σε ασφάλειες, που είτε τοποθετεί με κάποιον τρόπο στον βράχο, είτε είναι τοποθετημένες από αυτόν που άνοιξε τη διαδρομή. Έτσι σε περίπτωση πτώσης δεν θα φτάσει στο έδαφος, αλλά θα κρεμαστεί από την τελευταία ασφάλεια από την οποία έχει περάσει το σχοινί.

Εικόνα 8: Αναρριχητής σκαρφαλώνει επικεφαλής στην διαδρομή «Όστρια».

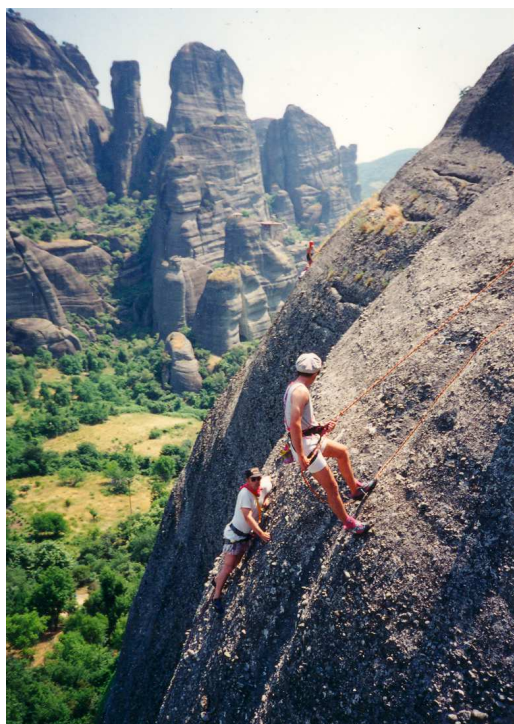
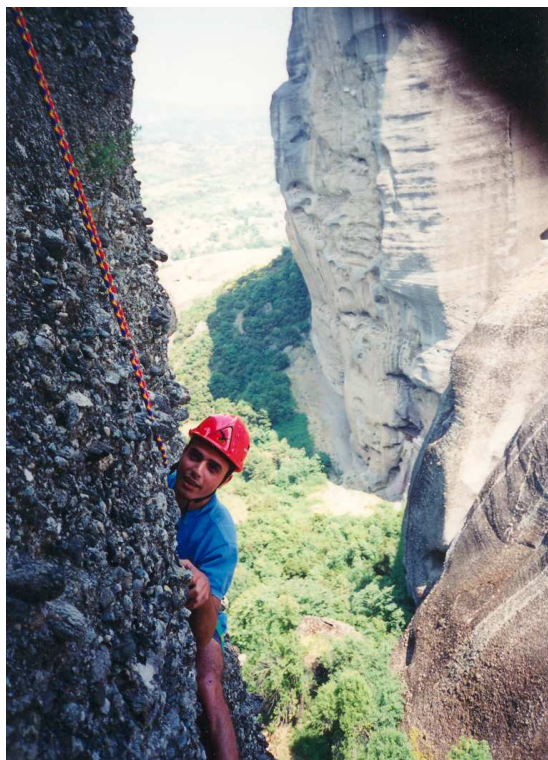


Εικόνα 9: Τρεις σχοινοσυντροφιάς βρίσκονται στο ρελέ της διαδρομής «δεξιό βόρειο λούκι» (Rechte Nordwandrinne) των Μετεώρων.

Όπου ο επικεφαλής κρίνει, επιλέγει ένα σημείο στάσης (ρελέ), όπου δένεται σταθερά στον βράχο και τότε ο δεύτερος ξεκινά να ανεβαίνει, ενώ ο επικεφαλής μαζεύει το σκοινί ασφαλιζοντάς τον.

Μόλις ο δεύτερος φτάσει στο ρελέ η διαδικασία επαναλαμβάνεται. Με αυτόν τον τρόπο η ομάδα προχωρά με σχετική ασφάλεια επάνω στον βράχο. Όταν η ανάβαση της σχοινοσυντροφιάς ολοκληρωθεί ακολουθεί κατάβαση, είτε πεζοπορώντας (αν υπάρχει δυνατότητα), είτε με την βοήθεια του σχοινού και σταθερών ασφαλειών (ραπέλ).¹

Εικόνα 10: Αναρριχητής σκαρφαλώνει δεύτερος την βορειοανατολική διαδρομή (Nordostweg) στον βράχο του Μπάντοβα.



Εικόνα 11: Στο βάθος αναρριχητής σε ρελέ διαδρομής. Σε πρώτο πλάνο, κατέβαση με ραπέλ ενώ λίγο πιο κάτω αναρριχητής σκαρφαλώνει επικεφαλής.



Εικόνα 12: αναρριχητής σε ραπέλ στον βράχο του Μπάντοβα.

¹ Η δυσκολία μιάς αναρριχητικής διαδρομής μετρείται με διάφορες εμπειρικές κλίμακες. Στα Μετέωρα χρησιμοποιείται η κλίμακα UIAA (Γερμανόφωνες χώρες). Η κλίμακα αυτή βαθμολογείται με ρωμαϊκούς αριθμούς. Για παράδειγμα βαθμολογία III-IV σημαίνει διαδρομή με απλές κινήσεις και διαφόρων μεγεθών πιασίματα, ενώ βαθμολογία V-VI σημαίνει διαδρομή με πιο σύνθετες κινήσεις σε σχεδόν κάθετο βράχο με μικρότερα πατήματα και πιασίματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΜΝΗΜΕΙΩΝ

3.1 Ορισμοί:

Τα μνημεία αποτελούν αδιαφιλονίκητα τεκμήρια της παγκόσμιας ιστορίας. Η διεξοδική μελέτη τους, αποτελεί υποχρέωση της σημερινής εποχής. Με το πέρασμα των χρόνων έχει συσταθεί πλήθος επιτροπών και υπηρεσιών ασχολούμενο με θέματα που αφορούν την προστασία, συντήρηση, και αποκατάσταση μνημείων, οι αποφάσεις των οποίων τονίζουν τη σπουδαιότητα της ανάγκης για γεωμετρική τεκμηρίωση (Γεωργόπουλος 2004). Ως γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείου ορίζεται το σύνολο των ενεργειών που αποσκοπούν στην καταγραφή, επεξεργασία, παρουσίαση και καταχώρηση των απαραίτητων δεδομένων για τον προσδιορισμό της θέσης και της μορφής στον χώρο των τριών διαστάσεων σε μία δεδομένη χρονική στιγμή (UNESCO, 1972). Η γεωμετρική τεκμηρίωση ενός μνημείου καταγράφει την παρούσα κατάστασή του, όπως αυτή έχει διαμορφωθεί με το πέρασμα του χρόνου, τις απαραίτητες πληροφορίες από μελέτες του παρελθόντος, καθώς και μελλοντικούς σχεδιασμούς που αφορούν το μνημείο.

Τα μνημεία ορίζονται στον χώρο των τριών διαστάσεων από άπειρο αριθμό σημείων. Άρα είναι πρακτικά αδύνατο να αποτυπωθεί η πραγματική τους κατάσταση. Είναι όμως δυνατόν να γίνει επιλεκτική καταγραφή σημείων του μνημείου, ώστε να προκύψει πιστή απεικόνισή του στο χώρο των δύο ή των τριών διαστάσεων. Εκτός από το ζήτημα της επιλογής του αριθμού των προς αποτύπωση σημείων, προκύπτει και το ζήτημα της επιλογής του είδους των σημείων, δεδομένου ότι τα σημεία εκτός από την γεωμετρική πληροφορία την οποία μεταφέρουν, περιέχουν και ποιοτική πληροφορία της οποίας η καταγραφή είναι απαραίτητη. Έτσι η γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείου ανάγεται σε ένα πολυδιάστατο πρόβλημα, το οποίο απαιτεί ειδικούς επιστήμονες διαφόρων κλάδων ώστε να έχει επιθυμητά αποτελέσματα. (Γ. Μακρής 1999, σημειώσεις από το μάθημα της αποτύπωσης μνημείων της Σ.Α.Τ.Μ. του Ε.Μ.Π.). Οι μέθοδοι που εφαρμόζονται στις αποτυπώσεις μνημείων είναι οι απλές τοπομετρικές και ο συνδυασμός τοπογραφικών φωτογραμμετρικών μεθόδων.

Απλές τοπομετρικές μέθοδοι: εφαρμόζονται σήμερα σε μνημεία μικρά σε διαστάσεις και με μικρή πολυπλοκότητα. Τα όργανα που χρησιμοποιούνται είναι απλά και οι δυνατότητές τους περιορισμένες. Αποτελούν μεθόδους περιορισμένης ακριβείας.

Τοπογραφικές-φωτογραμμετρικές μέθοδοι. Αυτές οι μέθοδοι βασίζονται σε απευθείας μετρήσεις γωνιών και αποστάσεων στο αντικείμενο ή πάνω στη φωτογραφική εικόνα. Προσδιορίζουν τρισδιάστατες συντεταγμένες σε επιλεγμένο σύστημα αναφοράς και παρέχουν ενιαία και προδιαγεγραμμένη ακρίβεια. Εκτός αυτού προσφέρουν προσαρμοστικότητα, ευελιξία, ταχύτητα, ασφάλεια και οικονομικότητα. Οι τοπογραφικές, φωτογραμμετρικές μέθοδοι είναι οι μόνες που μπορούν να ικανοποιήσουν οποιεσδήποτε προδιαγραφές με το μικρότερο δυνατό κόστος, παρέχοντας ταυτόχρονα τη μέγιστη δυνατή ωφέλεια (Μακρής, 1999). Η τεχνολογική εξέλιξη έδωσε τα τελευταία χρόνια μεγάλη ώθηση στις διαδικασίες γεωμετρικής τεκμηρίωσης, διότι διευκολύνει τις απαιτούμενες εργασίες και πολλαπλασιάζει τις πηγές συλλογής δεδομένων. Επίσης η ανάπτυξη του τομέα των ηλεκτρονικών υπολογιστών άνοιξε το δρόμο στην παραγωγή εικονιστικών και τρισδιάστατων απεικονίσεων. Στο τελευταίο συνεισέφερε και η καταγραφή νεφών

σημείων μέσω της χρήσης επίγειων σαρωτών laser. Η χρήση τους σε συνδυασμό με φωτογραμμετρικές διαδικασίες επέτρεψε την τρισδιάστατη ρεαλιστική απεικόνιση αντικειμένων. Σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη του τομέα αποτύπωσης μνημείων έπαιξε το γενικότερο πλαίσιο δεοντολογίας το οποίο αφορά τις μελέτες και ενεργεί σε τεχνικό επίπεδο για την προστασία των μνημείων. Το πλαίσιο αυτό διαμορφώθηκε μέσα από μία σειρά συνεδρίων, συναντήσεων και συμποσίων, με την ανταλλαγή απόψεων και εμπειριών μεταξύ εκπροσώπων όλων των σχετικών κλάδων. Τέλος μέσω του διαδικτύου έγιναν γνωστές μελέτες και δόθηκαν αποτελέσματα αποτύπωσης καθώς και νέες τεχνικές και μέθοδοι (Γ. Τ. Σκόνδρας. Διπλωματική εργασία: Εικονιστικά προϊόντα για την γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείων, εφαρμογή στον τάφο Ατρέα Μυκηνών. Αθήνα Μάρτιος του 2006).

Η μετάβαση της φωτογραμμετρίας από αναλογική σε ψηφιακή, είχε όπως προελέχθη και στην εισαγωγή, θετικές επιπτώσεις στον τομέα αποτύπωσης μνημείων. Οι διαδικασίες συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων γίνονται πλέον με ψηφιακά μέσα και με την ελάχιστη παρουσία του ανθρώπινου παράγοντα. Η παρουσία ψηφιακών φωτογραφικών μηχανών αλλά και η ύπαρξη σαρωτών μεγάλης ανάλυσης, υλοποίησαν την ψηφιακή καταγραφή δεδομένων στον τομέα της επεξεργασίας, η δε ανάπτυξη εμπορικών πακέτων λογισμικού, αυτοματοποίησε την παραγωγή των προϊόντων. Σαν αποτέλεσμα οι κλασικές φωτογραμμετρικές διαδικασίες, έγιναν λιγότερο επίπονες, αυτοματοποιημένες και ταχύτερες. Επίσης έγινε δυνατή η παραγωγή νέων ειδών προϊόντων.

Ανάλογα με την μέθοδο που χρησιμοποιείται είναι δυνατόν να παραχθεί πληθώρα προϊόντων. Συγκεκριμένα με τη χρήση τοπογραφικών και τοπομετρικών μεθόδων είναι δυνατή η παραγωγή δισδιάστατων και τρισδιάστατων γραμμικών προϊόντων, με την χρήση του σαρωτή laser είναι δυνατή η παραγωγή τρισδιάστατων και φωτορεαλιστικών προϊόντων, ενώ με την χρήση φωτογραμμετρικών μεθόδων είναι δυνατή η παραγωγή όλων των τύπων των αποτελεσμάτων. Είναι προφανής η υπεροχή των φωτογραμμετρικών μεθόδων στις εργασίες της αποτύπωσης μνημείων. Να σημειωθεί ότι κάποιες τοπογραφικές μετρήσεις είναι απαραίτητες για την εφαρμογή των φωτογραμμετρικών μεθόδων.



Εικόνα 13: Τα ερείπια της Αγίας Μονής.

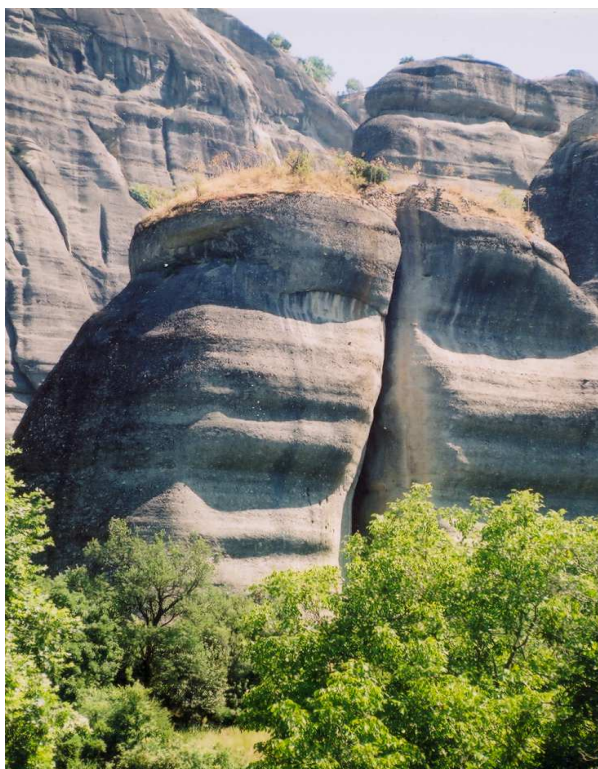
3.2 Εφαρμογή στην Μονή Παντοκράτορος:



Εικόνα 14: Τα ερείπια της Μονής Παντοκράτορος.

Μετά από αναγνωριστική επίσκεψη προτάθηκαν για αποτύπωση οι μονές: Αγίας Μονής, (Εικόνα Νο13), Αγίου Γεωργίου (Εικόνα Νο 6), Προδρόμου (Εικόνα Νο 15), Παντοκράτορος(Εικόνα Νο 4) και επιλέχθηκε αυτή του Παντοκράτορος. Η Μονή είναι χτισμένη στη βόρεια πλευρά του βράχου «Ντούπιανη» των Μετεώρων, σε ύψος εξήντα περίπου μέτρων από το φυσικό έδαφος. Από την Μονή έχουν απομείνει, τα ερείπια ενός πύργου στην βορειοανατολική κόψη του βράχου όπου ήταν τοποθετημένο το βαρούλκο με το οποίο ανέβαζαν τα εφόδια και ένας τοίχος, απομεινάρι της Μονής, ο οποίος είναι χτισμένος σε κοίλωμα του βράχου δεξιότερα (Εικόνες Νο 4 και 14).

Αποφασίστηκε η μέθοδος της αναγωγής για την αποτύπωση του πύργου και του τοίχου, η μέθοδος της στερεοαπόδοσης για το ανάγλυφο του βράχου και την πίσω όψη του τοίχου, καθώς και η χρήση του σαρωτή laser. Επίσης αποφασίστηκε η αναρρίχηση στον χώρο του μνημείου με σκοπό την τοποθέτηση στόχων και την διεξαγωγή επιτόπιων μετρήσεων. Από την γεωγραφική υπηρεσία στρατού έγινε προμήθεια του αντίστοιχου χάρτη σε κλίμακα 1/5000 (Εικόνα Νο 16) και από το γραφείο Κτηματολογίου έγινε προμήθεια των αντίστοιχων αεροφωτογραφιών (Εικόνα Νο 17).



Εικόνα 15: Τα ερείπια της Μονής Προδρόμου.



Εικόνα 16: Απόσπασμα του χάρτη σε κλίμακα 1/5000 της περιοχής. Ο βράχος της Ντούπιανης στο κέντρο και αριστερά.

