



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ**

**Ο ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΤΩΝ
ΠΑΛΑΙΟΧΡΙΣΤΙΑΝΙΚΩΝ
ΒΑΣΙΛΙΚΩΝ ΑΖΩΡΟΥ ΚΑΙ ΜΗΛΕΑΣ**



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΑΛΛΙΑΡΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δ. Δ. ΜΠΑΛΟΔΗΜΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ: ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ ΛΑΜΠΡΟΥ
ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΑΝΤΑΖΗΣ

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2004



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ**

**Ο ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΤΩΝ
ΠΑΛΑΙΟΧΡΙΣΤΙΑΝΙΚΩΝ
ΒΑΣΙΛΙΚΩΝ ΑΖΩΡΟΥ ΚΑΙ ΜΗΛΕΑΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΑΛΛΙΑΡΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δ. Δ. ΜΠΑΛΟΔΗΜΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ: ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ ΛΑΜΠΡΟΥ
ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΑΝΤΑΖΗΣ

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2004

Η ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΜΝΗΜΕΙΟΥ

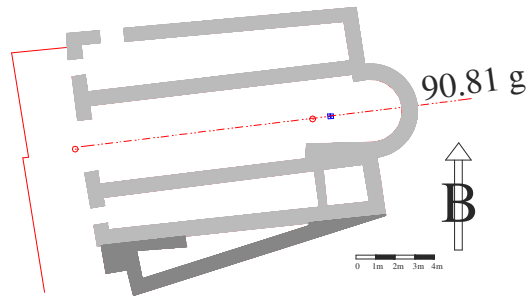
ΟΝΟΜΑΣΙΑ : ΠΑΛΑΙΟΧΡΙΣΤΙΑΝΙΚΗ ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΑΖΩΡΟΥ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΜΝΗΜΕΙΟΥ

Νεολιθικό ☐ Αρχαίο ☐ Παλαιοχριστιανικό ☒ Βυζαντινό ☐ Μουσουλμανικό ☐



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ



ΚΑΤΟΨΗ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ

ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ : Αζωρος, Δήμος Σαρανταπόρου, Νομός Λαρίσης

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ

(WGS 84)

$\varphi = 39^{\circ} 58' 53''$

$\lambda = 22^{\circ} 05' 07''$

ΚΑΡΤΕΣΙΑΝΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ

(ΕΓΣΑ '87)

X = 336372m

Y = 4427177m

H = 438m

ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΚΟ ΑΖΙΜΟΥΘΙΟ ΒΑΣΙΚΟΥ ΑΞΟΝΑ

90.81^g

ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ

$\pm 5.2^c$

ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΚΟ ΑΖΙΜΟΥΘΙΟ ΑΛΛΗΣ
ΕΙΔΙΚΗΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ

ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ

ΧΡΟΝΟΛΟΓΗΣΗ

ΕΤΟΣ: 406 μ.Χ.

ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ

18 ± ΕΤΗ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΟΡΤΗΣ:

ΑΦΙΕΡΩΣΗ :

Η ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΜΝΗΜΕΙΟΥ

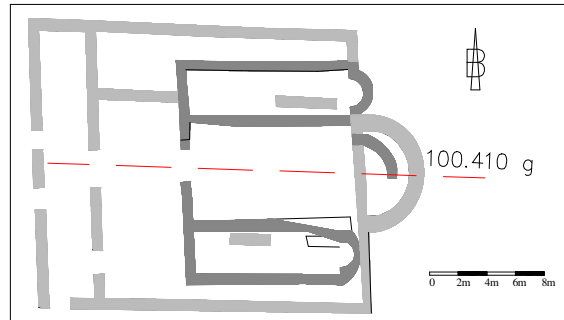
ΟΝΟΜΑΣΙΑ : ΠΑΛΑΙΟΧΡΙΣΤΙΑΝΙΚΗ ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΜΗΛΕΑΣ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΜΝΗΜΕΙΟΥ

Νεολιθικό ☐ Αρχαίο ☐ Παλαιοχριστιανικό ☒ Βυζαντινό ☐ Μουσουλμανικό ☐



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ



ΚΑΤΟΨΗ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ

ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ : Μηλέα, Δήμος Σαρανταπόρου, Νομός Λαρίσης

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ

(WGS 84)

$\varphi = 40^{\circ} 02' 06''$

$\lambda = 22^{\circ} 06' 20''$

ΚΑΡΤΕΣΙΑΝΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ

(ΕΓΣΑ '87)

X = 338232m

Y = 4433073 m

H = 465m

ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΚΟ ΑΖΙΜΟΥΘΙΟ ΒΑΣΙΚΟΥ ΑΞΟΝΑ

100.41 ^g

ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ

$\pm 5^{\circ}$

ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΚΟ ΑΖΙΜΟΥΘΙΟ ΑΛΛΗΣ
ΕΙΔΙΚΗΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ

ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ

ΧΡΟΝΟΛΟΓΗΣΗ

ΕΤΟΣ: 646 μ.Χ.

ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ

17 $\pm$ ΕΤΗ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΟΡΤΗΣ: 25^η Μαρτίου

ΑΦΙΕΡΩΣΗ : Ευαγγελισμός της Θεοτόκου

Πρόλογος

Με το πέρασμα των αιώνων η σημασία των μνημείων για το ανθρώπινο γένος γίνεται συνεχώς μεγαλύτερη. Τα μνημεία καθρεφτίζουν την ιστορική και πολιτισμική ταυτότητα κάθε τόπου και αποτελούν τον ισχυρό σύνδεσμο μεταξύ των γενεών.