3.3 Δυσκολίες και προβλήματα:

Από την πρώτη αναγνωριστική επίσκεψη έγιναν σαφείς οι ιδιαίτερες δυσκολίες που θα έπρεπε να αντιμετωπιστούν.

- Η δυσκολία πρόσβασης στον χώρο του μνημείου για την τοποθέτηση στόχων και την διεξαγωγή επιτόπιων μετρήσεων

- Η πυκνή βλάστηση του εδάφους όπου περιόριζε τις επιλογές των στάσεων των τοπογραφικών οργάνων καθώς και την λήψη φωτογραφιών.

- Η απόσταση της ευρύτερης περιοχής από την Αθήνα.

- Ο προσανατολισμός του μνημείου (λόγω του βόρειου προσανατολισμού οι φωτογραφίες θα ήταν σκοτεινές).

- Λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι οι εργασίες πεδίου θα γίνονταν τέλος Οκτωβρίου με αρχές Νοεμβρίου, οι καιρικές συνθήκες ήταν ένας πιθανός παράγων δυσκολίας (δεν είναι δυνατή η αναρρίχηση σε βρεγμένο βράχο).

- Η ταυτόχρονη παρουσία της ομάδας που θα ανέβαινε στο μνημείο με αυτήν που θα διεξήγαγε μετρήσεις από κάτω, με σκοπό την επί τόπου επίλυση των προβλημάτων που θα παρουσιάζονταν.

Στο τέταρτο κεφάλαιο θα αναπτυχθούν οι τρόποι επίλυσης των παραπάνω προβλημάτων.



Εικόνα 17: Αεροφωτογραφία της περιοχής των Μετεώρων. Στο κέντρο ο βράχος της Ντούπιανης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΥΠΑΙΘΡΟΥ

4.1 Πρόλογος:

Για την συλλογή των στοιχείων υπαίθρου χρειάστηκε να γίνουν τρεις επισκέψεις στην περιοχή των Μετεώρων. Συνολικά χρειάστηκαν τέσσερις μέρες για να ολοκληρωθεί η συλλογή όλων των δεδομένων. Επιπλέον έγινε και μία αναγνωριστική επίσκεψη (22/6/2004) όπου τα στοιχεία που συλλέχθηκαν βοήθησαν στην επιλογή του θέματος και στον προγραμματισμό εργασιών (εδάφιο 3.2)

4.2 Προγραμματισμός εργασιών:

Επιλέχθηκε ως κλίμακα αποτύπωσης η 1/50 (συνηθισμένη στις αποτυπώσεις των μνημείων). Αυτό σημαίνει πως η ζητούμενη ακρίβεια είναι της τάξης του ενός εκατοστού του μέτρου. Ως τελικό προϊόν ορίστηκε η εικονιστική απόδοση των στοιχείων που αποτελούν το μνημείο σε ορθή προβολή.

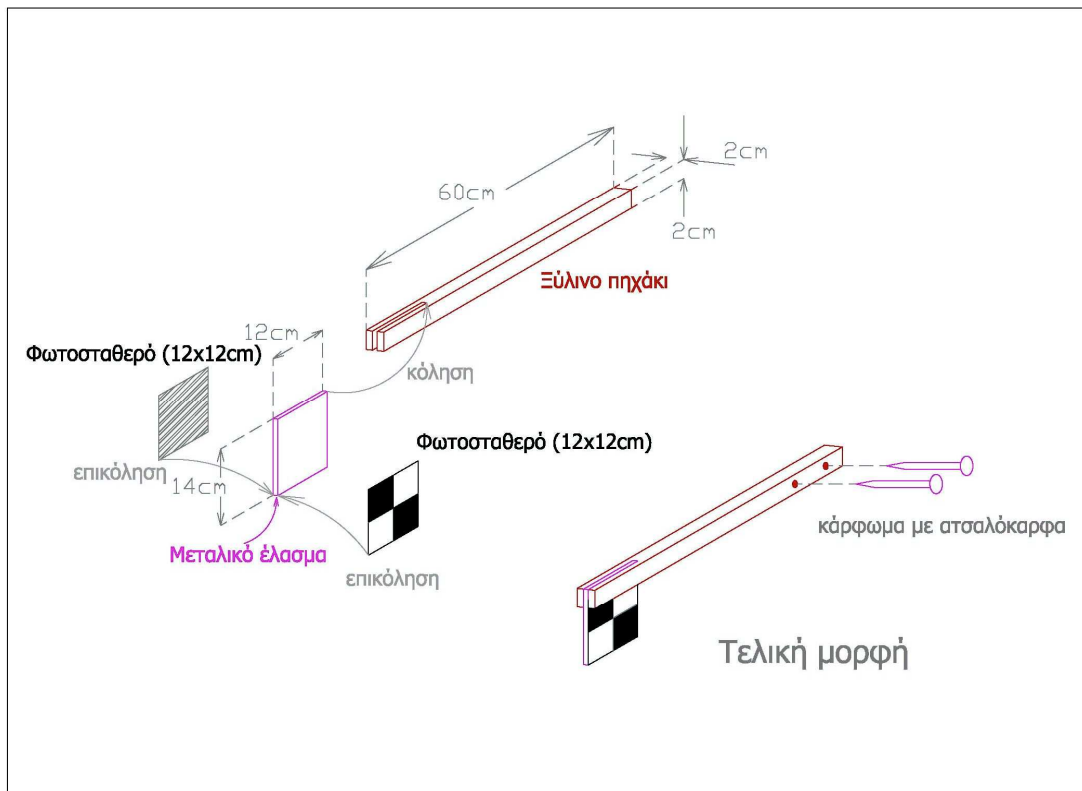
Το μνημείο αποτελείται από δύο μέρη (εικόνες 4 και 15).

-Τον πύργο, ο οποίος αποτελείται από τρεις όψεις (ανατολική, βόρεια και δυτική). Οι τρεις αυτές όψεις προσεγγίζονται από επίπεδα στον χώρο οπότε η αναγωγή κρίθηκε ως η καταλληλότερη μέθοδος για την αποτύπωσή τους. Για την πίσω όψη του πύργου (μη ορατή από το έδαφος) θα λαμβάνονταν δύο φωτογραφίες από επάνω με σκοπό την δημιουργία στερεοζεύγους, και την εφαρμογή της μεθόδου της στερεοαπόδοσης.

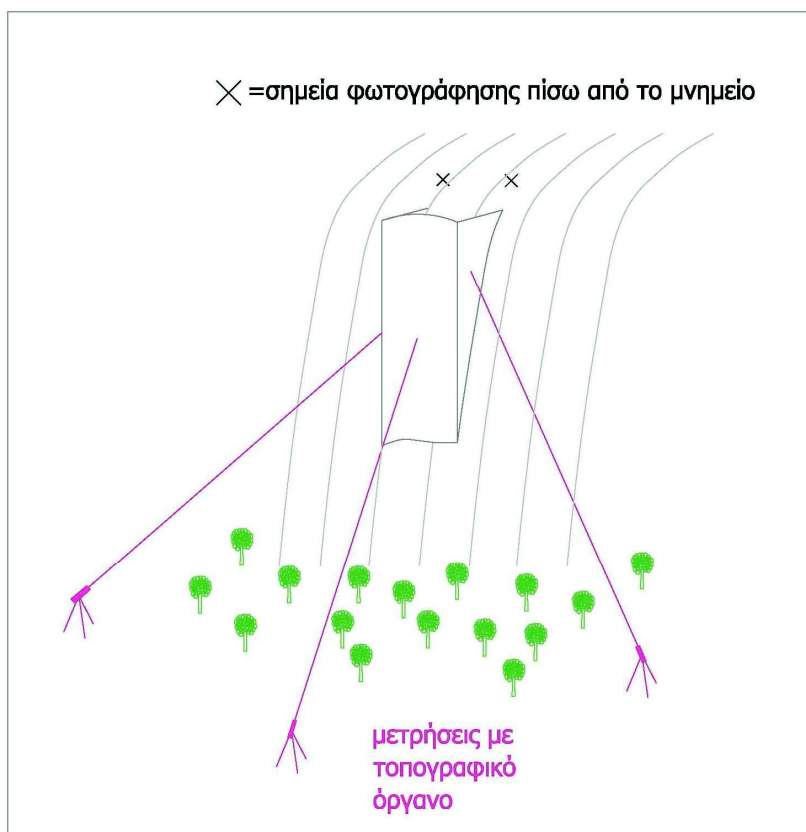
-Τον τοίχο, ο οποίος αποτελείται από δύο όψεις την βόρεια (ορατή από το έδαφος) και την νότια (μη ορατή από το έδαφος). Η βόρεια όψη θα αποτυπωνόταν με την μέθοδο της αναγωγής. Για την νότια όψη τα πράγματα είναι λίγο πιο περίπλοκα. Αποφασίστηκε η δημιουργία δύο στερεομοντέλων όπου τα σημεία λήψης των αντίστοιχων φωτογραφιών, θα ήταν επάνω στον χώρο του μνημείου. Ως γνωστόν πρέπει σε κάθε στερεομοντέλο να είναι γνωστές οι γεωδαιτικές συντεταγμένες τουλάχιστον τεσσάρων σημείων. Φυσικά δεν είναι δυνατή η τοπογράφιση σημείων από την πίσω όψη του τοίχου (είναι εξαιρετικά δύσκολο να ανέβει γεωδαιτικό όργανο στην περιοχή), οπότε αποφασίστηκε η κατασκευή ειδικών στόχων που να είναι ορατοί τόσο από το έδαφος, όσο και από την πίσω πλευρά του τοίχου. Οι στόχοι αυτοί κατασκευάστηκαν από ξύλινο πηγάκι μήκους εξήντα εκατοστών περίπου, όπου στη μία άκρη σφηνώθηκε μεταλλικό έλασμα, στο οποίο επικολλήθηκαν και στις δύο πλευρές τα φωτοσταθερά (Σχήμα 1). Σκοπός των στόχων αυτών ήταν να τοποθετηθούν περιμετρικά στο μνημείο (Σχήμα 4) ώστε αφ' ενός να είναι δυνατή η σκόπευσή τους από το έδαφος έτσι ώστε να υπολογιστούν οι γεωδαιτικές συντεταγμένες τους, αφ' ετέρου να είναι δυνατή η φωτογράφησή τους από την πίσω πλευρά του μνημείου. Η διαδικασία των μετρήσεων καθώς και τα σημεία από όπου θα γινόταν η φωτογράφιση, φαίνονται στα σχήματα 2 και 3.

Όσον αφορά τα σημεία λήψης των φωτογραφιών από το έδαφος, αλλά και τα σημεία στάσης του γεωδαιτικού οργάνου, εκτιμήθηκε ότι θα απέχουν 40-80m από το αντικείμενο.

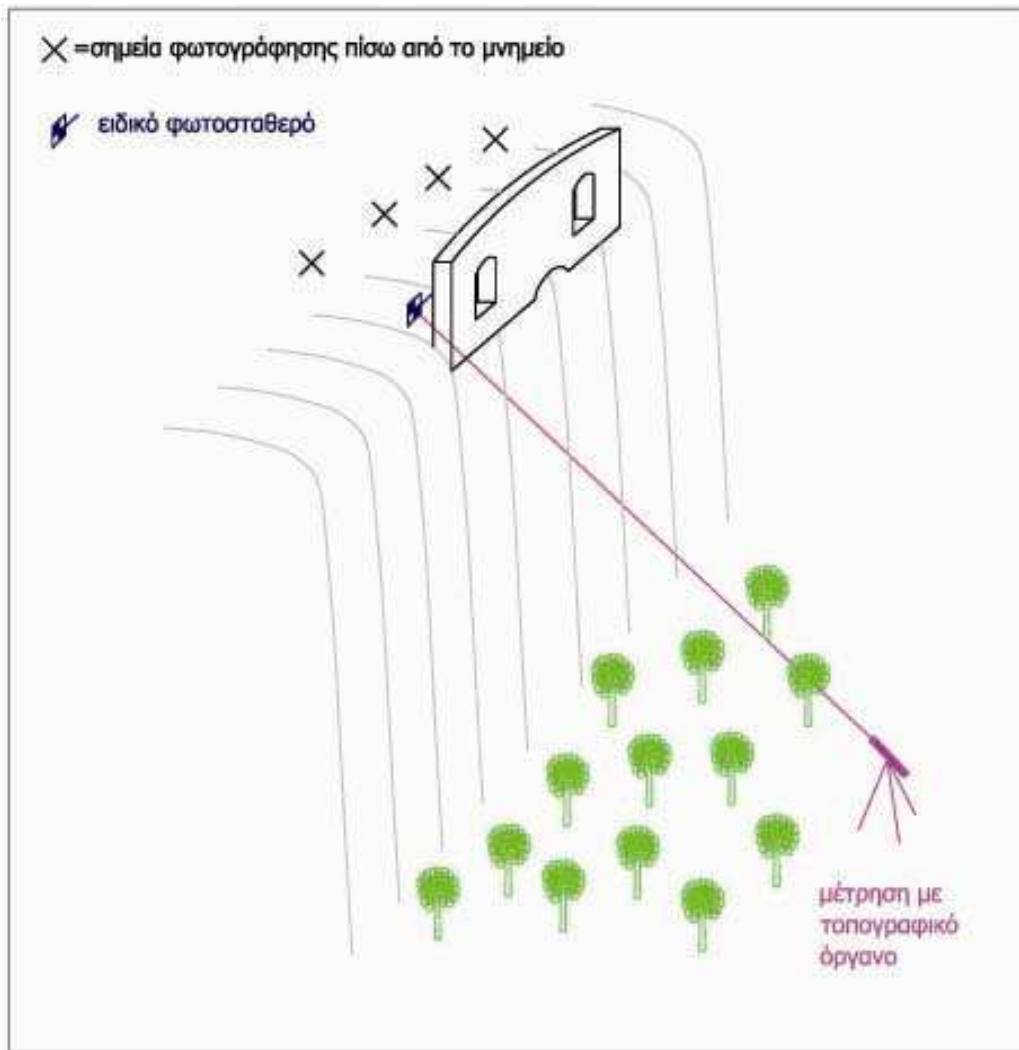
Αποφασίστηκε να ζητηθεί η συμβολή του Άρη Μητρονάσιου, έμπειρου αναρριχητή και υπεύθυνου του αναρριχητικού πεδίου των Μετεώρων, ο οποίος και πρότεινε την αναρριχητική διαδρομή που θα ακολουθείτο. (Εικόνες 18-19-20)



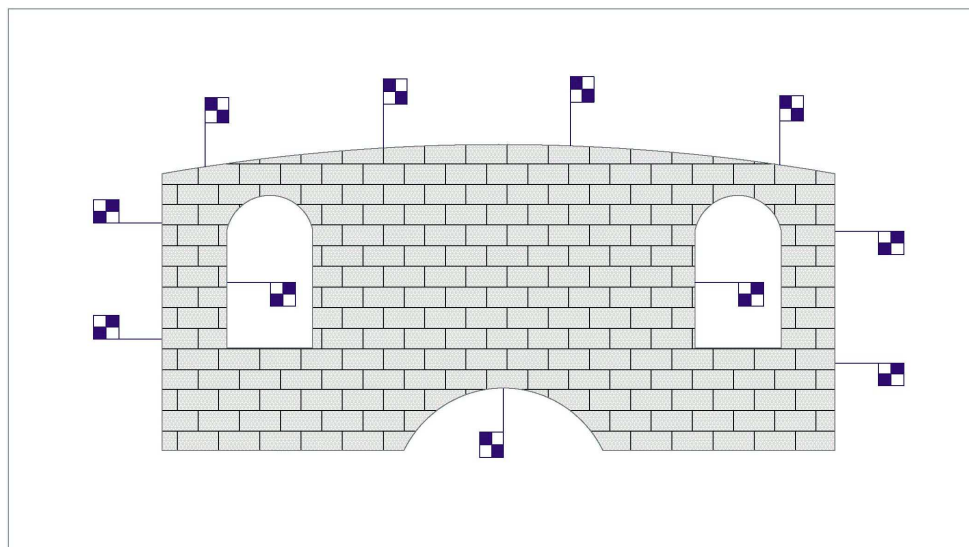
Σχήμα 1: Τα ειδικά φωτοσταθερά. Κατασκευή και τοποθέτηση.



Σχήμα 2: Ο τρόπος φωτογράφισης και μέτρησης στον πύργο.



Σχήμα 3: Ο τρόπος φωτογράφισης και μέτρησης στον τοίχο.

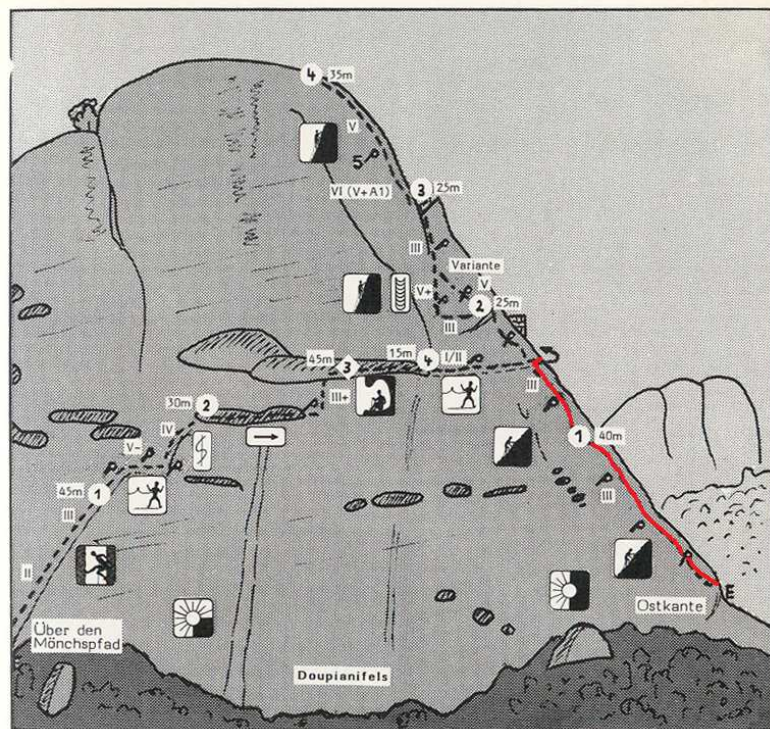


Σχήμα 4: Η τοποθέτηση των ειδικών φωτοσταθερών.

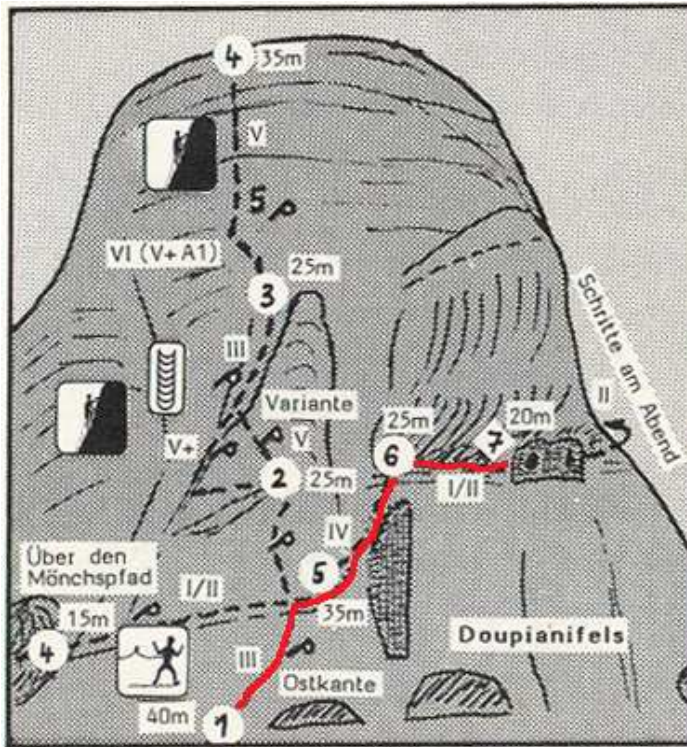
- Οι εργασίες που έπρεπε να γίνουν από την ομάδα που θα ανερχόταν στο μνημείο ήταν οι παρακάτω:
- Η επικόλληση φωτοσταθερών στις όψεις του πύργου και του τοίχου που είναι ορατές από το έδαφος.
 - Η τοποθέτηση των ειδικών στόχων στην πίσω όψη του τοίχου.
 - Η λήψη των φωτογραφιών για την δημιουργία των στερεομοντέλων που ήδη αναφέρθηκαν.
 - Η φωτογράφιση και η επιμέτρηση στοιχείων του μνημείου τα οποία δεν είναι ορατά από το έδαφος.
 - Η λήψη δύο κατακόρυφων φωτογραφιών του τοίχου (στερεοζεύγος). Η λήψη θα γινόταν κατά την κατάβαση της ομάδας από την κορυφή.

Έγινε η πρόταση της λήψης αεροφωτογραφιών από υπερελαφρό αεροσκάφος. Η πρόταση αυτή εγκαταλείφθηκε λόγω του ότι έχουν απαγορευτεί οι πτήσεις ελαφρών αεροσκαφών στην περιοχή των Μετεώρων.

Η τοπογράφιση επιλέχθηκε να γίνει με τον γεωδαιτικό σταθμό TCR 705 της Leica (εδάφιο Π-6) που ήταν διαθέσιμος από τον Κώστα Παγάνη, ο οποίος θα έκανε και τις τοπογραφικές μετρήσεις. Το εργαστήριο φωτογραμμετρίας διέθεσε τις φωτογραφικές μηχανές, Hasselbland 500C/M αναλογική και Canon Mark II ψηφιακή. Επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί η Hasselbland για τις φωτογραφήσεις πάνω στο μνημείο, ενώ η Canon θα χρησιμοποιούνταν για τις φωτογραφίες από το έδαφος. Σκοπός επίσης ήταν να εξαχθούν συμπεράσματα για την μετρητική ικανότητα της μηχανής Canon. Διατέθηκε και ο σαρωτής laser Cyrax-2500 που ανήκει στο Ε.Μ.Π., παρότι οι αποστάσεις σάρωσης θα ήταν στα όρια της εμβέλειάς του. Από το εργαστήριο φωτογραμμετρίας διατέθηκαν επίσης μετροταινία 30m, τα φωτοσταθερά καθώς και το ποσό των εκατόν πενήντα ευρώ για αγορά αναρριχητικού υλικού.

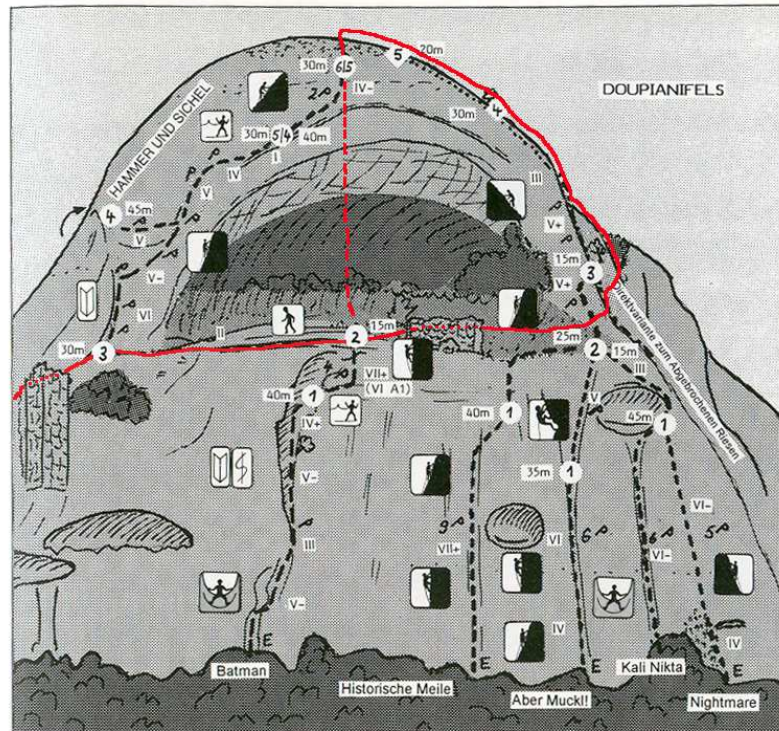


Εικόνα 18: Με κόκκινο χρώμα φαίνεται το πρώτο τμήμα της διαδρομής που θα ακολουθείτο. Πρόκειται για να την Ostkante (Ανατολική κόψη). Το σκίτσο είναι από τον αναρριχητικό οδηγό των Μετεώρων «Stutte und Hasse:«*Meteora Klettern und Wandern* (1986) »



Εικόνα 19: Στην συνέχεια η διαδρομή θα ακολουθούσε το παλιό μονοπάτι των μοναχών (Über den Monchspfad). « Stutte und Hasse: « Meteora Klettern und Wandern (1986) »

Εικόνα 20: Μετά το πέρας των εργασιών στο μνημείο, η ομάδα θα ανέβαινε στην κορυφή από την διαδρομή « βήματα το βράδυ (Schritte am Abend)» από όπου που θα κατέβαινε με ραπέλ στο χώρο του μνημείου (διακεκομμένη γραμμή) όπου και θα φωτογράφιζε από πάνω το μνημείο. « Stutte und Hasse: Meteora Band II (2000) »



4.3 Συλλογή στοιχείων υπαίθρου. Πρώτη επίσκεψη:

Στις 26/10/2004 έγινε επίσκεψη στην περιοχή με σκοπό την ανάβαση και τις μετρήσεις. Οι καιρικές συνθήκες ήταν πολύ καλές και ευνοούσαν το εγχείρημα. Δυστυχώς δεν ήταν δυνατή η παρουσία του συνεργείου που θα διεξήγαγε τις μετρήσεις από το έδαφος. Το συνεργείο αποτελείτο από τους Άρη Μητρονάσιο, ο οποίος και οδήγησε επικεφαλής την διαδρομή, την Άννα Δερμάνη και τον Δημήτρη Αθανασίου. Κατά την διάβαση από την πίσω όψη του πύργου, ελήφθησαν δύο φωτογραφίες με σκοπό να αποτελέσουν στερεοζεύγος (εικόνες 23-24). Έγινε σαφές ότι ήταν αδύνατη η επικόλληση φωτοσταθερών στις όψεις του πύργου με τα μέσα τα οποία διετίθεντο. Στην συνέχεια στην περιοχή του τοίχου έγινε η τοποθέτηση των ειδικών στόχων καθώς και η επικόλληση φωτοσταθερών στην βόρεια όψη του τοίχου. Φωτογραφήθηκε η πίσω όψη του τοίχου όπως προεβλέπετο (εικόνα 33).

Ανεκαλύφθησαν διάφορα ευρήματα τα οποία δεν ήταν ορατά από το έδαφος. Αυτά ήταν: ερείπια τοίχων ύψους ενός μέτρου περίπου, μία δεξαμενή ύδρευσης (στέρνα) και ρυάκια σκαλισμένα στον βράχο τα οποία τροφοδοτούσαν την στέρνα.

Η θέση των παραπάνω ευρημάτων τεκμηριώθηκε με μετροταινία (σχήμα 5). Δεν ελήφθησαν φωτογραφίες των παραπάνω ευρημάτων, διότι θα ήταν ευκρινέστερα κατά την λήψη των κατακόρυφων φωτογραφιών. Στη συνέχεια και σύμφωνα με τον προγραμματισμό, έγινε ανάβαση στην κορυφή και μετά κατάβαση με ραπέλ, με σκοπό την απόκτηση των κατακόρυφων φωτογραφιών του τοίχου αλλά και των προαναφερθέντων ευρημάτων. Δυστυχώς η φωτογραφική μηχανή δεν λειτούργησε όταν έπρεπε, με αποτέλεσμα οι κατακόρυφες φωτογραφίες να μην ληφθούν. (Αυτό ήταν η αρχή μιας σειράς ατυχιών που αναλύονται στη συνέχεια).

Επειδή δεν υπήρχαν προς το παρόν άλλες εργασίες υπαίθρου που ήταν εφικτό να πραγματοποιηθούν, οι επόμενες ημέρες αναλώθηκαν στην αναζήτηση ιστορικών στοιχείων, στην πεζοπορία και την αναρρίχηση αναψυχής.



Εικόνα 21: Η ανάβαση στο μνημείο.



Εικόνα 22: Μία από τις φωτογραφίες που απεικονίζουν την πίσω όψη του τείχους. διακρίνονται ορισμένα από τα ειδικά φωτοσταθερά.



Εικόνες 23-24: Το στερεοζεύγος της πίσω όψης του πύργου. Οι φωτογραφίες δεν περιέχουν κάποια ιδιαίτερη πληροφορία και έτσι δεν χρησιμοποιήθηκαν (εδάφιο 5.8).



Εικόνα 25: Ο Άρης Μητρονάσιος και η Άννα Δερμάνη στον τόπο του μνημείου. Διακρίνονται τα ερείπια εσωτερικού τοίχου τα οποία τεκμηριώθηκαν με μετροταινία.



Εικόνα 26: Η κατάβαση μετά το πέρας των εργασιών.

4.4 Συλλογή στοιχείων υπαίθρου. Δεύτερη επίσκεψη:

Η επόμενη επίσκεψη έγινε αρκετά αργότερα στις 27/11/2004, λόγω δυσμενών καιρικών συνθηκών και μη συντονισμού του συνεργείου. Το συνεργείο απαρτιζόταν από τους: Χαράλαμπο Ιωαννίδη, Κώστα Παγάνη, Δημήτρη Παγάνη και Δημήτρη Αθανασίου. Κατά την επίσκεψη αυτή διαπιστώθηκε ότι από τους ειδικούς στόχους που είχαν τοποθετηθεί στον τοίχο, είχαν απομείνει μόνο τρεις, προφανώς λόγω των καιρικών συνθηκών που επικράτησαν στο μεσοδιάστημα. Η επανάληψη της ανάβασης ήταν αδύνατη λόγω υγρασίας στον βράχο.

Πρώτο μέλημα ήταν η ίδρυση πολυγωνομετρικού δικτύου. Έγιναν δύο στάσεις του τοπομετρικού οργάνου και μετρήθηκαν τα φυσικά και προσημασμένα φωτοσταθερά. Στα κροκί, τα φωτοσταθερά έγιναν με σκίτσα την στιγμή των μετρήσεων. Η πείρα δείχνει ότι για τα κροκί σε θέματα με μεγάλη λεπτομέρεια και χωρίς χαρακτηριστικά σημεία, είναι καλό να χρησιμοποιούνται φωτογραφίες του θέματος, όπου επάνω σε αυτές επισημαίνονται τα φωτοσταθερά. Οι τοπομετρήσεις έγιναν με την χρήση αυθαίρετου συστήματος συντεταγμένων. Ταυτόχρονα έγινε και η φωτογράφιση των προς εξέταση περιοχών με την φωτομηχανή Canon Mark II. Κάποιες περιοχές φωτογραφήθηκαν με διάφορες ρυθμίσεις της φωτομηχανής, με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων για τις μετρητικές της ικανότητες.

Με τον σαρωτή laser έγινε μία επιτυχημένη σάρωση της ανατολικής όψης του πύργου και μετά ο σαρωτής έπαψε να λειτουργεί. Αιτία της βλάβης ήταν, όπως διαπιστώθηκε αργότερα, η αστοχία του καλωδίου που συνδέει τον σαρωτή με την φορητή υπολογιστική μονάδα.

Η δεύτερη αυτή φάση των μετρήσεων διήρκεσε δύο μέρες. Η δε διεξαγωγή των μετρήσεων έγινε κάτω από χαμηλές θερμοκρασίες και υγρό καιρό.



Εικόνα 27: Τοπογραφικές μετρήσεις κατά την δεύτερη επίσκεψη.

4.5 Συλλογή στοιχείων υπαίθρου. Τρίτη επίσκεψη:

Κατά την επεξεργασία των δεδομένων διαπιστώθηκε ότι δεν ήταν δυνατή η αναγωγή της δυτικής όψης. Δεν ανευρίσκοντο στην προς αναγωγή φωτογραφία τα φυσικά φωτοσταθερά λόγω ελλιπούς κροκί. Αποφασίστηκε και τρίτη επίσκεψη στο μνημείο όπου έγινε στις 22/10/05. Κατά την διάρκεια της επίσκεψης αυτής ελήφθησαν ζεύγη φωτογραφιών της δυτικής όψης (Εικόνες 27 και 28) με σκοπό την απόδοση με εφαρμογή της στερεοφωτογραμμετρικής μεθόδου. Υπήρχε ωστόσο μεγάλη απόκλιση από τις συνθήκες που πρέπει να ικανοποιούνται σε μία κανονική στερεοαπόδοση, σχετικά με την βάση και την γωνία του άξονα των λήψεων με το επίπεδο του αντικειμένου. Ο λόγος ήταν το κρημνώδες ανάγλυφο της περιοχής, καθώς και η πυκνή βλάστηση. Σε αυτή την φωτογράφιση χρησιμοποιήθηκε η φωτογραφική μηχανή SONY DSC-F707.



Εικόνες 28-29: Οι παραπάνω φωτογραφίες της δυτικής όψης επρόκειτο να αποτελέσουν στερεομοντέλο. Δεν ήταν δυνατός ο προσανατολισμός του για τους λόγους που αναλύονται στο κείμενο (5.2).

Ελήφθησαν επίσης με την ίδια μηχανή (SONY) φωτογραφίες της ευρύτερης περιοχής του μνημείου με σκοπό την στερεοαπόδοση ολόκληρης της περιοχής. (Εικόνα 32). Η μόνη περιοχή απ' όπου μπορούσαν να παρθούν αυτές οι λήψεις απείχε περίπου 200m από το αντικείμενο, ενώ η απόσταση των δύο σημείων λήψης (βάση) ήταν περίπου 60m. Οι παραπάνω τιμές των αποστάσεων είναι ικανοποιητικές για την κλίμακα 1/250.