Ο ρόλος αυτός των μνημείων έχει στρέψει την προσοχή πολλών επιστημόνων προς αυτά, για την μελέτη και καταγραφή των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους αλλά και για την ερμηνεία της συνολικής υπόστασής τους σε σχέση με τον άνθρωπο και τον τόπο που βρίσκονται.

Τέτοιου είδους δραστηριότητες και προσπάθειες έχουν γίνει πολλές κατά το παρελθόν. Η επιστήμη της αρχαιοαστρονομίας έχει ασχοληθεί εκτενέστατα με τη διερεύνηση του προσανατολισμού των μνημείων. Μέσα από αυτές τις μελέτες έρχονται στην επιφάνεια στοιχεία που αφορούν τον τρόπο κτίσης τους και αναβιώνουν πολιτισμικοί και λειτουργικοί παράγοντες που λαμβάνονταν υπόψη κατά τη διάρκεια της θεμελίωσής τους. Αντικειμενικός σκοπός των μελετών αυτών ήταν η εξαγωγή συμπερασμάτων για τη σύνδεση του προσανατολισμού των μνημείων με τις κοινωνικές, πολιτιστικές και θρησκευτικές παραδόσεις ενός λαού.

Σήμερα το ενδιαφέρον για τον προσανατολισμό των μνημείων είναι πολύ έντονο. Οι επιστήμες της Γεωδαισίας και της Γεωδαιτικής Αστρονομίας, με σύμμαχο τα υψηλής ακριβείας όργανα και τις μεθόδους που χρησιμοποιούν, συμβάλλουν αποτελεσματικά. Η δυνατότητα του προσδιορισμού του αστρονομικού αζιμουθίου μιας διεύθυνσης, η εφαρμογή κατάλληλων γεωδαιτικών μεθόδων μεταφοράς αζιμουθίου, ο ακριβής προσδιορισμός του αζιμουθίου του προσανατολισμού ενός μνημείου αλλά και η πλήρης και ορθή γεωμετρική απεικόνιση του μνημείου μπορούν να δώσουν αξιόπιστες απαντήσεις στα ερωτήματα σχετικά με την χρονολόγηση και την αφιέρωση του μνημείου.

Ευχαριστίες

Για την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας συνέβαλαν πολλοί άνθρωποι. Θα ήθελα να τους ευχαριστήσω και να τους διαβεβαιώσω ότι εκτιμώ τη βοήθεια τους και τις γνώσεις που μου προσέφεραν.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή του ΕΜΠ Δ.-Δ. Μπαλοδήμο για την ανάθεση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Το Δρ Αγρονόμο Τοπογράφο Μηχανικό, Ε.Ε.ΔΙ.Π., ΕΜΠ Γιώργο Πανταζή και τη Δρ Αγρονόμο Τοπογράφο Μηχανικό, Ε.Ε.ΔΙ.Π., ΕΜΠ Ευαγγελία Λάμπρου για την πολύτιμη βοήθεια τους και την καθοδήγηση τους σε όλη τη διάρκεια αυτής της εργασίας.

Το Δήμο Σαρανταπόρου και ειδικότερα τον αντιδήμαρχο κύριο Φώτιο Τζιώκα για τη φιλοξενία και το καταπληκτικό φαγητό που μας πρόσφεραν.

Τους αρχαιολόγους Λάζαρο Δεριζιώτη, έφορο της 7^{ης} Εφορίας Βυζαντινών Αρχαιοτήτων και Σπύρο Κουγιουμτζόγλου για τη βοήθεια τους αλλά και την παραχώρηση προσωπικού υλικού σχετικά με τις παλαιοχριστιανικές Βασιλικές της Αζώρου και της Μηλέας.

Τον Αναπληρωτή Καθηγητή της σχολής Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών Ρωμύλο Κορακίτη για τη βοήθεια του σε θέματα γεωδαιτικής αστρονομίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον συμφοιτητή μου Δημήτρη Αθανασόπουλο για την καταλυτική του βοήθεια. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συμφοιτητές μου, Δημήτρη Ασημακόπουλο, Τάσο Κατσούλη, Γιάννη Τσουρέλη, Σωτήρη Λεμπέση, Γιάννη Ψαλτάκη, Κώστα Ρηγόπουλο, Γιώργο Χονδροκώστα και τη φίλη μου Χριστίνα Σιδέρη για την υποστήριξη που μου παρείχαν.

Την οικογένεια μου για την υποστήριξη και εμπιστοσύνη που μου έχουν δείξει σε όλα τα χρόνια των σπουδών μου.

Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ στο φίλο μου και συνεργάτη σε αυτή τη διπλωματική εργασία, Παναγιώτη Πολυχρονόπουλο. Η συνεργασία μας υπήρξε διασκεδαστική αλλά και αποδοτική παράλληλα. Ανυπομονώ να ξανασυνεργαστούμε στο μέλλον.