Η τρίτη αυτή η επίσκεψη πραγματοποιήθηκε αυθημερόν, ενώ η φωτογράφιση έγινε με συνθήκες νέφωσης (8/8 κάλυψη) και μικρή διαύγεια της ατμόσφαιρας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΪΟΝΤΑ

5.1 Φωτογραμμετρική αναγωγή:

Η φωτογραμμετρική αναγωγή είναι η απλούστερη διαδικασία παραγωγής εικονιστικών προϊόντων. Η εφαρμογή της δεν απαιτεί εξειδικευμένη γνώση προγραμματισμού και στο εμπόριο διατίθενται πλήθος πακέτων λογισμικού τα οποία διακρίνονται για την ευχρηστία, την ταχύτητα και την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

Η φωτογραμμετρική αναγωγή είναι ένας προβολικός μετασχηματισμός στον χώρο των δύο διαστάσεων. Εξαιτίας του δισδιάστατου χαρακτήρα της, είναι δυνατή η απόδοση επιπέδων αντικειμένων. Η αναγωγή συνδέει μέσω προβολικού μετασχηματισμού το επίπεδο της εικόνας με το επίπεδο του αντικειμένου στο χώρο. Για την εφαρμογή της αναγωγής δεν απαιτείται να είναι γνωστή η εξωτερική γεωμετρία της μηχανής την στιγμή της λήψης (Καρράς 1995). Οι σχέσεις που ορίζουν τον προβολικό μετασχηματισμό είναι :

$$x = \frac{a_{11}X + a_{12}Y + a_{13}}{a_{31}X + a_{32}Y + 1} \quad y = \frac{a_{21}X + a_{22}Y + a_{23}}{a_{31}X + a_{32}Y + 1}$$

Στις παραπάνω σχέσεις τα X - Y είναι οι συντεταγμένες των σημείων στο επίπεδο του χώρου, τα x - y είναι οι εικονοσυντεταγμένες των αντίστοιχων σημείων ενώ τα a_{ij} είναι σταθεροί συντελεστές. Ο παραπάνω μετασχηματισμός είναι προφανώς αμφιμονοσήμαντος. Κατά την διαδικασία της αναγωγής υπολογίζονται οι τιμές των σταθερών συντελεστών του μετασχηματισμού, με δεδομένα τις εικονοσυντεταγμένες και τις συντεταγμένες στον χώρο τεσσάρων τουλάχιστον σημείων. Η αναγωγή διορθώνει τις κλίσεις της αρχικής εικόνας ενώ το αποτέλεσμα δεν είναι δυνατό να διορθωθεί από σφάλματα που οφείλονται στην ακτινική διαστροφή του φακού.

Η διαδικασία της αναγωγής απαρτίζεται από τα παρακάτω στάδια.

- Επισημάνση του αντικειμένου και επιλογή των κατάλληλων φωτοσταθερών.
- Προσδιορισμός των γεωδαιτικών συντεταγμένων των φωτοσταθερών. Θεωρητικά απαιτούνται τέσσερα σημεία. Στην πράξη υπολογίζονται περισσότερα με σκοπό την συνόρθωση του συστήματος των εξισώσεων.
- Φωτογράφιση του αντικειμένου. Η απόσταση του σημείου λήψης από το αντικείμενο σε συνδυασμό με τα γεωμετρικά στοιχεία του φακού πρέπει να δίνουν την επιθυμητή κλίμακα στην φωτογραφία. Επίσης ο άξονας λήψης πρέπει να είναι κατά το δυνατόν κάθετος στο επίπεδο του αντικειμένου.
- Σάρωση των αρνητικών σε περίπτωση αναλογικής μηχανής. Η ανάλυση της σάρωσης προκύπτει από την επιθυμητή ακρίβεια των προϊόντων.
- Εύρεση των συντελεστών a, b, c της εξίσωσης $ax+by+cz=I$ του επιπέδου που ταυτίζεται με το αντικείμενο. Στην περίπτωση «περίπου» επιπέδου αντικειμένου, οι συντελεστές a, b, c πρέπει να υπολογιστούν με την χρήση της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων. (Αν έχουν μετρηθεί τουλάχιστον τέσσερα φωτοσταθερά).
- Η εισαγωγή των παραπάνω στοιχείων στο περιβάλλον λογισμικού της αναγωγής, με σκοπό την εξαγωγή της ανηγμένης εικόνας. Το εργαστήριο φωτογραμμετρίας της σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων μηχανικών του Ε.Μ.Π. είναι εξοπλισμένο με το εμπορικό πακέτο αναγωγής ARCHIS της εταιρείας Siscam. Το πακέτο έχει χρησιμοποιηθεί σε πλήθος των αναγωγών με πολύ καλά αποτελέσματα.

Στην παρούσα εφαρμογή όπως προελέχθη, επιλέχθηκε να εφαρμοστεί η μέθοδος της αναγωγής για τις τρεις όψεις του πύργου, καθώς και την βόρεια όψη του τοίχου. Δεν ήταν δυνατό να ικανοποιηθούν όλες οι παραπάνω προϋποθέσεις.

Συγκεκριμένα :

-Επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθούν φυσικά φωτοσταθερά στις τρεις όψεις του πύργου, λόγω του ότι ήταν αδύνατη η επικόλληση φωτοσταθερών όπως προαναφέρθη. Έγινε επικόλληση εννέα προσημασμένων φωτοσταθερών στη βόρεια όψη του τοίχου .

-Υπολογίστηκαν οι γεωδαιτικές συντεταγμένες των φυσικών και προσημασμένων φωτοσταθερών. Συνολικά μετρήθηκαν τριάντα εννέα φυσικά και προσημασμένα φωτοσταθερά.

-Η φωτογραφική μηχανή ρυθμίστηκε έτσι ώστε οι φωτογραφίες να έχουν την επιθυμητή κλίμακα, παρότι οι αποστάσεις λήψης ήταν μεγαλύτερες των εξήντα μέτρων. Επίσης οι άξονες λήψης με τις κάθετες στα αντίστοιχα επίπεδα, σχημάτιζαν γωνία γύρω στις σαράντα πέντε μοίρες, λόγω του ύψους του αντικειμένου σε σχέση με τα σημεία λήψης τα οποία ήταν στο έδαφος.

-Στην κάθε αναγωγή τα αντίστοιχα φωτοσταθερά δεν βρίσκονταν στο ίδιο επίπεδο, λόγω του ότι τα αντικείμενα έχουν χτιστεί με πέτρες μη λαξευμένες, με αποτέλεσμα την ύπαρξη αναγλύφου.

Λόγω των παραπάνω, δεν ήταν δυνατόν να επιτευχθεί η ζητούμενη ακρίβεια. Συγκεκριμένα το σφάλμα στην αναγωγή της βόρειας όψης του τοίχου ήταν 3cm, ενώ το σφάλμα στην απόδοση του πύργου ήταν 6cm. Εκτιμάται ότι τα σφάλματα ήταν μικρότερα στον τοίχο εξαιτίας της ύπαρξης προσημασμένων φωτοσταθερών παρόλο που η απόσταση λήψης των φωτογραφιών του τοίχου ήταν μεγαλύτερη. Στις εικόνες 26 και 27 φαίνεται η βόρεια όψη του πύργου πριν και μετά την αναγωγή. Έγινε αναγωγή της βόρειας και ανατολικής όψης του πύργου καθώς και της βόρειας όψης του τοίχου. Ακολούθησε ψηφιοποίηση των αντίστοιχων φωτογραφιών σε περιβάλλον AutoCAD.



Εικόνες 30-31: Η βόρεια όψη του Πύργου πριν και μετά την αναγωγή. Όπως φαίνεται από τον λόγο των υψών, η γωνία του άξονα λήψης με το επίπεδο της αναγωγής είναι περίπου 40°.

5.2 Η απόδοση της δυτικής όψης:

Για την δυτική όψη του πύργου όπου όπως προαναφέρθη (εδάφιο 4.4) δεν ήταν δυνατή η εφαρμογή της μεθόδου της αναγωγής, αξιοποιήθηκαν τα στοιχεία της τρίτης επίσκεψης στο μνημείο. Η αρχική πρόθεση ήταν να γίνει απόδοση της δυτικής όψης με βάση την μέθοδο της στερεοαπόδοσης. Οι δύο φωτογραφίες του στερεοζεύγους (εικόνες 28-29) εισήχθησαν στο πρόγραμμα SSK με το οποίο είναι εξοπλισμένο το Ε.Μ.Π., όπου δεν κατέστη δυνατόν να γίνει ο εσωτερικός και εξωτερικός προσανατολισμός λόγω της κακής γεωμετρίας των σημείων λήψης σε σχέση με το αντικείμενο.

Η διαδικασία που τελικά ακολουθήθηκε περιγράφεται παρακάτω:

Σε μία από τις προς αναγωγή φωτογραφίες (εικόνα 32) είναι ορατές ταυτόχρονα, η δυτική και μεγάλο μέρος της βόρειας όψης. Στην βόρεια όψη αναγνωρίζονται επτά φωτοσταθερά (επισημαίνονται με κόκκινο χρώμα στην εικόνα 32) για τα οποία είναι γνωστές οι γεωδαιτικές συντεταγμένες τους στο σύστημα των μετρήσεων. Στην δυτική όψη είναι γνωστές γεωδαιτικές συντεταγμένες εννέα σημείων, τα οποία όμως δεν είναι δυνατόν να βρεθούν στη φωτογραφία λόγω ελλιπούς κροκί. Με μέτρηση των εικονοσυντεταγμένων των επτά φωτοσταθερών της βόρειας όψης είναι δυνατός ο εξωτερικός προσανατολισμός της φωτογραφίας (οπισθοτομία). Ο εσωτερικός προσανατολισμός της φωτομηχανής είναι γνωστός (διπλωματική εργασία). Υπολογίστηκαν τα στοιχεία του εξωτερικού προσανατολισμού $X_0, Y_0, Z_0, \omega, \varphi, \kappa$ με πρόγραμμα που έχει συνταχθεί από τον Γ. Σκόνδρα. Στην συνέχεια, υπολογίστηκαν οι εικονοσυντεταγμένες των εννέα σημείων της δυτικής όψης, λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι είναι γνωστές οι παράμετροι του εξωτερικού προσανατολισμού καθώς και γεωδαιτικές συντεταγμένες των εννέα αυτών σημείων. Περισσότερα για την οπισθοτομία στο παράρτημα (εδάφιο Π-4)

Ο εξωτερικός προσανατολισμός της φωτογραφίας βασίζεται στα επτά σημεία της βόρειας όψης, τα οποία όμως βρίσκονται κατανεμημένα στο αριστερό μέρος της εικόνας. Συνεπώς ο εξωτερικός προσανατολισμός και οι εικονοσυντεταγμένες των εννέα σημείων της δυτικής όψης δεν υπολογίστηκαν με ακρίβεια. Ειδικότερα για τα σημεία τα οποία βρίσκονται μακρύτερα από την τομή της δυτικής όψης με τη βόρεια, το σφάλμα υπολογίστηκε ότι είναι γύρω στα 50cm.

Έγινε ραπορτάρισμα των εννέα σημείων στη φωτογραφία και με τη λογική ότι τα φωτοσταθερά θα έπρεπε να ήταν κάποια χαρακτηριστικά σημεία κοντά στα ήδη ραπορταρισμένα, κατέστη τελικά δυνατή η εύρεση επτά φωτοσταθερών (Επισημαίνονται με κίτρινο χρώμα στην εικόνα 32).

Στην συνέχεια έγινε κατά τα γνωστά αναγωγή και ψηφιοποίηση στην δυτική όψη του πύργου.



Εικόνα 32: Η δυτική και μέρος της βόρειας όψης του πύργου. Φαίνονται με κόκκινο χρώμα τα φωτοσταθερά που μπόρεσαν να επισημανθούν στη βόρεια όψη, ενώ με κίτρινο χρώμα τα φωτοσταθερά όπως υπολογίστηκαν στη διαδικασία που περιγράφεται στο κείμενο (εδάφιο 5.2).

5.3 Η νότια όψη του τοίχου:

Όπως αναφέρθη (εδάφιο 4.1) ελήφθησαν τέσσερις φωτογραφίες της νότιας όψης του τοίχου (μη ορατής από το έδαφος) με σκοπό την δημιουργία δύο στερεομοντέλων και τελικά την απόδοση της όψης αυτής. Από τα δέκα ειδικά φωτοσταθερά που τοποθετήθηκαν κατά την πρώτη επίσκεψη (εδάφιο 4.2) είχαν απομείνει μόνο τρία, τα οποία μάλιστα ήταν συγκεντρωμένα στην δεξιά μεριά του τοίχου (όπως φαίνεται από το έδαφος). Επειδή δεν είναι δυνατόν να οριστούν τα δύο

στερεομοντέλα στο χώρο, έγινε η παραδοχή ότι η νότια όψη του τοίχου θα είναι παράλληλη με τη βόρεια (όπου είναι υπολογισμένη) η δε απόσταση των παράλληλων αυτών επιπέδων ήταν δυνατό να υπολογισθεί από τα τρία εναπομείναντα φωτοσταθερά. Οι υπολογισμοί της νότιας όψης βρίσκονται στο παράρτημα (εδάφιο Π-3)

Μετά τον υπολογισμό της παραπάνω απόστασης έγινε η εισαγωγή των δύο στερεομοντέλων στο περιβάλλον του S.S.K όπου και έγινε η απόδοση της νότιας όψης του τοίχου. Η εικόνα 33 είναι μία από τις τέσσερις φωτογραφίες που αναφέρονται παραπάνω. Όπως φαίνεται και στη φωτογραφία, η βλάστηση και οι κακές συνθήκες φωτισμού μαζί με την μη μέτρηση των ειδικών φωτοσταθερών, συνετέλεσαν στη μείωση της ακρίβειας της συγκεκριμένης απόδοσης.



Εικόνα 33: Η νότια όψη του τοίχου όπως φωτογραφήθηκε από πάνω κατά την πρώτη επίσκεψη. Διακρίνονται ορισμένα από τα ειδικά φωτοσταθερά του έχουν τοποθετηθεί.

5.4 Οι στερεοαπόδοση της ευρύτερης περιοχής του μνημείου:

Οι δύο φωτογραφίες της ευρύτερης περιοχής (εικόνες 34-35) αποτέλεσαν στερεομοντέλο με σκοπό την απόδοση της περιοχής του μνημείου. Τα φωτοσταθερά που ήταν διαθέσιμα βρίσκονταν στον πύργο και τον τοίχο, με αποτέλεσμα το στερεομοντέλο να μην είναι δυνατόν να προσανατολιστεί στο S.S.K.

Για τον υπολογισμό περισσότερων φωτοσταθερών, έγινε οπισθοτομία στις φωτογραφίες όπου υπολογίστηκαν οι γεωδαιτικές συντεταγμένες των σημείων λήψης και οι γωνίες στροφής αντίστοιχα με τα όσα περιγράφονται στο εδάφιο 5.2. Στην συνέχεια με εμπροσθοτομία υπολογίστηκαν κάποια επιπλέον φωτοσταθερά, με αποτέλεσμα τον ικανοποιητικό από άποψη ακριβείας προσανατολισμό του μοντέλου. Η οπισθοτομία και η εμπροσθοτομία έγινε με προγράμματα που έχουν συνταχθεί από τον Ι. Τ. Σκόνδρα, ενώ τα αποτελέσματα και τα σφάλματα βρίσκονται στο παράρτημα στο εδάφιο Π-4.

Με βάση τα στοιχεία λήψης και τα σφάλματα, αποφασίστηκε η ευρύτερη περιοχή να αποδοθεί σε κλίμακα 1/250. Στην συνέχεια έγινε εισαγωγή στο S.S.K. και απόδοση της περιοχής με την χρήση ισαπεχουσών καμπυλών στην προεπιλεγμένη κλίμακα.

Να σημειωθεί ότι οι παραπάνω υπολογισμοί δεν βελτίωσαν την ακριβεία του στερεομοντέλου, απλά κατέστη δυνατός ο προσανατολισμός του μοντέλου στο S.S.K

5.5 Σάρωση με laser:

Η ευρύτερη περιοχή του μνημείου επρόκειτο να σαρωθεί με τον επίγειο σαρωτή laser (Cyrax HDS-2500 της Leica geosystems / Cyra technologies) που διαθέτει η σχολή τοπογράφων του Ε.Μ.Π., παρότι οι αποστάσεις του αντικειμένου ήταν στα όρια εμβέλειας του σαρωτή. Έγινε μία επιτυχημένη σάρωση (εικόνα 37) και μετά ο σαρωτής έπαυε να λειτουργεί λόγω αστοχίας του καλωδίου που συνδέει τη μονάδα σάρωσης με αυτήν της υπολογιστικής μονάδας. Η σάρωση αυτή δεν αξιοποιήθηκε.