Περιεχόμενα

Πρόλογος	I
Ευχαριστίες.....	II
Περιεχόμενα.....	III
Περίληψη.....	V
Σχήματα – Διαγράμματα.....	VI
Πίνακες – Φωτογραφίες.....	VIII - IX

Κεφάλαιο 1: Παλαιοχριστιανικές Βασιλικές

1.1 Γενικά.....	1
1.2 Βασικοί τύποι της παλαιοχριστιανικής Βασιλικής.....	1
1.2.1. Παραλλαγές της ελληνιστικής ξυλόστεγης Βασιλικής.....	2
1.3 Μέρη της παλαιοχριστιανικής Βασιλικής.....	3
1.4 Οικοδομική τέχνη της παλαιοχριστιανικής Βασιλικής.....	4

Κεφάλαιο 2: Παλαιοχριστιανικές βασιλικές Αζώρου – Μηλέας

2.1. Παλαιοχριστιανική βασιλική Αζώρου.....	6
2.1.1 Γενικά.....	6
2.1.2 Θέση.....	7
2.2. Παλαιοχριστιανική Βασιλική Μηλέας.....	9
2.2.1 Θέση και ιστορικά.....	9

Κεφάλαιο 3: Γεωδαιτικές και αστρονομικές μετρήσεις

3.1 Ίδρυση γεωδαιτικού δικτύου.....	11
3.2 Αστρονομικές Παρατηρήσεις.....	15
3.2.1 Γενικά.....	15
3.2.1 Αστρονομικές Παρατηρήσεις στην Άζωρο.....	17
3.2.2 Αστρονομικές Παρατηρήσεις στη Μηλέα.....	25
3.3 Αποτύπωση.....	31
3.3.1 Γενικά.....	31

3.3.2 Αποτύπωση της παλαιοχριστιανικής Βασιλικής της Αζώρου.....	32
3.3.3 Αποτύπωση της παλαιοχριστιανικής Βασιλικής της Μηλέας.....	34
3.4 Γεωμετρικός προσδιορισμός βασικού άξονα.....	36
3.4.1 Γεωμετρικός προσδιορισμός βασικού άξονα στην παλαιοχριστιανική Βασιλική της Αζώρου.....	36
3.4.1.1 Αβεβαιότητα προσδιορισμού γωνίας διεύθυνσης βασικού άξονα παλαιοχριστιανικής Βασιλικής Αζώρου.....	37
3.4.2 Γεωμετρικός προσδιορισμός βασικού άξονα στην παλαιοχριστιανική Βασιλική της Μηλέας.....	39
3.4.2.1 Αβεβαιότητα προσδιορισμού γωνίας διεύθυνσης βασικού άξονα παλαιοχριστιανικής Βασιλικής Μηλέας.....	39
3.5 Προσδιορισμός αισθητού ορίζοντα.....	42
3.5.1 Μετρήσεις αισθητού ορίζοντα στην Άζωρο.....	43
3.5.2 Μετρήσεις αισθητού ορίζοντα στην Μηλέα.....	47
3.6 Προσδιορισμός θέσης – κίνησης ηλίου.....	50
3.6.1 Ανάλυση εργασιών για τον προσδιορισμό της θέσης του ηλίου.....	51
 Κεφάλαιο 4: Ερμηνεία προσανατολισμού των παλαιοχριστιανικών Βασιλικών Αζώρου και Μηλέας	
4.1 Γενικά.....	56
4.2 Χρονολόγηση της παλαιοχριστιανικής Βασιλικής της Αζώρου.....	56
4.2.1 Αβεβαιότητα της χρονολόγησης.....	58
4.3 Χρονολόγηση της παλαιοχριστιανικής Βασιλικής της Μηλέας.....	60
4.3.1 Αβεβαιότητα της χρονολόγησης.....	61
 Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα - Προτάσεις	
5.1 Συμπεράσματα.....	63
5.2 Προτάσεις.....	64
 Παράρτημα	66
 Βιβλιογραφία	83

Περίληψη

Στην εργασία αυτή μελετούνται δύο παλαιοχριστιανικές Βασιλικές. Η μία βρίσκεται στην Άζωρο ενώ η δεύτερη στη Μηλέα. Διερευνάται ο προσανατολισμός τους με απώτερο σκοπό τον προσδιορισμό του έτους κτήσης τους. Η μελέτη γίνεται συνδυάζοντας γεωδαιτικές και αστρονομικές μεθόδους.

Στο πρώτο κεφάλαιο δίνονται γενικές πληροφορίες σχετικά με τις παλαιοχριστιανικές Βασιλικές. Πώς έχουν προκύψει, ποια είναι τα βασικά είδη που συναντώνται, από ποια μέρη αποτελούνται και τέλος δίνονται λίγες πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο κτίσης τους.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται στοιχεία που αφορούν τις παλαιοχριστιανικές Βασιλικές της Αζώρου και της Μηλέας. Γίνεται μια αναφορά στη θέση που βρίσκονται, περιγράφονται οι βασιλικές και το ανασκαφικό έργο που έχει γίνει εκεί και επιπλέον παρουσιάζονται ορισμένα ιστορικά στοιχεία.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά οι μετρήσεις και τα σφάλματα των επί μέρους στοιχείων που οδηγούν στον υπολογισμό του προσανατολισμού των παλαιοχριστιανικών Βασιλικών.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την αξιοποίηση των στοιχείων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο αναφέρονται συμπεράσματα σχετικά με τον προσανατολισμό των παλαιοχριστιανικών Βασιλικών της Αζώρου και της Μηλέας.