5.6 Εξάρτηση των μετρήσεων από το κρατικό σύστημα:

Δεν έγινε αναγωγή των τοπομετρήσεων στο κρατικό σύστημα. Για να ήταν εφικτό το παραπάνω θα έπρεπε να επεκταθεί το υπάρχον πολυγωνομετρικό δίκτυο, μέχρι να είναι δυνατή (πιθανόν με οπισθοτομία) η σύνδεση με τοπογραφικά σημεία της περιοχής. Αυτό δεν έγινε λόγω της έλλειψης χρόνου του συνεργείου που διεξήγαγε τις μετρήσεις κατά την δεύτερη επίσκεψη στο μνημείο. Έγινε εκ των υστέρων η πρόταση μέτρησης με G.P.S. σημείων στην ευρύτερη περιοχή, αλλά αυτό θα απαιτούσε επιπλέον διήμερη επίσκεψη. Παρά την μη εξάρτηση των μετρήσεων στο κρατικό σύστημα οι ακρίβειες που επιτεύχθηκαν παραμένουν.



Εικόνες 34-35: Το στερεομοντέλο της ευρύτερης περιοχής του μνημείου. Είναι δυνατή η στερεοσκοπική παρατήρηση χωρίς όργανα αν ο παρατηρητής κοιτάξει την αριστερή φωτογραφία με το δεξί μάτι και την δεξιά με το αριστερό μάτι.

5.7 Ποιοτική αξιολόγηση της φωτογραφικής μηχανής Canon Mark II:

Κατά την δεύτερη επίσκεψη πάρθηκαν φωτογραφίες με διάφορες ρυθμίσεις της μηχανής Canon Mark II, με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων για τις μετρητικές της ικανότητες.

Συγκεκριμένα ελήφθησαν από το ίδιο σημείο φωτογραφίες του τοίχου με τις παρακάτω ρυθμίσεις: Lcomp10 (3504x2336 pixels-5719KB), Lcomp8 (3504x2336 pixels-2333KB), M1comp8 (3104x2072 pixels-2406KB) και Scomp8 (1728x1152 pixels-1003KB).

Στην συνέχεια έγινε αναγωγή και στις τέσσερις φωτογραφίες και μετρήθηκαν οι εικονοσυντεταγμένες δεκαεννέα φωτοσταθερών (φυσικών και προσημασμένων) και στις τέσσερις φωτογραφίες. Κατά την συσχέτιση των αντίστοιχων εικονοσυντεταγμένων και με την παραδοχή ότι η πλέον αξιόπιστη είναι η Lcomp10, δεν βρέθηκαν ουσιαστικές διαφορές μεταξύ των τεσσάρων ρυθμίσεων. Σαν συνέπεια των παραπάνω κρίνεται ότι σε παρόμοιες εργασίες είναι εξίσου αξιόπιστες οι ρυθμίσεις : Lcomp10, Lcomp8, M1comp8 και Scomp8. Οι υπολογισμοί των παραπάνω υπάρχουν αναλυτικά στο παράρτημα (εδάφιο Π-5).

5.8 Η αποτύπωση των μη ορατών τμημάτων του μνημείου.

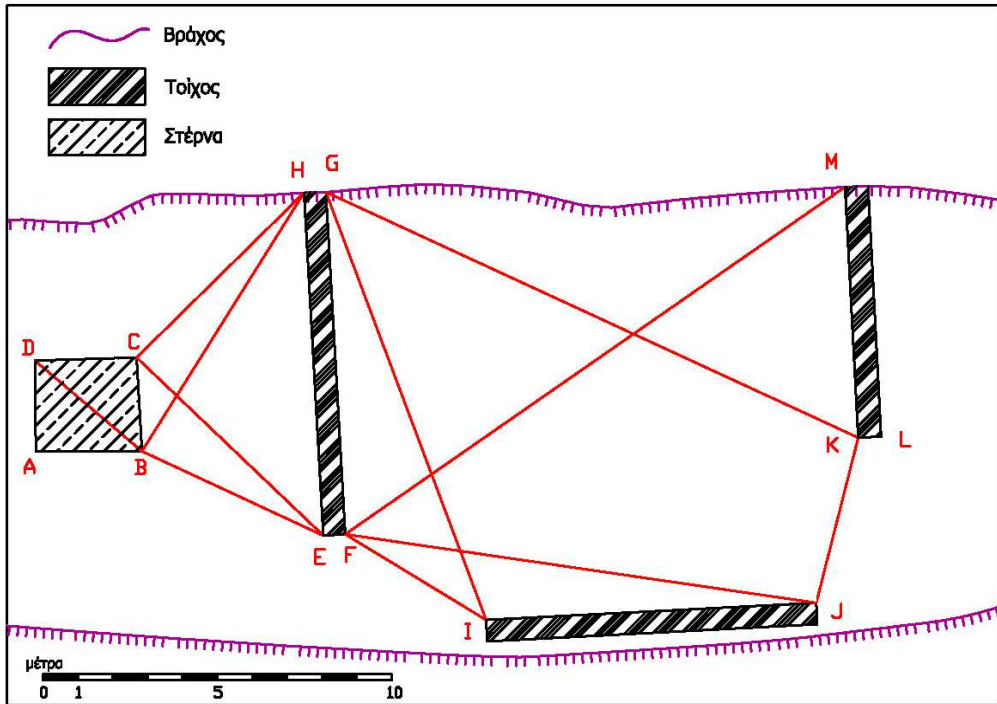
Όπως προαναφέρθη (εδάφιο 4.3) μετρήθηκαν ευρήματα μη ορατά απ' το έδαφος με μετροταινία. Αυτά ήταν ερείπια τειχών και στέρνα της Μονής. Τα ευρήματα τεκμηριώθηκαν με μετροταινία, όπου οι αποστάσεις μετρήθηκαν από ακραία σημεία του τοίχου. Στην συνέχεια έγινε σχεδίαση των παραπάνω στο περιβάλλον του AutoCAD.

Στο σχήμα 5 ο ορατός τοίχος ορίζεται από τα I,J. Μετρήθηκαν με μετροταινία οι αποστάσεις: AB, BC, CD, DA, BD, CH, CE, BH, BE, EF, GI, FI, GK, FM, FJ, GF, MK, KJ, KL και MJ. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

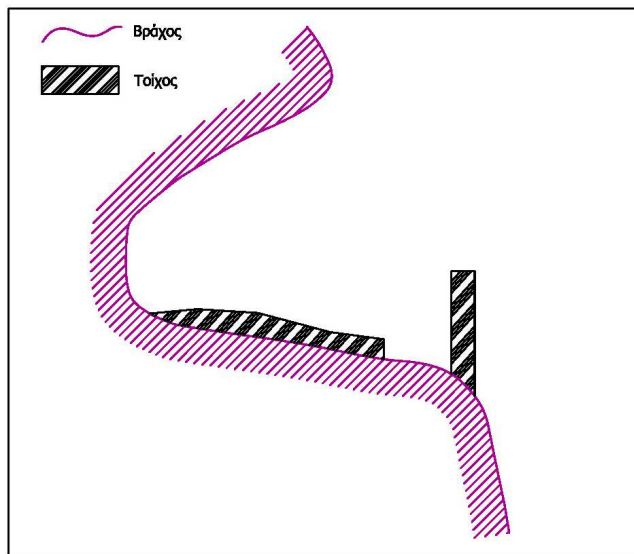
Σημεία	IJ	AB	BC	CD	DA	BD	CH
Απόσταση σε μέτρα	0.948	0.304	0.267	0.292	0.258	0.401	0.671
Σημεία	CE	BH	BE	EF	GI	FI	GK
Απόσταση σε μέτρα	0.737	0.870	0.573	0.063	1.301	472	1.679
Σημεία	FM	FJ	GF	MK	KJ	KL	MJ
Απόσταση σε μέτρα	1.741	1.365	0.975	0.714	0.485	0.066	1.182

Τα σφάλματα της κάθε μέτρησης εκτιμώνται περί τα 2cm λόγω κλίσης του εδάφους. Ευρέθησαν επίσης, δίκτυο αυλακιών λαξεμένων στον βράχο με σκοπό την τροφοδοσία της στέρνας με βρόχινο νερό, καθώς και μονοπάτι που συνδέει τον πύργο με την παραπάνω περιοχή, επίσης λαξεμένο στον βράχο. Ήταν αδύνατο να τεκμηριωθούν τα παραπάνω μόνο με μετροταινία.

Κατά την 2^η επίσκεψη στο μνημείο, μετρήθηκαν από το έδαφος κάποια σημεία (τα 501 έως και 510) τα οποία πιθανόν να ανήκαν στο μονοπάτι, με σκοπό την τεκμηρίωση του μονοπατιού στην στερεοαπόδοση της ευρύτερης περιοχής.



Σχήμα 5: Τα μη ορατά τμήματα του μνημείου.



Σχήμα 6: Σκαρίφημα της τομής του σχήματος 5 στο επίπεδο που είναι κάθετο στο μέσον της ΙJ.

5.9 Η αποτύπωση των μη ορατών τμημάτων του πύργου.

Για την απόδοση της μη ορατής όψης του πύργου επάρθησαν κατά την πρώτη επίσκεψη δύο φωτογραφίες (εικόνες 23-24) με σκοπό την δημιουργία στερομομοντέλου. Οι φωτογραφίες αυτές δεν αξιοποιήθηκαν, καθότι αφ' ενός δεν περιέχουν κάποια σημαντική πληροφορία, αφ' ετέρου δεν είναι δυνατός ο υπολογισμός φωτοσταθερών για τον προσανατολισμό του στερομομοντέλου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΚΡΙΒΕΙΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Ακρίβεια:

Για τον υπολογισμό της ακρίβειας των αναγωγών ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία: Για τα γνωστά σημεία σε κάθε αναγωγή υπολογίστηκαν οι τιμές Δx και Δy οι οποίες ορίζονται από την διαφορά των γεωδαιτικών συντεταγμένων των γνωστών σημείων και τις τιμές όπως προέκυψαν μετά την αναγωγή και την προσαρμογή της ανηγμένης εικόνας στο σχεδιαστικό πακέτο AutoCAD.

Στην συνέχεια υπολογίστηκαν οι παρακάτω παράμετροι.

$$m_{\Delta x} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i}{n} \quad m_{\Delta y} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta y_i}{n}$$

$$rms_{\Delta x} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i^2}{n}} \quad rms_{\Delta y} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta y_i^2}{n}}$$

$$\sigma_{\Delta x} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i - m_{\Delta x})^2}{n-1}} \quad \sigma_{\Delta y} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta y_i - m_{\Delta y})^2}{n-1}}$$

Η ακρίβεια στην απόδοση των όψεων του πύργου και του τοίχου δεν είναι αυτή που απαιτείται στην κλίμακα ένα 1/50. Ο υπολογισμός και η σύγκριση των σφαλμάτων φαίνεται στο παράρτημα, στους πίνακες 1,2,3 και 4. Δεν ήταν δυνατός ο υπολογισμός της ακρίβειας στην στερεοαπόδοση της νότιας όψης του τοίχου όπως επίσης και στο στερεομοντέλο της ευρύτερης περιοχής. (Περισσότερα για τις ακρίβειες στο παράρτημα στα Π-1, Π-2 και Π-3).

Παρότι δεν επιτεύχθηκε η ζητούμενη ακρίβεια, τα αποτελέσματα κρίνονται ως ικανοποιητικά, αν ληφθούν υπόψη οι συνθήκες που έγιναν οι μετρήσεις, το ανάγλυφο της περιοχής και οι οριακές τιμές των αποστάσεων των σημείων λήψης από το αντικείμενο.

6.2 Προτάσεις:

Για την επίτευξη της ζητούμενης ακριβείας αλλά και την πληρέστερη αποτύπωση της συγκεκριμένης περιοχής όπως συνάγεται από την εκπόνηση της παρούσας εργασίας, πρέπει να ικανοποιηθούν οι παρακάτω προϋποθέσεις κυρίως στις εργασίες υπαίθρου.

-Εξειδικευμένος αναρριχητικός εξοπλισμός για την δυνατότητα περισσότερων μετρήσεων και φωτογραφίσεων στο χώρο του μνημείου, αλλά και την δυνατότητα επικόλλησης προσημασμένων φωτοσταθερών στις όψεις του πύργου αλλά και στον βράχο. Ενδεικτικώς αναφέρονται: μακρύτερα σχοινιά (100m αντί των συνηθισμένων 50m που χρησιμοποιούνται στην αναρρίχηση). Ειδικό τρυπάνι για την τοποθέτηση ασφαλειών στο βράχο. Ασφάλειες με χημικό βύσμα. Δύο λεπτότερα σχοινιά (6mm)

μήκους 150m περίπου με σκοπό τον εφοδιασμό με υλικά του συνεργείου που εργάζεται πάνω στο μνημείο. Σύστημα επικοινωνίας των συνεργείων.

-Ταυτόχρονη παρουσία των συνεργείων που διεξήγαγαν τις μετρήσεις πάνω και κάτω στο μνημείο, με σκοπό την επί τόπου επίλυση των προβλημάτων που θα παρουσιάζονταν. Η ικανοποίηση της παραπάνω συνθήκης θα έλυσε προβλήματα που προέκυψαν από την καταστροφή των ειδικών φωτοσταθερών, των προβλημάτων της φωτογράφισης (ελλιπής φωτομέτρηση, λίγες διαθέσιμες φωτογραφίες, μπλοκάρισμα της φωτογραφικής μηχανής κ.α.) και των μετρήσεων που αφορούν τα μη ορατά τμήματα του μνημείου.

-Προσεκτική επιλογή του εξοπλισμού. Στην συγκεκριμένη εργασία, η φωτογράφιση πάνω στο μνημείο έγινε χωρίς φωτόμετρο, με ένα μόνο φιλμ και με μηχανή η οποία έπαψε να λειτουργεί όταν επρόκειτο να ληφθούν οι φωτογραφίες πάνω από το μνημείο. Επίσης ο επίγειος σαρωτής laser δεν συνοδευόταν από τα βασικά ανταλλακτικά με αποτέλεσμα η αστοχία ενός απλού καλωδίου να τον θέσει εκτός λειτουργίας.

-Σχετική άνεση χρόνου διότι για την πραγματοποίηση των εργασιών υπαίθρου απαιτείται κατάλληλος καιρός (σχετική ατμοσφαιρική διαύγεια, έλλειψη υγρασίας, βροχής κ.α.). Επίσης θα μπορούσε να επεκταθεί το πολυγωνομετρικό δίκτυο με σκοπό την εξάρτησή του από το αντίστοιχο κρατικό.

-Ακριβείς φωτογραφίες για την προσημείωση των φυσικών κυρίως φωτοσταθερών (κροκί). Εάν το παραπάνω ικανοποιείτο, με την ύπαρξη για παράδειγμα ενός εκτυπωτή την στιγμή των μετρήσεων, δεν θα υπήρχαν τα προαναφερόμενα προβλήματα (εδάφιο 5.2) στην δυτική όψη του πύργου.

6.3 Συμπεράσματα-σκέψεις:

Η εργασία, λαμβάνοντας υπ' όψιν τις συνθήκες με τις οποίες πραγματοποιήθηκε, κρίνεται ως ικανοποιητική. Η συνεργασία με τα μέλη του εργαστηρίου φωτογραμμετρίας ήταν άψογη, καθώς και η συνεργασία με τον υπεύθυνο του αναρριχητικού πεδίου των Μετεώρων Άρη Μητρονάσιο.

Κρίνεται σκόπιμο να παρατεθούν ορισμένες προσωπικές σκέψεις του γράφοντος, ορώμενες από την σκοπιά κάποιου ο οποίος έχει επιλέξει να ασκεί το επάγγελμα του μουσικού, ωστόσο έχει έντονο ενδιαφέρον για οτιδήποτε προάγει την γνώση και ασκεί το πνεύμα.

Το θέμα της παρούσης εργασίας επιλέχθηκε κυρίως λόγω του μέρους της αναρρίχησης, όπου ήταν και το ομορφότερο κομμάτι της εργασίας. Η διαδικασία των μετρήσεων και φωτογραφήσεων ήταν επίσης μία πολύ ωραία και διδακτική εμπειρία. Όσον αφορά τις εργασίες του γραφείου αυτές κρίνονται μάλλον βαρετές και θα ήταν ευχάριστες και χρήσιμες αν περιορίζονταν στο ένα δέκατο. Η χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών είναι μεν μία μεγάλη βοήθεια στην εκπόνηση των εργασιών του μηχανικού, αλλά ταυτόχρονα (κυρίως η αλόγιστη χρήση) στερεί την έμπνευση και την πνευματική διαύγεια που απαιτείται ώστε να έχει κάποιος επιστημονική σκέψη. Ο μηχανικός εάν επιθυμεί να είναι επιστήμων και όχι απλά ειδικευμένος εργάτης, πρέπει να διαθέτει πρωτοτυπία σκέψης, να έχει πλατιά γνώση έτσι ώστε να έχει πλήρη κατά το δυνατόν εποπτεία των προβλημάτων που καλείται να επιλύσει, αλλά να διαθέτει και την γενικότερη παιδεία που απαιτείται για να αντιληφθεί τις πολύπλευρες συνέπειες των έργων που αναλαμβάνει.