Σχήματα – Διαγράμματα

Σχήμα 2.1: Χάρτης των περιοχών ανασκαφής	7
Σχήμα 3.1: Μορφή τρισδιάστατου τριγωνομετρικού δικτύου	12
Σχήμα 3.2: Χάρτης Γ.Υ.Σ. της ευρύτερης περιοχής με θέσεις τριγωνομετρικών σημείων	12
Σχήμα 3.3 Αυτοσχέδιο παλαιοχριστιανικής Βασιλικής Αζώρου	32
Σχήμα 3.4: Διάγραμμα κάτοψης παλαιοχριστιανικής βασιλικής Αζώρου	33
Σχήμα 3.5: Αυτοσχέδιο παλαιοχριστιανικής Βασιλικής Μηλέας	34
Σχήμα 3.6: Διάγραμμα κάτοψης παλαιοχριστιανικής βασιλικής Μηλέας	35
Σχήμα 3.7: Διάγραμμα κάτοψης της παλαιοχριστιανικής της Αζώρου και ο βασικός της άξονας	38
Σχήμα 3.8: Διάγραμμα κάτοψης της παλαιοχριστιανικής της Μηλέας και ο βασικός της άξονας	41
Σχήμα 3.9: Διάγραμμα ορίζοντα παλαιοχριστιανικής Αζώρου	44
Σχήμα 3.10: Διάγραμμα ορίζοντα της παλαιοχριστιανικής της Μηλέας	47
Σχήμα 3.11: Ουράνια σφαίρα	50
Σχήμα 3.12: Ισημερίες και ηλιοστάσια για τόπο με $\varphi \approx 39^\circ 22'$	51
Σχήμα 3.13: Προσομοίωση της ουράνιας σφαίρας για την 4/10/406, για την Άζωρο	52
Σχήμα 3.14: Προσομοίωση της ουράνιας σφαίρας για την 25/3/646, για την Μηλέα	52
Σχήμα 3.15: Πορείες ηλίου για τις 15/8/630, 6/8/445, 4/9/406 στην παλαιοχριστιανική Βασιλική της Αζώρου	54

Σχήμα 3.16: Πορείες ηλίου για τις 21/3/480, 21/5/620, 16/4/510, 25/3/646 στην παλαιοχριστιανική Βασιλική της Μηλέας	55
Σχήμα 4.1: Διάγραμμα ορίζοντα, πορείας ηλίου για την 04/09/406 μ.Χ. και βασικού άξονα παλαιοχριστιανικής της Αζώρου	57
Σχήμα 4.2 : Σχηματική απεικόνιση του συνολικού σφάλματος της μεθοδολογίας διερεύνησης του προσανατολισμού της παλαιοχριστιανικής βασιλικής της Αζώρου	59
Σχήμα 4.3 : Διάγραμμα ορίζοντα, πορείας ηλίου για την 25/03/646 μ.Χ. και βασικού άξονα παλαιοχριστιανικής της Μηλέας	60
Σχήμα 4.4 : Σχηματική απεικόνιση του συνολικού σφάλματος της μεθοδολογίας διερεύνησης του προσανατολισμού της παλαιοχριστιανικής βασιλικής της Μηλέας	61
Σχήμα 5.1 Χρονική διάρκεια εργασιών	64

Φωτογραφίες

Φωτ. 2.1: Χώρος παλαιοχριστιανικής βασιλικής Αζώρου
Φωτ. 2.2: Χώρος παλαιοχριστιανικής βασιλικής Μηλέας
Φωτ. 3.1: Δέκτης 4600 LS Trimble
Φωτ. 3.2: Ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός TDM 5000
Φωτ. 3.3: Φωτεινός στόχος
Φωτ. 3.4: Ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός TCR 303
Φωτ. 3.5: Ορίζοντας παλαιοχριστιανικής βασιλικής Αζώρου
Φωτ. 3.6: Ορίζοντας παλαιοχριστιανικής βασιλικής Μηλέας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Παλαιοχριστιανικές Βασιλικές

1.1 Γενικά

Στα πρώτα χριστιανικά χρόνια οι πιστοί συγκεντρώνονταν για κοινή προσευχή σε μεγάλους χώρους που είχαν οι πλούσιοι. Επίσης η Βάπτισμα γινόταν εξωτερικά, σε "ρέων ύδωρ". Αργότερα, προς το τέλος του 2^{ου} αιώνα, που οι πιστοί αυξήθηκαν καθιερώθηκαν μόνιμοι χώροι λατρείας. Ο μόνιμος τόπος λατρείας ονομάστηκε εκκλησία. Οι μόνιμοι τόποι ήταν κάποιο μεγάλο δωμάτιο σε κάποιο σπίτι πιστού που το παραχωρούσε. Οι συγκεντρώσεις γίνονταν κάθε απόγευμα και κυρίως τη Κυριακή το πρωί. Υπήρχε μεγάλο πλήθος τέτοιων ναών όμως πολλοί καταστράφηκαν από τους διωγμούς που γίνονταν εκείνα τα χρόνια.

Το 313 μ.Χ. ο Μέγας Κωνσταντίνος με τον Λικίνιο εξέδωσαν το διάταγμα των Μεδιολάνων, όπου αναγνωρίστηκε ο Χριστιανισμός ως ισότιμη θρησκεία με τις υπόλοιπες που υπήρχαν στην αυτοκρατορία. Ο Χριστιανισμός πήρε επίσημη θέση και οι ναοί προσλαμβάνουν ιερό χαρακτήρα, που επιβάλλει τη μορφή μιας επιβλητικής, μνημειακής αρχιτεκτονικής.

Η παλαιοχριστιανική βασιλική είναι ένα νέο αρχιτεκτονικό δημιούργημα που όμως έχει προκύψει από διάφορα αρχιτεκτονικά στοιχεία που ήταν γνωστά στα διάφορα ρωμαϊκά κτίρια. Ο τύπος αυτός όμως δεν ακολούθησε την ίδια μορφή σε όλα τα παλαιοχριστιανικά παραδείγματα. Παράγοντες όπως η προσωπικότητα του αρχιτέκτονα, τοπικές αρχιτεκτονικές παραδόσεις αλλά και κλιματολογικές συνθήκες συντέλεσαν στη δημιουργία διαφόρων ειδών της βασιλικής.[Γκιολές Ν.,1998]

1.2 Βασικοί τύποι της παλαιοχριστιανικής βασιλικής.

Διακρίνουμε τους εξής δύο βασικούς τύπους παλαιοχριστιανικής Βασιλικής:

- Η **ανατολικού τύπου** βασιλική που είναι καμαροσκέπαστη και επικρατεί στις ανατολικές επαρχίες της Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας. Τα τρία κλίτη της ανατολικής βασιλικής, που χωρίζονται με πεσσούς, καλύπτονται με ημικυλινδρικές καμάρες, παράλληλες στον κατά μήκος άξονα του ναού. Οι καμάρες είναι ισοϋψείς και καλύπτονται εξωτερικώς με αμφικλινή στέγη.

- Η **ελληνιστικού τύπου** βασιλική που είναι ξυλόστεγη και ονομάστηκε έτσι γιατί επικρατεί στις περιοχές του ελληνορωμαϊκού κόσμου, στα παράλια της Μεσογείου. Οι ξυλόστεγες βασιλικές διαιρούνται με κιονοστοιχίες σε τρία μέχρι και εννέα κλίτη. Το μεσαίο είναι υπερυψωμένο και διατρυπάται από σειρά παραθύρων που φωτίζουν άπλετα το εσωτερικό του ναού.

1.2.1 Παραλλαγές της ελληνιστικής ξυλόστεγης βασιλικής

Διακρίνουμε τις εξής παραλλαγές:

I. Μονόχωρες δρομικές βασιλικές που δεν έχουν εσωτερικά στηρίγματα και ονομάζονται συχνά μονόκλιτες βασιλικές. Η παραλλαγή αυτή σπανίζει στα παλαιοχριστιανικά χρόνια και χρησιμοποιήθηκε κυρίως για μαρτύριο.

II. Δρομικές βασιλικές, ορθογώνια κτίρια που έχουν εσωτερικά στηρίγματα, κατά κανόνα κίονες, που βαίνουν παράλληλα προς τον κατά μήκος άξονα και τον χωρίζουν σε στενόμακρες στοές, που ονομάζονται κλίτη. Τα στηρίγματα αυτά εκτείνονται σε όλο το μήκος του ναού και δε διακόπτονται ούτε κάμπτονται μπροστά από την αψίδα. Ονομάζονται δρομικές επειδή η διάταξη που αναφέρθηκε παραπάνω θυμίζει τους κεντρικούς δρόμους των Ρωμαϊκών πόλεων, οι οποίοι είχαν εκατέρωθεν στοές. Οι βασιλικές αυτές συνήθως είναι τρίκλιτες ή πεντάκλιτες. Το μεσαίο κλίτος είναι πλατύτερο και υψηλότερα στεγασμένο με αμφίριχτη στέγη, ενώ τα πλάγια κλίτη καλύπτονται με μονόριχτες στέγες.

III. Βασιλικές με εγκάρσιο κλίτος. Είναι βασιλικές που ανάμεσα στα κλίτη και τον ανατολικό τοίχο, μπροστά από την αψίδα, διαμορφώνεται ένας επιμήκης εγκάρσιος τοίχος.

IV. Σταυρόσχημες βασιλικές. Αυτές θεωρούνται εξέλιξη των μικρών διαστάσεων μονόχωρων μαρτυρίων που χτίζονταν τη πρωτοχριστιανική εποχή πάνω από τον τάφο ενός μάρτυρα ή κάποιου ιερού χώρου. Ο τάφος συνήθως βρίσκονταν στο κέντρο, στη διασταύρωση των κεραιών του σταυρού. Με την επικράτηση του Χριστιανισμού συνεχίζεται η χρήση σταυρόσχημων μαρτυρίων μόνο που τώρα οι διαστάσεις τους είναι ιδιαίτερα μεγάλες για να εξυπηρετούν το πλήθος των προσκυνητών. Τα μνημεία αυτής της κατηγορίας αποτελούν παραλλαγή των βασιλικών διότι αποτελούν σύνθεση τεσσάρων σταυρικών διατεταγμένων ξυλόστεγων βασιλικών. [Γκιολές Ν.,1998]

1.3 Μέρη της βασιλικής

Οι βασιλικές έχουν δημιουργηθεί έτσι ώστε να καλύπτουν τις ανάγκες των πιστών. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να διαμορφωθούν τα μέρη της βασιλικής ως εξής:

- **Περίβολος.** Έτσι ονομάζεται η ευρύχωρη αυλή που περιέκλειε το συγκρότημα της βασιλικής, απομονώνοντας τη από το γύρω χώρο και συγχρόνως αναδεικνύοντας τη.
- **Αίθριο.** Είναι η τετράπλευρη αυλή που περικλειόταν από στοές μπροστά από τη δυτική πλευρά, συνήθως, της βασιλικής. Το αίθριο μπορεί να θεωρηθεί συνεπτυγμένη μορφή των παλαιότερων ευρύχωρων περιβόλων. Αποσκοπούσε στο να απομονώσει το ναό από το γύρω χώρο και να προετοιμάσει την είσοδο του πιστού στο ναό. Στο αίθριο παρέμεναν οι κατηχούμενοι και οι άλλες κατηγορίες χριστιανών που δεν είχαν δικαίωμα εισόδου στο ναό. Οι στοές προστάτευαν τους πιστούς από τις καιρικές συνθήκες και διευκόλυναν την είσοδο τους στο ναό.
- **Πρόπυλο.** Είναι η είσοδος στο αίθριο και παλαιότερα στον περίβολο γινόταν από μνημειακό πρόπυλο. Μερικές φορές στην πρόσοψη του αίθριου υπήρχαν αμυντικοί πύργοι.
- **Νάρθηκας.** Έτσι ονομάζεται η στενόμακρη αίθουσα που εκτείνεται σε όλο το μήκος της δυτικής στενής πλευράς της βασιλικής. Η ονομασία αυτή οφείλεται στο στενόμακρο σχήμα του, που θυμίζει το στέλεχος του ομώνυμου φυτού. Ο νάρθηκας χρησίμευε ως ο χώρος παραμονής των κατηχουμένων και των μετανοούντων, αυτών που είχαν διαπράξει κάποιο αμάρτημα και δεν επιτρεπόταν να παρακολουθήσουν το μυστήριο της θείας Ευχαριστίας. Ο νάρθηκας επικοινωνεί με το μεσαίο κλίτος με τρίβηλο, δηλαδή τριπλό άνοιγμα που σχηματίζεται με την παρεμβολή μεταξύ των τοίχων δύο κιόνων και φράζεται με αναρτημένα παραπετάσματα. Στα πλάγια κλίτη υπάρχουν απλοί δίοδοι.
- **Διακονικό.** Είναι ο χώρος που βρίσκονταν στα δεξιά της εισόδου του ναού και εκεί κατατίθονταν οι προσφορές των πιστών και φυλάσσονταν τα σκεύη της εκκλησίας. Το διακονικό ήταν ορθογώνιο δωμάτιο με κόγχη, προσαρμοσμένο στο νότιο τμήμα του νάρθηκα. Στη δύση δεν υπάρχει διακονικό, γιατί οι πιστοί προσκόμιζαν τις προσφορές στο Βήμα στην αρχή της λειτουργίας των πιστών και από αυτές οι ιερείς επέλεγαν τμήμα για το μυστήριο της θείας Ευχαριστίας.
- **Παστοφόρια.** Η λέξη προέρχεται από το «παστάς» που σημαίνει νυφικό κρεβάτι και αναφέρεται στη μυστική ένωση του πιστού μέσω του μυστηρίου της θείας Ευχαριστίας με το νυμφίο Χριστό.

Σε κάποιους ναούς η ασίδα του ιερού βήματος εγγράφεται στο ορθογώνιο του ναού. Διαμορφώνονται έτσι εκατέρωθεν της ασίδας δυο ορθογώνιοι χώροι, οι οποίοι ταυτίζονται με τα γνωστά από τις «Αποστολικές Διαταγές» παστοφόρια. Στα μνημεία της ανατολής τα παστοφόρια ήταν συχνά διώροφα με πυργοειδή μορφή και χρησίμευαν ως σκευοφυλάκια αλλά και για λειτουργικές δραστηριότητες.

- **Υπερώα ή γυναικωνίτης.** Είναι ο χώρος που διαμορφώνεται πάνω από τα πλάγια κλίτη και το νάρθηκα. Από το χώρο αυτό παρακολουθούσαν τη λειτουργία οι γυναίκες. Στη δύση που η διάκριση των φύλων δεν ήταν τόσο αυστηρή όσο στην ανατολή δεν υπήρχαν κατά κανόνα γυναικωνίτες. Η διάκριση στη δύση γινόταν με το οι άντρες να στέκονται στο νότιο κλίτος και οι γυναίκες στο βόριο.
- **Ασίδα ή κόγχη** του ιερού βήματος είναι η ανατολική πλευρά των βασιλικών που απολήγει σε ημικυλινδρική κόγχη. Οι ασίδες καλύπτονταν εσωτερικά με τεταρτοσφαιρικό θόλο ενώ εξωτερικά η στέγη είχε κλιμακωτή διάταξη. Πολλές φορές οι ασίδες έχουν εξωτερικά ακτινωτές αντηρίδες, που αποσκοπούν στην ενίσχυση του τοίχου, προκειμένου να εξουδετερωθούν οι ωθήσεις της βαριάς κατασκευής του τεταρτοσφαιρικού θόλου. Μερικές φορές σε πρώιμα μνημεία εσωτερικά πλαισιωνόταν η ασίδα με κίονες ή ημικίονες που τοποθετούνταν στην άκρη της χορδής, διαμορφώνοντας έτσι θριαμβευτικό τόξο, το οποίο αποσκοπούσε στην έξαρση του σημαντικότερου σημείου του ναού, που συμβολίζει τον ουράνιο κόσμο. [Γκιολές Ν., 1998]