Σχετικά με τις αποτυπώσεις μνημείων, υπάρχουν οι οδηγίες της UNESCO όπου ορίζεται η τεκμηρίωση μνημείων. Προφανώς η αποτύπωση ενός μνημείου αποσκοπεί στο να φέρει στην επιφάνεια την γνώση του παρελθόντος, έτσι ώστε μία κοινωνία να έχει πληρέστερη αντίληψη της προέλευσης της. Η γνώση όμως πρώτα βιώνεται και μετά καταγράφεται. Η καταγραφή από μόνη της αποβαίνει στείρα και τελικά άχρηστη. Χωρίς αυτή την βιωματική γνώση η κοινωνία γίνεται έρμαιο των εξελίξεων χωρίς να έχει την κρίση που απαιτείται για την σωστή χρήση των καινούργιων πραγμάτων. Σύμφωνα με τα παραπάνω ένας σύγχρονος άνθρωπος που πεζοπορεί στα απόκρημνα μονοπάτια των Μετεώρων, θα αντιληφθεί πολύ καλύτερα το παρελθόν του τόπου, ενώ αν ο ίδιος άνθρωπος διάβαζε στο σπίτι του ένα πλήρες κείμενο σχετικά με τα Μετέωρα και τα μνημεία που υπάρχουν εκεί, η γνώση που θα αποκόμιζε θα ήταν στείρα και τελικά άχρηστη.

Η παρούσα εργασία δεν μπορεί προς το παρόν να αξιολογηθεί, αν είναι επιτυχής η όχι. Θα είναι επιτυχής, αν κάποιοι από τους αναγνώστες βρουν τον χρόνο (κάτι πολύ δύσκολο για τον σύγχρονο άνθρωπο) να πραγματοποιήσουν μία επίσκεψη στα Μετέωρα, να περιπλανηθούν ανάμεσα στους βράχους από τα μονοπάτια των βοσκών και των μοναχών και τελικά να αφεθούν στην μαγεία του τοπίου.

Εικόνα 36: Μερική άποψη από το βορειοδυτικό κύριο συγκρότημα των Μετεώρων. Στο κέντρο ο βράχος Phallus. Η κηλίδα στο πάνω μέρος της φωτογραφίας είναι σπάνιο είδος γύπα που ζει στην περιοχή.





Εικόνα 37: Η σάρωση με τον σαρωτή laser (εδάφιο 5.5).



Εικόνα 38: Οι Κώστας και Δημήτρης Παγάνης στην δεύτερη επίσκεψη στο μνημείο.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Π-1. Τα σφάλματα των αναγωγών:

Στους πίνακες 1,2 και 3 παρουσιάζονται οι υπολογισμοί των σφαλμάτων των αναγωγών του τοίχου, της βόρειας όψης του πύργου και της ανατολικής όψης του πύργου αντίστοιχα. Οι συμβολισμοί στους πίνακες είναι ως εξής:

$$m(\Delta x) \Leftrightarrow m_{\Delta x} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i}{n} \qquad m(\Delta y) \Leftrightarrow m_{\Delta y} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta y_i}{n}$$

$$rms(\Delta x) \Leftrightarrow rms_{\Delta x} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i^2}{n}} \qquad rms(\Delta y) \Leftrightarrow rms_{\Delta y} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta y_i^2}{n}}$$

$$\sigma(\Delta x) \Leftrightarrow \sigma_{\Delta x} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i - m_{\Delta x})^2}{n-1}} \qquad \sigma(\Delta y) \Leftrightarrow \sigma_{\Delta y} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta y_i - m_{\Delta y})^2}{n-1}}$$

Πίνακας 1: Ο υπολογισμός των σφαλμάτων της βόρειας όψης του τοίχου.

α/α	Δx	Δy	$\Delta x^* \Delta x$	$\Delta y^* \Delta y$	$\Delta x - m(\Delta x)$	$\Delta y - m(\Delta y)$
401	0,051	-0,016	0,002601	0,000256	0,04288889	-0,00661111
402	0,023	-0,027	0,000529	0,000729	0,01488889	-0,01761111
403	0,056	-0,018	0,003136	0,000324	0,04788889	-0,00861111
404	-0,016	0,028	0,000256	0,000784	-0,02411111	0,03738889
405	-0,01	0,007	0,0001	0,000049	-0,01811111	0,01638889
407	-0,004	-0,011	0,000016	0,000121	-0,01211111	-0,00161111
409	0,003	0,002	0,000009	0,000004	-0,00511111	0,01138889
411	0,022	-0,025	0,000484	0,000625	0,01388889	-0,01561111
420	-0,002	0,027	0,000004	0,000729	-0,01011111	0,03638889
421	0,021	0,017	0,000441	0,000289	0,01288889	0,02638889
422	-0,03	-0,028	0,0009	0,000784	-0,03811111	-0,01861111
423	-0,005	0,006	0,000025	0,000036	-0,01311111	0,01538889
424	-0,03	-0,028	0,0009	0,000784	-0,03811111	-0,01861111
425	0,008	-0,014	0,000064	0,000196	-0,00011111	-0,00461111
426	0,008	-0,039	0,000064	0,001521	-0,00011111	-0,02961111
428	0,027	-0,049	0,000729	0,002401	0,01888889	-0,03961111
429	0,026	-0,03	0,000676	0,0009	0,01788889	-0,02061111
430	-0,002	0,029	0,000004	0,000841	-0,01011111	0,03838889

$m(\Delta x)$	$m(\Delta y)$	$Rms(\Delta x)$	$rms(\Delta y)$	$\sigma(\alpha x)$	$\sigma(\alpha y)$
0,008	-0,009	0,025	0,026	0,024	0,024

Πίνακας 2: Ο υπολογισμός των σφαλμάτων της βόρειας όψης του πύργου.

α/α	Δx	Δy	$\Delta x^* \Delta x$	$\Delta y^* \Delta y$	$\Delta x - m(\Delta x)$	$\Delta y - m(\Delta y)$
201	-0,034	0,038	0,001156	0,001444	-0,04554	0,05253846
202	0,094	0,023	0,008836	0,000529	0,082462	0,03753846
204	-0,023	-0,037	0,000529	0,001369	-0,03454	-0,0224615
205	0,007	-0,062	0,000049	0,003844	-0,00454	-0,0474615
206	-0,043	0,039	0,001849	0,001521	-0,05454	0,05353846
207	-0,008	-0,017	0,000064	0,000289	-0,01954	-0,0024615
208	0,034	-0,033	0,001156	0,001089	0,022462	-0,0184615
209	0,032	-0,019	0,001024	0,000361	0,020462	-0,0044615
210	0,015	-0,063	0,000225	0,003969	0,003462	-0,0484615
211	-0,042	0,009	0,001764	0,000081	-0,05354	0,02353846
212	0,004	0,003	0,000016	0,000009	-0,00754	0,01753846
214	0,041	-0,03	0,001681	0,0009	0,029462	-0,0154615
215	0,073	-0,04	0,005329	0,0016	0,061462	-0,0254615

$m(\Delta x)$	$m(\Delta y)$	Rms(Δx)	rms(Δy)	$\sigma(\sigma_x)$	$\sigma(\sigma_y)$
0,012	-0,015	0,044	0,038	0,043	0,034

Πίνακας 3: Ο υπολογισμός των σφαλμάτων της ανατολικής όψης του πύργου.

α/α	Δx	Δy	$\Delta x^* \Delta x$	$\Delta y^* \Delta y$	$\Delta x - m(\Delta x)$	$\Delta y - m(\Delta y)$
1	-0,011	-0,057	0,000121	0,003249	-0,01417	-0,0491667
2	-0,088	-0,033	0,007744	0,001089	-0,09117	-0,0251667
3	0,035	-0,012	0,001225	0,000144	0,031833	-0,0041667
4	-0,021	-0,019	0,000441	0,000361	-0,02417	-0,0111667
5	0,025	-0,02	0,000625	0,0004	0,021833	-0,0121667
6	0,079	0,094	0,006241	0,008836	0,075833	0,10183333

$m(\Delta x)$	$m(\Delta y)$	Rms(Δx)	rms(Δy)	$\sigma(\sigma_x)$	$\sigma(\sigma_y)$
0,003	-0,008	0,057	0,053	0,057	0,052

Πίνακας 4: Σύγκριση των σφαλμάτων των αναγωγών. (Πίνακες 1-2-3)

	Βόρεια όψη τοίχου	Βόρεια όψη πύργου	Ανατολική όψη πύργου
$m_{\Delta x}$	0,008 m	0,012 m	0,003 m
$m_{\Delta y}$	-0,009 m	-0,015 m	-0,008 m
$rms_{\Delta x}$	$\pm 0,025$ m	$\pm 0,044$ m	$\pm 0,057$ m
$rms_{\Delta y}$	$\pm 0,026$ m	$\pm 0,038$ m	$\pm 0,053$ m
$S_{\Delta x}$	$\pm 0,024$ m	$\pm 0,043$ m	$\pm 0,057$ m
$S_{\Delta y}$	$\pm 0,024$ m	$\pm 0,034$ m	$\pm 0,052$ m

Από τον πίνακα 4 είναι εμφανές ότι η ακρίβεια που επετεύχθη στην βόρεια όψη του τοίχου, είναι διπλάσια από την ακρίβεια που επετεύχθη στις όψεις του πύργου. Αυτό οφείλεται κυρίως στην χρήση προσημασμένων φωτοσταθερών, παρότι η απόσταση λήψης της βόρειας όψης του τοίχου ήταν η μεγαλύτερη.

Τα σφάλματα της δυτικής όψης του πύργου υπολογίστηκαν κατευθείαν από το πρόγραμμα της αναγωγής (ARCHIS) και δίνονται στον πίνακα 5. Προφανώς δεν είναι συγκρίσιμα με τα σφάλματα των παραπάνω πινάκων. Δεν λαμβάνεται υπ' όψιν το σφάλμα αναγνώρισης των φυσικών φωτοσταθερών (εδάφιο 5.2).

Πίνακας 5: Τα σφάλματα της δυτικής όψης του πύργου όπως δίνονται από το ARCHIS

α/α σημείου	303	306	304	311	309	307	315
$\Delta x(m)$	-0,037	0,017	0,013	0,031	0,006	-0,030	0
$\Delta y(m)$	m-0,024	-0,024	-0,003	0,002	0,003	0,011	0



Εικόνα 39: Τα φωτοσταθερά που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσανατολισμό του στερεομοντέλου της ευρύτερης περιοχής. Με κόκκινο τα φωτοσταθερά που χρησιμοποιήθηκαν για την επίλυση της οπισθοτομίας, με κίτρινο αυτά που επισημάνθηκαν για την επίλυση της εμπροσθοτομίας (εδάφια 5.4 και Π-4).

Π-2. Ο υπολογισμός των εξισώσεων των επιπέδων των αναγωγών.

Από την γεωμετρία του χώρου των τριών διαστάσεων είναι γνωστές οι παρακάτω σχέσεις:

1) Η εξίσωση επιπέδου που δεν περνά από την αρχή των αξόνων: $ax+by+cz=1$

ή σε μορφή πινάκων $\mathbf{a}^T \mathbf{x} = 1$ όπου $\mathbf{a}^T = [a \ b \ c]$ και $\mathbf{x}^T = [x \ y \ z]$.

2) Η απόσταση d επιπέδου και σημείου \mathbf{y} όπου: $\mathbf{y}^T = [x_0 \ y_0 \ z_0]$.

$$d = |\mathbf{a}^T \mathbf{y} - 1| \cdot (\mathbf{a}^T \mathbf{a})^{-\frac{1}{2}}$$

Για τον προσδιορισμό των συντελεστών a, b, c απαιτείται να είναι γνωστές οι συντεταγμένες τριών σημείων του επιπέδου. Στα προς αναγωγή επίπεδα τα γνωστά σημεία είναι περισσότερα, οπότε οι συντελεστές a, b, c υπολογίσθηκαν με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.

Είναι γνωστό ότι αν $\mathbf{A} \cdot \mathbf{X} = \mathbf{L} + \mathbf{u}$ η καλύτερη τιμή του \mathbf{X} σύμφωνα με την παραπάνω μέθοδο προκύπτει από τις παρακάτω σχέσεις.

$\mathbf{A}^T \mathbf{A} \mathbf{X} = \mathbf{A}^T \mathbf{L}$ ή αλλιώς $\mathbf{X} = (\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{L}$ όπου:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_n & y_n & z_n \end{bmatrix} \quad \text{ο πίνακας των συντεταγμένων των μετρημένων φωτοσταθερών} \\ \text{(το σημείο } i \text{ έχει συντεταγμένες } x_i, y_i, z_i),$$

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix}, \quad \mathbf{L} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} \quad \text{και} \quad \mathbf{u} = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_n \end{bmatrix} \quad \text{όπου } u_i \text{ το σφάλμα του σημείου } i.$$

Το τυπικό σφάλμα υπολογίζεται από τη σχέση: $\hat{\sigma}_0 = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n u_i^2}{n-3}}$

Η επίλυση των παραπάνω έγινε στο Excel της Microsoft, τα δε αποτελέσματα φαίνονται στους πίνακες 6,7,8 και 9. Στην πρώτη στήλη (α/α) είναι η αρίθμηση των φωτοσταθερών. Τα x, y, z : είναι οι γεωδαιτικές συντεταγμένες σε m και d η απόσταση του σημείου από το συνορθωμένο επίπεδο σε m επίσης. Στο κάτω μέρος κάθε πίνακα αναγράφονται οι συντελεστές a, b, c σε m^{-1} όπως υπολογίσθηκαν με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων καθώς και το τυπικό σφάλμα $\hat{\sigma}_0$ (αδιάστατο). Επειδή το $\hat{\sigma}_0$ στερείται φυσικής σημασίας, υπολογίσθηκε το τυπικό σφάλμα της απόστασης d όπου συμβολίζεται ως $\hat{\sigma}_d$ αναγράφεται στο κάτω δεξί μέρος κάθε πίνακα σε m και υπολογίσθηκε με την εφαρμογή της παρακάτω σχέσης:

$$\hat{\sigma}_d = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n-1}}$$

Πίνακας 6: Το επίπεδο της βόρειας όψης του τοίχου.

α/α	X(m)	y(m)	z(m)	d(m)
401	91,117	203,088	94,069	0,032051
402	90,206	203,512	94,639	0,008913
403	91,41	202,935	93,794	0,057821
404	89,115	203,938	92,72	0,063158
405	89,158	203,977	94,143	0,070822
406	89,366	203,88	94,246	0,054016
407	84,591	205,703	93,478	0,014767
408	84,328	205,816	94,137	0,002423
410	82,723	206,327	92,835	0,072759
411	82,908	206,255	94,117	0,111588
420	84,82	205,605	91,826	0,059523
421	86,011	205,194	91,877	0,114308
422	83,823	205,843	90,627	0,048812
423	85,028	205,488	91,122	0,049312
424	82,721	206,257	91,087	0,084001
425	88,292	204,218	90,76	0,081636
426	86,662	204,946	93,046	0,08695
428	91,295	202,804	91,039	0,135913
429	91,483	202,797	92,387	0,115293
430	89,171	203,875	91,865	0,051902

a(1/m)	b(1/m)	c(1/m)	σ	$\sigma(d)$ (m)
0,001678	0,004236	-0,00014	$\pm 0,000369$	± 0.077

Πίνακας 7: Το επίπεδο της δυτικής όψης του πύργου.

α/α	x(m)	y(m)	z(m)	d(m)
301	128,598	191,134	74,758	0,037321
303	128,559	191,22	78,93	0,001329
304	128,554	191,232	82,52	0,010938
312	128,5	190,998	80,155	0,00547
315	128,412	190,833	85,831	0,031251
311	128,374	190,398	78,875	0,012757
306	128,268	189,993	80,885	0,02462
310	128,303	189,825	85,989	0,067934
313	128,192	189,72	80,87	0,043536

a(1/m)	b(1/m)	c(1/m)	σ	$\sigma(d)$ (m)
0,011212	-0,00233	5,41E-05	$\pm 0,000416$	± 0.035

Πίνακας 8: Το επίπεδο της ανατολικής όψης του πύργου.

α/α	x(m)	y(m)	z(m)	d(m)
1	132,605	190,041	85,617	0,103568
2	132,814	190,179	84,639	0,087173
3	132,775	190,1	82,164	0,042806
4	132,641	189,09	80,501	0,008262
5	132,798	190,474	79,947	0,020744
6	132,786	190,443	74,589	0,015768
7	132,679	189,602	79,164	0,023309

a(1/m)	b(1/m)	c(1/m)	σ	σ(d) (m)
0,008622	-0,00078	4,42E-05	± 0,000634	± 0.06

Πίνακας 9: Το επίπεδο της βόρειας όψης του πύργου.

α/α	X(m)	Y(m)	Z(m)	d(m)
207	128,612	191,268	85,941	0,09481
205	128,694	191,243	80,099	0,049378
203	128,544	191,21	76,835	0,076984
204	128,872	191,224	78,965	0,026135
206	129,185	191,204	82,76	0,027259
210	130,535	191,113	77,888	0,165747
213	130,81	191,099	83,269	0,148761
216	130,941	191,001	86,966	0,039941
211	131,337	190,99	81,35	0,151928
212	131,987	190,787	80,304	0,07574
208	132,197	190,68	79,024	0,019333
209	132,803	190,495	76,721	0,034844
202	132,776	190,439	74,345	0,072046
214	132,864	190,516	83,202	0,065293
215	132,845	190,483	85,231	0,120453
209	132,803	190,495	76,721	0,034844

a(1/m)	b(1/m)	c(1/m)	σ	σ(d) (m)
0,000833	0,004686	-4,5E-05	± 0,000468	± 0.091

Π-3. Ο υπολογισμός του επιπέδου της νότιας όψης του τοίχου.