1.4 Οικοδομική τέχνη των παλαιοχριστιανικών βασιλικών

Τα οικοδομικά υλικά και ο τρόπος χρήσης τους εξαρτάται κυρίως από τη περιοχή που βρίσκεται η κάθε παλαιοχριστιανική. Διαφορετικές οικοδομικές τεχνικές είχαν αναπτυχθεί και εφαρμόζονταν σε κάθε τόπο, χωρίς να μπορούν να αποκλειστούν και ξένες επιδράσεις. Τα υλικά δομής των βασιλικών της παλαιοχριστιανικής περιόδου μπορούν να διακριθούν σε δύο κύριες κατηγορίες, που είναι η πέτρα και η οπτή πλίνθος (τούβλα). Στον ελλαδικό χώρο και στα μικρασιατικά παράλια κυριαρχεί αργολιθοδομή με ζώνες από τούβλα, ενώ στην Κωνσταντινούπολη και σε περιοχές της άμεσης επίδρασης της οι πέτρες είναι συχνά αδρά λαξευμένες. Τα τόξα των ανοιγμάτων και οι θόλοι χτίζονται κατά κανόνα με τούβλα. Σε περιοχές που χρησιμοποιείται αποκλειστικά η πέτρα, οι θόλοι γίνονται από κατάλληλα λαξευμένες πέτρες που ονομάζονται θολίτες.

Το συνδετικό υλικό στη παλαιοχριστιανική εποχή αποτελείται από ασβέστη, άμμο και τριμμένο κεραμίδι. Το κονίαμα αυτό έχει ρόδινο χρώμα, είναι ιδιαίτερα σκληρό και αντέχει στην υγρασία. Οι αρμοί που σχηματίζονται είναι αρκετά παχείς. Εσωτερικώς, στα πλουσιότερα μνημεία έχουμε χρήση μαρμάρου ενώ τα φτωχότερα σοβατίζονται και ζωγραφίζονται. Αντίστοιχα στα πατώματα των πλουσιότερων μνημείων έχουμε χρήση μαρμάρου ενώ στα φτωχότερα χρησιμοποιούνται πήλινες πλάκες ή ψηφιδωτά. [Γκιολές Ν., 1998]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Παλαιοχριστιανικές βασιλικές Αζώρου – Μηλέας

2.1 Παλαιοχριστιανική βασιλική Αζώρου

2.1.1 Γενικά

Η Αζωρος υπήρξε η πιο ακμαία πόλη της Περραιβίας. Αυτό φαίνεται από τα αρχαία και βυζαντινά υπολείμματα των τειχών της ακρόπολης της, τις πολλές επιτύμβιες και αναθηματικές στήλες, το ναό του Απόλλωνος. Από ανασκαφικά ευρήματα επίσης φαίνεται ότι υπήρχε άρτια διοικητική οργάνωση.

Η περιοχή δέχτηκε την εισβολή των Αιτωλών το 200 π.Χ., όπως αναφέρει ο Τίτος ο Λίβιος, ενώ το 169 π.Χ. προέλασε από το Σαραντάπορο και το σημερινό χάνι του Χατζηγώγου ο Μάρκιος Φίλιππος Κόιντος με στρατό εκατό χιλιάδων αντρών καθώς και ελέφαντες. Κατά τη Ρωμαϊκή κυριαρχία η Ορεινή Περραιβία δε συνάντησε ιδιαίτερα προβλήματα από τους Ρωμαίους. Ο Χριστιανισμός ήρθε από τη Πιερία και τότε γκρεμίστηκε οτιδήποτε θύμιζε τη λατρεία των ειδώλων στη περιοχή. Η περιοχή παρέμεινε τμήμα της Βυζαντινής αυτοκρατορίας ως το 1420. Έπειτα περιήλθε υπό Τουρκική κατοχή που διήρκεσε ως το 1912. Παρόλα τα 492 χρόνια κατοχής η περιοχή κατόρθωσε να διατηρήσει την εθνική της ταυτότητα.

2.1.2 Θέση

Η Αζωρος βρίσκεται ΒΔ της πόλεως της Ελασσώνας σε απόσταση περίπου 20 χλμ. Το μέσο υψόμετρο είναι 437 μέτρα από τη μέση στάθμη της θάλασσας.



Σχήμα 2.1 : Χάρτης των περιοχών ανασκαφής

Η παλαιοχριστιανική της Αζώρου είναι τρίκλιτη βασιλική με προκτίσματα εκατέρωθεν.

- Ο νάρθηκας έχει μήκος περίπου 2.85m και πλάτος 11.65m και βρίσκεται σε υψόμετρο 438.14m από τη μέση στάθμη της θάλασσας.
- Ο κύριος ναός έχει μήκος περίπου 14.15m και πλάτος 10.65m και βρίσκεται σε υψόμετρο 437.80m από τη μέση στάθμη της θάλασσας.
- Το ιερό βήμα έχει μήκος περίπου 3.15m ,πλάτος 5.80m και βρίσκεται σε υψόμετρο 437.79m από τη μέση στάθμη της θάλασσας.

Επίσης υπάρχουν 2 νεκροταφεία, ένα παλαιοχριστιανικής και ένα μεσοβυζαντινής περιόδου καθώς και μια στοά μήκους 24 μέτρων. Στην ανασκαφή ανακαλύφθηκε πλήθος από ευρήματα παλαιοχριστιανικής και μεσοβυζαντινής περιόδου. Τα αντικείμενα που βρέθηκαν στους παλαιοχριστιανικούς τάφους είναι νομίσματα και κοσμήματα ενώ στους μεσοβυζαντινούς τάφους βρέθηκαν κοσμήματα και αγγεία.