Στη νότια όψη του τοίχου (μη ορατή από το έδαφος) μετρήθηκαν 3 φωτοσταθερά τα οποία όπως προαναφέρθη (εδάφιο 5.3) είναι συγκεντρωμένα στην δεξιά πλευρά όπως φαίνεται από το έδαφος. Συνεπώς δεν είναι δυνατός ο απόλυτος προσανατολισμός του αντίστοιχου στερεομοντέλου. Η επίλυση του παραπάνω προβλήματος είναι δυνατή αν, αφ' ενός γίνει η παραδοχή ότι η νότια όψη του τοίχου περιγράφεται από επίπεδο E παράλληλο με το επίπεδο της βόρειας όψης του τοίχου (παράρτημα-πίνακας 6) και αφ' ετέρου υπολογισθεί η κλίμακα του στερεομοντέλου. Το επίπεδο E έχει εξίσωση:

$$ax + by + cz = 1 + f \quad (1)$$

όπου a, b, c οι συντελεστές του επιπέδου της βόρειας όψης του τοίχου (πίνακας 6) και f αδιάστατη παράμετρος που συνδέεται με την απόσταση d των παραλλήλων επιπέδων με την σχέση:

$$|f| = d \cdot \sqrt{a^2 + b^2 + c^2} \quad (2)$$

Αντικαθιστώντας στην σχέση (1) τις τιμές των γεωδαιτικών συντεταγμένων x_i, y_i, z_i των φωτοσταθερών με αύξοντες αριθμούς 470-471-472 και τα a, b, c από τον πίνακα 6, προκύπτουν αντίστοιχα τρεις τιμές για το f οι f_1, f_2, f_3 .

$$\left. \begin{aligned} f_1 &= ax_{470} + by_{470} + cz_{470} - 1 \cong -0.00304 \\ f_2 &= ax_{471} + by_{471} + cz_{471} - 1 \cong -0.00252 \\ f_3 &= ax_{472} + by_{472} + cz_{472} - 1 \cong -0.00283 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Υπολογίζεται συνέχεια η βέλτιστη τιμή του f , ως ο αριθμητικός μέσος των f_1, f_2, f_3 .

$$\hat{f} = \frac{f_1 + f_2 + f_3}{3} \cong -0.0028 \quad (4)$$

$$(2) \Leftrightarrow \hat{d} = \frac{|\hat{f}|}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}} \stackrel{(4)}{\Rightarrow} \hat{d} \cong 0.61\text{m}$$

Από την τιμή του \hat{d} συνάγεται ότι το πάχος του τοίχου είναι 61cm, τιμή που συμφωνεί με τις επιτόπιες μετρήσεις (5.8).

Η κλίμακα του στερεομοντέλου προέκυψε από τις γεωδαιτικές συντεταγμένες των φωτοσταθερών με αύξοντες αριθμούς 470 και 472, οι οποίες εισήχθησαν στο περιβάλλον του S.S.K. και μαζί με τα αποτελέσματα οπισθοτομίας που έγινε στο ίδιο πρόγραμμα, κατέστη δυνατός ο εξωτερικός προσανατολισμός των δύο στερεομοντέλων. Από τα παραπάνω συνάγεται ότι το σφάλμα στην θέση του επιπέδου της νότιας όψης του τοίχου είναι της τάξης των 5cm. Λόγω των παραπάνω παραδοχών δεν είναι δυνατόν να υπολογισθεί το σφάλμα στον απόλυτο προσανατολισμό του παραπάνω στερεομοντέλου.

Π-4. Ο υπολογισμός του στερεομοντέλου της ευρύτερης περιοχής.

Στο εδάφιο 5.4 αναφέρεται ο τρόπος υπολογισμού του στερεομοντέλου της ευρύτερης περιοχής. Η μέθοδος της οπισθοτομίας συνίσταται στον υπολογισμό των γεωδαιτικών συντεταγμένων X_0, Y_0, Z_0 , του σημείου λήψης καθώς και των γωνιών στροφής ω, φ, κ , του άξονα της φωτογραφίας με τους γεωδαιτικούς άξονες x, y, z αντίστοιχα. Είναι γνωστό ότι: $(\xi, \eta) = f[c, \xi_0, \eta_0, (X - X_0), (Y - Y_0), (Z - Z_0)]$ (1)¹
 Όπου: ξ, η οι εικονοσυντεταγμένες σημείου με γεωδαιτικές συντεταγμένες X_0, Y_0, Z_0 , c η σταθερά της μηχανής, ω, φ, κ οι γωνίες στροφής και ξ_0, η_0 οι εικονοσυντεταγμένες του πρωτεύοντος σημείου. Αν υπάρχουν τουλάχιστον 5 σημεία με γνωστές εικονοσυντεταγμένες και γεωδαιτικές συντεταγμένες, ενώ παράλληλα είναι γνωστός και ο εσωτερικός προσανατολισμός της μηχανής (ξ_0, η_0) , είναι δυνατόν να υπολογισθούν από την σχέση (1) τα στοιχεία του εσωτερικού προσανατολισμού της φωτογραφίας $(X_0, Y_0, Z_0, \omega, \varphi, \kappa)$.

Χρησιμοποιήθηκαν 12 φωτοσταθερά τα οποία βρίσκονται στον πύργο και στον τοίχο, δηλαδή σε μια στενή λωρίδα γύρω από τον οριζόντιο άξονα της κάθε φωτογραφίας, με αποτέλεσμα να υπάρχουν μεγάλα σφάλματα στους υπολογισμούς. Στους πίνακες αναγράφονται οι συντεταγμένες των φωτοσταθερών, οι συντεταγμένες του σημείου λήψης, τα σφάλματα των σημείων και ο πίνακας μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας.

Η μέθοδος της εμπροσθοτομίας συνίσταται στον υπολογισμό των γεωδαιτικών συντεταγμένων X, Y, Z σημείου με γνωστές εικονοσυντεταγμένες ξ, η και στις δύο φωτογραφίες του στερεομοντέλου, όντας γνωστά τα $c, \omega, \varphi, \kappa, \xi_0, \eta_0, X_0, Y_0, Z_0$ και των δύο φωτογραφιών. Επισημάνθηκαν 22 φωτοσταθερά όπου στον πίνακα αναγράφονται οι γεωδαιτικές τους συντεταγμένες όπως υπολογίσθηκαν.

Τα προγράμματα οπισθοτομίας και εμπροσθοτομίας έχουν συνταχθεί από τον Ι. Τ. Σκόνδρα και υπάρχουν στην διπλωματική του εργασία.

¹ Η σχέση (1) επακριβώς γράφεται: $\xi = \xi_0 - c \cdot \frac{r_{11}(X - X_0) + r_{21}(Y - Y_0) + r_{31}(Z - Z_0)}{r_{13}(X - X_0) + r_{23}(Y - Y_0) + r_{33}(Z - Z_0)}$

$$\eta = \eta_0 - c \cdot \frac{r_{12}(X - X_0) + r_{22}(Y - Y_0) + r_{32}(Z - Z_0)}{r_{13}(X - X_0) + r_{23}(Y - Y_0) + r_{33}(Z - Z_0)}$$

όπου c η κλίμακα ενώ τα r_{ij} είναι συνάρτηση των γωνιών στροφής ω, φ, κ και περιγράφονται από τον πίνακα στροφής \mathbf{R} που δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \kappa \cdot \cos \varphi & -\sin \kappa \cdot \cos \varphi & \sin \varphi \\ \sin \kappa \cdot \cos \omega + \cos \kappa \cdot \sin \varphi \cdot \sin \omega & \cos \kappa \cdot \cos \omega - \sin \kappa \cdot \sin \varphi \cdot \sin \omega & -\cos \varphi \cdot \sin \omega \\ \sin \omega \cdot \sin \kappa - \cos \kappa \cdot \sin \varphi \cdot \cos \omega & \cos \kappa \cdot \sin \omega + \sin \kappa \cdot \sin \varphi \cdot \cos \omega & \cos \varphi \cdot \cos \omega \end{bmatrix}$$

Η οπισθοτομία επιλύεται με την μέθοδο των διαδοχικών προσεγγίσεων θέτοντας αρχικές τιμές στους αγνώστους, ενώ η εμπροσθοτομία επιλύεται κατ' ευθείαν από την (1) αν εφαρμοστεί και στις δύο φωτογραφίες του στερεοζεύγους.

Πίνακας 10: Οι γεωδαιτικές συντεταγμένες (X,Y,Z) και οι εικονοσυντεταγμένες των σημείων της αριστερής { ξ(αρ),η(αρ) } και δεξιάς { ξ(δεξ),η(δεξ) } φωτογραφίας, διορθωμένες με βάση τα στοιχεία του εξωτερικού προσανατολισμού και μετρημένες σε αυθαίρετο σύστημα.

α/α	X	Y	Z	ξ(αρ.)	η(αρ.)	ξ(δεξ.)	η(δεξ.)
215	132.845	190.483	85.231	155.2645	111.7225		
207	128.612	191.268	85.941	158.4748	112.1035		
213	130.810	191.099	83.269	156.8547	110.1649	214.9186	105.0608
208	132.197	190.680	79.024	155.4648	107.1254	213.5246	101.7883
202	132.776	190.439	74.345	154.9637	103.5549	213.0619	98.0189
201	128.573	191.184	74.999	157.9812	103.5421	216.3988	98.1757
403	91.410	202.935	93.794	185.3912	114.3970	245.8781	111.3114
401	91.117	203.088	94.069	185.6099	114.5829	246.0834	111.5242
402	90.206	203.512	94.639	186.2931	114.9278	246.8175	111.9255
404	89.115	203.938	92.720	187.0709	113.5500	247.7130	110.5239
408	84.328	205.816	94.137	190.4729	114.2141	251.3945	111.4048
407	84.591	205.703	93.478	190.2907	113.7795	251.1999	110.9345
471	83.866	205.382	93.542	190.5006	113.6837	251.4881	110.8453
472	83.842	205.325	93.784	190.4748	113.8408	251.4606	111.0193
410	82.723	206.327	92.835	191.5525	113.2176	252.6007	110.4182
470	82.283	205.908	94.211	191.5582	114.0263	252.6348	111.2599
411	82.908	206.255	94.117	191.4081	114.0855	252.4167	111.3291

Πίνακας 11: Τα στοιχεία του εξωτερικού προσανατολισμού και τα σχετικά σφάλματα του στερεομοντέλου της ευρύτερης περιοχής.

	$X_0(m)$	$Y_0(m)$	$Z_0(m)$	$\omega(grad)$	$\varphi(grad)$	$\kappa(grad)$	$\sigma_0(m)$
Αριστερή φωτογ.	98.546	125.456	78.269	509.33034	183.2037	204.9132	0.124
Δεξιά φωτογ.	89.526	132.715	94.922	500.4094	183.8501	204.0907	0.122

Πίνακας 12: Ο πίνακας μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας των στοιχείων του εξωτερικού προσανατολισμού της αριστερής φωτογραφίας ($X_0, Y_0, Z_0, \omega, \varphi, \kappa$).

$$V_x = \begin{bmatrix} 3.219 & -0.0896 & 1.0017 & -0.0152 & 0.0392 & 0.00628 \\ -0.0896 & 1.8222 & -10.764 & 0.01549 & -0.0038 & -0.0491 \\ 1.0017 & -10.764 & 64.635 & -0.9301 & 0.02822 & 0.2952 \\ -0.0152 & 0.01549 & -0.9301 & 0.0134 & -0.000416 & -0.00425 \\ 0.0392 & -0.0038 & 0.02822 & -0.000416 & 0.000482 & 0.00015 \\ 0.00628 & -0.0491 & 0.2952 & -0.00425 & 0.00015 & 0.001355 \end{bmatrix}$$

Πίνακας 13: Ο πίνακας μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας των στοιχείων του εξωτερικού προσανατολισμού της δεξιάς φωτογραφίας ($X_0, Y_0, Z_0, \omega, \varphi, \kappa$).

$$V_x = \begin{bmatrix} 2.4223 & -0.2961 & 2.8877 & -0.04458 & 0.03273 & 0.0158 \\ -0.2961 & 0.2285 & 0.8235 & -0.01224 & -0.00403 & 0.00263 \\ 2.8877 & 0.8235 & 11.401 & -0.1727 & 0.03904 & 0.04963 \\ -0.04458 & -0.01224 & -0.1727 & 0.00262 & -0.000603 & -0.000754 \\ 0.03273 & -0.00403 & 0.03904 & -0.000603 & 0.000443 & 0.000213 \\ 0.0158 & 0.00263 & 0.04963 & -0.000754 & 0.000213 & 0.000226 \end{bmatrix}$$

Πίνακας 14: Τα απομένοντα σφάλματα $\Delta X, \Delta Y$ στην αριστερή και δεξιά φωτογραφία όπως υπολογίσθηκαν μετά την συνόρθωση.

a/a	X(αριστερή)	Y(αριστερή)	X(δεξιά)	Y(δεξιά)
213	0.19	-0.04	0.06	-0.22
208	-0.02	-0.19	0.17	-0.13
202	-0.09	0.01	-0.05	0.09
201	-0.11	0.15	-0.24	0.20
403	0.08	0.09	0.07	0.04
401	0.07	0.06	0.10	0.02
402	0.03	0.01	0.07	0.01
404	-0.06	0.02	-0.07	-0.04
408	-0.181	-0.09	-0.14	-0.04
407	-0.19	-0.07	-0.16	-0.04
471	0.173	0.07	0.13	0.05
472	0.23	0.08	0.18	0.05
410	-0.19	-0.08	-0.20	-0.06
470	0.21	0.05	0.18	0.07
411	-0.15	-0.08	-0.10	-0.03

Πίνακας 15: Οι γεωδαιτικές συντεταγμένες (X,Y,Z) σε μέτρα, όπως υπολογίσθηκαν με εμπροσθοτομία (Τα f_i φαίνονται στην εικόνα 35).

a/a	X(m)	Y(m)	Z(m)	a/a	X(m)	Y(m)	Z(m)
f 1	103,54	198,78	86,91	f 12	114,42	197,5	81,52
f 2	95,47	185,95	93,35	f 13	104,39	196,85	81,76
f 3	95,91	185,95	82,11	f 14	125,02	197,36	95,36
f 4	96,14	203,1	99,39	f 15	125,97	191,31	100,94
f 5	91,14	172,54	92,34	f 16	125,95	196,09	75,77
f 6	80,79	206,84	78,9	f 17	132,24	194,76	67,16
f 7	104,91	199,21	97,11	f 18	94,05	196,94	74,86
f 8	117,01	194,53	99,05	f 19	133,68	199,45	56,98
f 9	118,36	194,63	94,16	f 20	94,76	199,31	65,43
f 10	109,9	195,81	107,85	f 21	106,51	204,45	64,39
f 11	91,72	202,92	110,64	f 22	82,15	205,63	67,54

Π-5. Ποιοτική αξιολόγηση της μηχανής Canon Mark II. Υπολογισμοί:

Η διαδικασία της εξαγωγής των όσων γράφονται στο εδάφιο 5.7 έχει ως εξής: Με την παραπάνω φωτομηχανή επάρθησαν 4 φωτογραφίες του ίδιου θέματος (βόρεια όψη του τοίχου), χωρίς τρίποδο και με ρυθμίσεις αντίστοιχα: Lcomp10 (3504x2336 pixels-5719KB), Lcomp8 (3504x2336 pixels-2333KB), M1comp8 (3104x2072 pixels-2406KB) και Scomp8 (1728x1152 pixels-1003KB). Στην συνέχεια έγινε αναγωγή κατά τα γνωστά στις τέσσερις φωτογραφίες και μετρήθηκαν οι εικονοσυντεταγμένες 19 φωτοσταθερών σε αυθαίρετο σύστημα συντεταγμένων.

Το φωτοσταθερό i έχει εικονοσυντεταγμένες: $x_{1i}, y_{1i} - x_{2i}, y_{2i} - x_{3i}, y_{3i} - x_{4i}, y_{4i}$ αντίστοιχα στις ανηγμένες εικόνες με ρυθμίσεις: Lcomp10, Lcomp8, M1comp8 και Scomp8. Θεωρώντας ως πλέον αξιόπιστες τις εικονοσυντεταγμένες της εικόνας με ρυθμίσεις Lcomp10 υπολογίσθηκαν για κάθε φωτοσταθερό οι ποσότητες:

$$\Delta x_{2i} = x_{2i} - x_{1i}, \quad \Delta y_{2i} = y_{2i} - y_{1i}, \quad \Delta x_{3i} = x_{3i} - x_{1i}, \quad \Delta y_{3i} = y_{3i} - y_{1i},$$

$$\Delta x_{4i} = x_{4i} - x_{1i}, \quad \Delta y_{4i} = y_{4i} - y_{1i} \quad \text{και στην συνέχεια οι ποσότητες:}$$

$$m_{x_2} = \frac{\sum_{i=1}^{19} \Delta x_{2i}}{19}, \quad m_{y_2} = \frac{\sum_{i=1}^{19} \Delta y_{2i}}{19}, \quad m_{x_3} = \frac{\sum_{i=1}^{19} \Delta x_{3i}}{19}, \quad m_{y_3} = \frac{\sum_{i=1}^{19} \Delta y_{3i}}{19},$$

$$m_{x_4} = \frac{\sum_{i=1}^{19} \Delta x_{4i}}{19}, \quad m_{y_4} = \frac{\sum_{i=1}^{19} \Delta y_{4i}}{19}, \quad rms_{\Delta x_2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{19} (\Delta x_{2i})^2}{19}}, \quad rms_{\Delta y_2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{19} (\Delta y_{2i})^2}{19}},$$

$$rms_{\Delta x_3} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{19} (\Delta x_{3i})^2}{19}}, \quad rms_{\Delta y_3} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{19} (\Delta y_{3i})^2}{19}}, \quad rms_{\Delta x_4} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{19} (\Delta x_{4i})^2}{19}},$$

$$rms_{\Delta y_4} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{19} (\Delta y_{4i})^2}{19}}. \quad \text{Τα εξαγόμενα φαίνονται στον πίνακα 16. Λόγω του}$$

αυθαίρετου συστήματος συντεταγμένων τα παραπάνω εξαγόμενα μπορούν μόνο να συγκριθούν μεταξύ τους. Είναι προφανές από τα εξαγόμενα του πίνακα 16 ότι δεν υπάρχει διαφορά στα σφάλματα των τριών ρυθμίσεων.

Πίνακας 16: Ποιοτική αξιολόγηση της μηχανής Canon Mark II.

	Δx_{ki}	Δy_{ki}	$rms_{\Delta xk}$	$rms_{\Delta yk}$
Lcomp8(k=2)	-2.2	0.5	7.6	5.5
M1comp8(k=3)	1.1	0.6	6.7	7.1
Scomp8 (k=4)	6.6	-1.3	3.5	2.5

Π-6. Επίλυση οδεύσεων και ταχυμετριών.

Η όδευση και τα φωτοσταθερά μετρήθηκαν με τον γεωδαιτικό σταθμό TCR 705 της Leica. Το συγκεκριμένο όργανο έχει ακρίβεια μέτρησης γωνιών 15^{cc}, ακρίβεια μέτρησης μηκών 1mm ± 1ppm με κατάφωτο και 5mm με laser.

Πίνακας 17: Επίλυση όδευσης.

Τύπος όδευσης: Τυφλή. Τύπος εδάφους: Ομαλό.

Κορυφή	Γωνία β Γωνία α	S	X ΔX	Y ΔY	H ΔH
α Αφετηρίας:	200.0000				
S1	344.8631	54.327	200.000	200.000	20.000
	200.0000		-41.386	35.194	9.819
S2	188.8619	68.945	158.614	235.194	29.819
	344.8631		-59.495	34.839	8.826
S3			99.119	270.033	38.645
	333.7250				

Πίνακες 18-19-20-21: Επίλυση ταχυμετριών.

Στάση:	S1	X:	200.000	Y:	200.000	H:	20.000	Ύψος οργάνου:	1.497
Αφετηρία:	SOB	X:	200.000	Y:	300.000	H:	20.000	Γωνία αφετηρίας:	0,0000

A/A	Ύψος σκόπ.	Οριζόν. γωνία	Κατακ. γωνία	Κεκλιμ. απόσταση	Οριζόν. απόσταση	Υψομετρ. διαφορά	X	Y	H	Κωδικός
1	0.000	290.6600	51.9292	93.557	68.127	65.617	132.605	190.041	85.617	1FSF
2	0.000	290.7598	52.3117	92.723	67.900	64.639	132.814	190.179	84.639	1FSF
3	0.000	290.6914	53.6025	91.093	67.951	62.164	132.775	190.100	82.164	1FSF
4	0.000	289.7779	54.6122	90.211	68.237	60.501	132.641	189.090	80.501	1FSF
5	0.000	291.0353	54.7416	89.574	67.874	59.947	132.798	190.474	79.947	1FSF
6	0.000	291.0083	57.7494	86.186	67.890	54.589	132.786	190.443	74.589	1FSF
7	0.000	290.2443	55.2788	89.252	68.119	59.164	132.679	189.602	79.164	1FSF
8	0.000	289.0456	53.8440	92.218	69.022	62.651	131.997	188.182	82.651	1FSF

Στάση:	S3	X:	99.119	Y:	270.033	H:	38.645	Ύψος οργάνου:	1.622
Αφετηρία:	S2	X:	158.614	Y:	235.194	H:	29.819	Γωνία αφετηρίας:	400.000

A/A	Ύψος σκόπ.	Οριζόν. γωνία	Κατακ. γωνία	Κεκλιμ. απόσταση	Οριζόν. απόσταση	Υψομετρ. διαφορά	X	Y	H	Κωδικός
401	0.000	73.8486	57.1236	86.258	67.421	55.424	91.117	203.088	94.069	4FSP
402	0.000	74.7547	56.6542	86.377	67.115	55.994	90.206	203.512	94.639	4FSP
403	0.000	73.5579	57.3367	86.180	67.540	55.149	91.410	202.935	93.794	4FSP
404	0.000	75.8381	57.6455	84.972	66.848	54.075	89.115	203.938	92.720	4FSP
405	0.000	75.8037	56.7947	85.822	66.803	55.498	89.158	203.977	94.143	4FSP
406	0.000	75.5938	56.7654	85.938	66.868	55.601	89.366	203.880	94.246	4FSP

A/A	Υψος σκόπ.	Οριζόν. γωνία	Κατακ. γωνία	Κεκλιμ. απόσταση	Οριζόν. απόσταση	Υψομετρ. διαφορά	X	Y	H	Κωδικός
407	0.000	80.4149	56.7809	84.741	65.950	54.833	84.591	205.703	93.478	4FSP
408	0.000	80.6875	56.3733	85.116	65.898	55.492	84.328	205.816	94.137	4FSP
409	0.000	79.5458	56.2584	85.396	66.017	55.788	85.457	205.445	94.433	4FSP
410	0.000	82.3121	57.0796	84.207	65.782	54.190	82.723	206.327	92.835	4FSP
411	0.000	82.1216	56.3409	85.032	65.806	55.472	82.908	206.255	94.117	4FSP
470	0.000	82.6209	56.5189	85.473	66.298	55.566	82.283	205.908	94.211	4FSP
471	0.000	81.0248	56.9669	85.152	66.426	54.897	83.866	205.382	93.542	4FSP
472	0.000	81.0352	56.8545	85.351	66.487	55.139	83.842	205.325	93.784	4FSP
420	0.000	80.1791	57.7804	83.750	65.996	53.181	84.820	205.605	91.826	4FSF
421	0.000	78.9738	57.8225	83.903	66.151	53.232	86.011	205.194	91.877	4FSF
422	0.000	81.1678	58.5012	83.010	65.988	51.982	83.823	205.843	90.627	4FSF
423	0.000	79.9584	58.2367	83.373	66.065	52.477	85.028	205.488	91.122	4FSF
424	0.000	82.2969	58.1575	83.182	65.851	52.442	82.721	206.257	91087	4FSF
425	0.000	76.6551	58.7494	83.658	66.700	52.115	88.292	204.218	90.760	4FSF
426	0.000	78.3135	57.1839	84.719	66.268	54.401	86.662	204.946	93.046	4FSF
427	0.000	77.2075	56.1567	87.053	67.210	56.947	87.634	203.812	95.592	4FSF
428	0.000	73.6505	59.0282	84.611	67.683	52.394	91.295	202.804	91.039	4FSF
429	0.000	73.4743	58.2180	85.415	67.668	53.742	91.483	202.797	92.387	4FSF
430	0.000	75.7766	58.1774	84.489	66.902	53.220	89.171	203.875	91.865	4FSF
201	0.000	43.5163	75.0865	91.057	84.171	36.354	128.573	191.184	74.999	FSF
202	0.000	40.8072	76.0886	92.896	86.418	35.700	132.776	190.439	74.345	2FSF
203	0.000	43.5297	73.8993	91.741	84.136	38.190	128.544	191.210	76.835	2FSF
204	0.000	43.2939	72.5863	92.704	84.239	40.320	128.872	191.224	78.965	2FSF
205	0.000	43.4145	71.8584	93.110	84.158	41.454	128.694	191.243	80.099	2FSF
206	0.000	43.0782	70.2980	94.467	84.368	44.115	129.185	191.204	82.760	2FSF
207	0.000	43.4662	68.3292	95.709	84.106	47.296	128.612	191.268	85.941	2FSF
208	0.000	41.1324	73.0381	94.305	85.971	40.379	132.197	190.680	79.024	2FSF
209	0.000	40.7723	74.5772	93.756	86.377	38.076	132.803	190.495	76.721	2FSF
210	0.000	42.1574	73.4581	92.903	84.943	39.243	130.535	191.113	77.888	2FSF
211	0.000	41.6356	71.4433	94.731	85.357	42.705	131.337	190.990	81.350	2FSF
212	0.000	41.2459	72.2037	94.676	85.792	41.659	131.987	190.787	80.304	2FSF
213	0.000	41.9696	70.2014	95.312	85.058	44.624	130.810	191.099	83.269	2FSF
214	0.000	40.7253	70.6352	96.465	86.381	44.557	132.864	190.516	83.202	2FSF
215	0.000	40.7476	69.4543	97.405	86.404	46.586	132.845	190.483	85.231	2FSF
216	0.000	41.9064	68.0809	97.159	85.198	48.321	130.941	191.001	86.966	2FSF
217	0.000	42.9794	79.4594	92.000	87.250	30.794	130.339	188.559	69.439	2FSF
218	0.000	43.1936	77.7293	90.690	85.195	32.705	129.335	190.377	71.350	2FSF
219	0.000	41.3188	80.7422	89.250	85.195	28.211	131.668	191.300	66.856	2FSF
220	0.000	43.6359	80.4407	87.999	83.876	28.236	128.322	191.405	66.881	2FSF
221	0.000	80.6096	67.6620	64.968	56.763	33.223	86.446	214.702	71.868	2FSF
222	0.000	66.0513	63.9716	90.799	76.640	50.309	99.389	193.393	88.954	2FSF
501	0.000	52.3153	67.3455	101.648	88.564	51.505	118.384	183.589	90.150	EDAF
502	0.000	53.6189	66.2162	101.727	87.734	53.108	116.446	184.027	91.753	EDAF
503	0.000	54.8382	65.2849	101.620	86.880	54.331	114.643	184.552	92.976	EDAF
504	0.000	56.1203	64.6656	100.461	85.378	54.562	112.680	185.739	93.207	EDAF
505	0.000	57.3618	64.1117	99.827	84.378	54.964	110.894	186.481	93.609	EDAF
506	0.000	59.8113	63.1144	98.655	82.552	55.638	107.486	187.907	94.283	EDAF

A/A	Ύψος σκόπ.	Οριζόν. γωνία	Κατακ. γωνία	Κεκλιμ. απόσταση	Οριζόν. απόσταση	Υψομετρ. διαφορά	X	Y	H	Κωδικός
507	0.000	62.1395	62.1715	97.634	80.897	56.283	104.371	189.307	94.928	EDAF
508	0.000	63.2557	61.7581	97.208	80.188	56.567	102.921	189.935	95.212	EDAF
509	0.000	65.1929	61.2913	95.623	78.490	56.253	100.453	191.554	94.898	EDAF
510	0.000	66.7052	60.8789	95.165	77.753	56.491	98.594	192.282	95.136	EDAF
511	0.000	52.0838	59.0342	114.296	91.435	70.199	119.333	180.860	108.844	EDAF
301	0.000	43.5114	75.2571	91.017	84.227	36.113	128.598	191.134	74.758	3FSF
302	0.000	43.5177	73.6617	91.877	84.123	38.559	128.554	191.228	77.204	3FSF
303	0.000	43.5165	72.5775	92.592	84.132	40.285	128.559	191.220	78.930	3FSF
304	0.000	43.5166	70.3672	94.136	84.119	43.875	128.554	191.232	82.520	3FSF
305	0.000	43.5615	68.0986	97.105	85.164	48.271	128.864	190.232	86.916	3FSF
306	0.000	44.0411	71.6752	94.373	85.183	42.240	128.268	189.993	80.885	3FSF
307	0.000	44.4108	70.5611	96.246	86.135	44.560	128.124	188.928	83.205	3FSF
308	0.000	44.4165	69.8544	96.718	86.073	45.729	128.096	188.984	84.374	3FSF
309	0.000	44.4184	69.8544	96.733	86.087	45.735	128.098	188.970	84.380	3FSF
310	0.000	44.0592	68.6928	96.829	85.352	47.344	128.303	189.825	85.989	3FSF
311	0.000	43.8621	72.8130	93.212	84.838	40.230	128.374	190.398	78.875	3FSF
312	0.000	43.6171	71.8710	93.280	84.319	41.510	128.500	190.998	80.155	3FSF
313	0.000	44.1639	71.7512	94.575	85.414	42.225	128.192	189.720	80.870	3FSF
314	0.000	44.4246	70.6055	96.433	86.333	44.583	128.172	188.736	83.228	3FSF
315	0.000	43.7223	68.5008	95.954	84.444	47.186	128.412	190.833	85.831	3FSF

Π-6. Τα σχέδια του στερεομοντέλου της ευρύτερης περιοχής.

Δεν έγιναν τα σχέδια του στερεομοντέλου της ευρύτερης περιοχής λόγω προβλημάτων με το πρόγραμμα SSK. Τα στοιχεία του προσανατολισμού και το στερεομοντέλο υπάρχουν στον συνημμένο δίσκο ακτίνας (CD).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Α.Μ. Αγατζά -Μπαλοδήμου:** «Θεωρία σφαλμάτων & συνορθώσεις Ι» τμήμα εκδόσεων. Ε.Μ.Π. (2000).
- Ν. Α. Βέη:** «Συμβολή εις την ιστορία των μονών των Μετεώρων», Βυζαντίς 1 (1909)
- Ι. Κ. Βογιατζίδη:** «Μικρά ανέκδοτα των Μετεώρων», Δελτίον Ιστορ. και Εθνολογ. Εταιρίας Ελλάδος 7 (1910 [-1918]).
- Α. Δερμάνης:** «Γραμμική άλγεβρα και θεωρία πινάκων», εκδόσεις Ζήτη /Θεσσαλονίκη (1985).
- Α. Δερμάνης:** «Συνορθώσεις παρατηρήσεων και θεωρία εκτίμησης-τόμος 1», εκδόσεις Ζήτη /Θεσσαλονίκη (1986).
- Άρης Θεοδωρόπουλος:** «Αναρρίχηση» εκδόσεις Ανάβαση (2001).
- Άρης Θεοδωρόπουλος:** «Σημειώσεις από την σχολή αναρρίχησης» (1996).
- Χ. Ιωαννίδης:** «Φωτογραμμετρία ΙΙ συμπληρωματικές σημειώσεις», σημειώσεις Σ.Α.Τ.Μ. Ε.Μ.Π. (Αθήνα 2005).
- Γ. Καρράς:** «Γραμμικοί μετασχηματισμοί συντεταγμένων στην φωτογραμμετρία», σημειώσεις Σ.Α.Τ.Μ. Ε.Μ.Π. (Αθήνα 1995).
- Karl Kraus:** «Φωτογραμμετρία-τόμος 1», τμήμα εκδόσεων Τ.Ε.Ε (2003).
- Σπ. Λάμπρου:** «Συμβολαί εις την ιστορία των μονών των Μετεώρων» Νέος Ελληνομνήμων 2 (1905).
- Γ. Μακρής:** «Σύγχρονες αντιλήψεις και πρακτικές γεωμετρικής τεκμηριώσεις - αποτύπωσης κειμηλίων, μνημείων και συνόλων», Ε.Μ.Π. (Αθήνα 1999).
- Νίκος Μελάς:** «Μετέωρα», περιοδικό διαδρομές με τραίνο τεύχος Νο 5 (2004).
- Α. Μητρονάσιος:** «Μετέωρα», περιοδικό Ανεβαίνοντας τεύχος Νο 5 (1999).
- Θεοχάρης Μ. Προβατάκης:** «Μετέωρα», εκδόσεις Μιχάλης Τουμπής-Αθήνα.
- Ιωάννης Τ. Σκόνδρας:** «Εικονιστικά προϊόντα για την γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείων, εφαρμογή στον τάφο Ατρέα Μυκηνών», διπλωματική εργασία Σ.Α.Τ.Μ. Ε.Μ.Π. (Αθήνα 2006).
- Δ. Σοφιανός:** «Τα χειρόγραφα των Μετεώρων τόμος ΙV», εκδόσεις Ακαδημίας Αθηνών (1993).
- Heinz Lothar Stutte & Dietrich Hasse:** «Meteora», εκδόσεις Stutte Verlag (1986).
- Heinz Lothar Stutte & Dietrich Hasse:** «Meteora band ΙΙ», εκδόσεις Stutte Verlag (2000).