Φωτ. 2.1 : Χώρος παλαιοχριστιανικής βασιλικής Αζώρου



Φωτ. 2.2 : Κολυμπήθρα Βυζαντινού ναού

2.2 Παλαιοχριστιανική βασιλική Μηλέας

2.2.1 Θέση και ιστορικά

Βόρεια της Αζώρου και της Ελασσώνας σε απόσταση 25 χλμ. βρίσκεται το δημοτικό διαμέρισμα της Μηλέας, του σημερινού δήμου Σαρανταπόρου. Οι ανασκαφές έχουν γίνει στη θέση «Αγία Τριάδα» στα δεξιά του δημοσίου δρόμου. Ο δρόμος αυτός οδηγεί από το χάνι του Χατζηγώγου στην εθνική οδό Λαρίσης-Κοζάνης προς τα στενά του Σαρανταπόρου και τη Μακεδονία. Το χάνι του Χατζηγώγου ήταν το στρατηγείο του ελληνικού στρατού κατά το 1912.

Στις ανασκαφές ανακαλύφθηκε τρίκλιτη βασιλική (παλαιοχριστιανική).

Τα βασικά μέρη του ναού είναι:

- Ο νάρθηκας έχει μήκος περίπου 18.90m και πλάτος 3.95m και βρίσκεται σε υψόμετρο 465.83m από τη μέση στάθμη της θάλασσας.
- Ο κύριος ναός έχει μήκος περίπου 18.65m και πλάτος 18.50m και βρίσκεται σε υψόμετρο 465.13m από τη μέση στάθμη της θάλασσας.
- Το ιερό βήμα έχει μήκος περίπου 5.50m ,πλάτος 4.80m και βρίσκεται σε υψόμετρο 465.09m από τη μέση στάθμη της θάλασσας.

Εντός του ανατολικού ημίσεως της παλαιοχριστιανικής αποκαλύφθηκε μεταγενέστερη τρίκλιτη βασιλική, τα πλάγια κλίτη της οποίας απολήγουν προς ανατολάς σε ημικυκλικές κόγχες. Στο νότιο τοίχο της βασιλικής υπάρχουν δύο συνεχόμενοι ορθογώνιοι χώροι που επικοινωνούν μεταξύ τους και αποτελούν πρόκτισμα του βαπτηστηρίου. Ο χώρος προς δυσμάς είναι ο προαύλιος χώρος ενώ ο προς ανατολάς είναι το «φωτιστήριο» όπου υφίσταται η κολυμβύθρα. Τέλος ανακαλύφθηκε μεσοβυζαντινό νεκροταφείο εντός και εκτός των δύο βασιλικών. Στους τάφους βρέθηκαν κυρίως κοσμήματα.



Φωτ. 2.3 : Χώρος παλαιοχριστιανικής βασιλικής Μηλέας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Γεωδαιτικές και αστρονομικές μετρήσεις

3.1 Ίδρυση γεωδαιτικού δικτύου

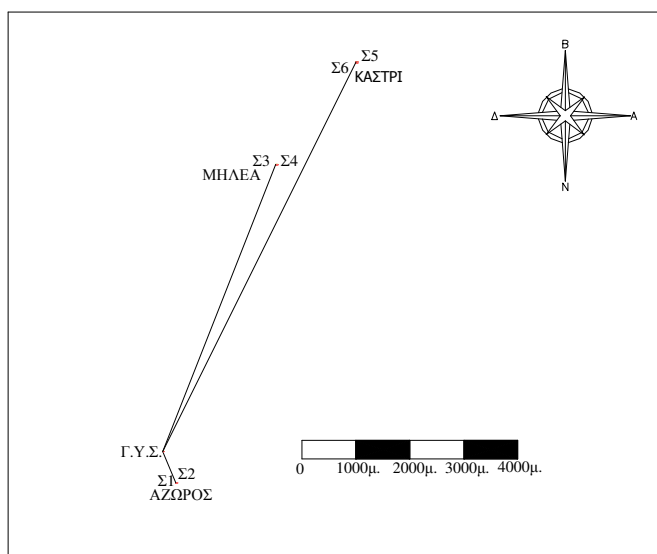
Η εργασία εκπονήθηκε στην Ελασσόνα. Έγιναν τοπογραφικές εργασίες σε 3 διαφορετικές τοποθεσίες. Στην Μηλέα, το Καστρί και την Άζωρο.

Οι αποστάσεις ανάμεσα στις 3 τοποθεσίες είναι περίπου στα 5 χλμ. Η ανάγκη για την ένταξη της αποτύπωσης των τριών ναών στο ενιαίο σύστημα αναφοράς (ΕΓΣΑ 87) καθώς και η ανάγκη για τον προσδιορισμό των γεωδαιτικών συντεταγμένων φ και λ οδηγεί στη χρήση συστήματος GPS και στην ίδρυση ενός τρισδιάστατου γεωδαιτικού δικτύου. Η χρήση GPS επιλέχθηκε λόγω της απόστασης των κορυφών αλλά και λόγω της θέσης τους. Οι δέκτες που χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίηση των μετρήσεων είναι οι δέκτες 4600 LS της εταιρίας Trimble.

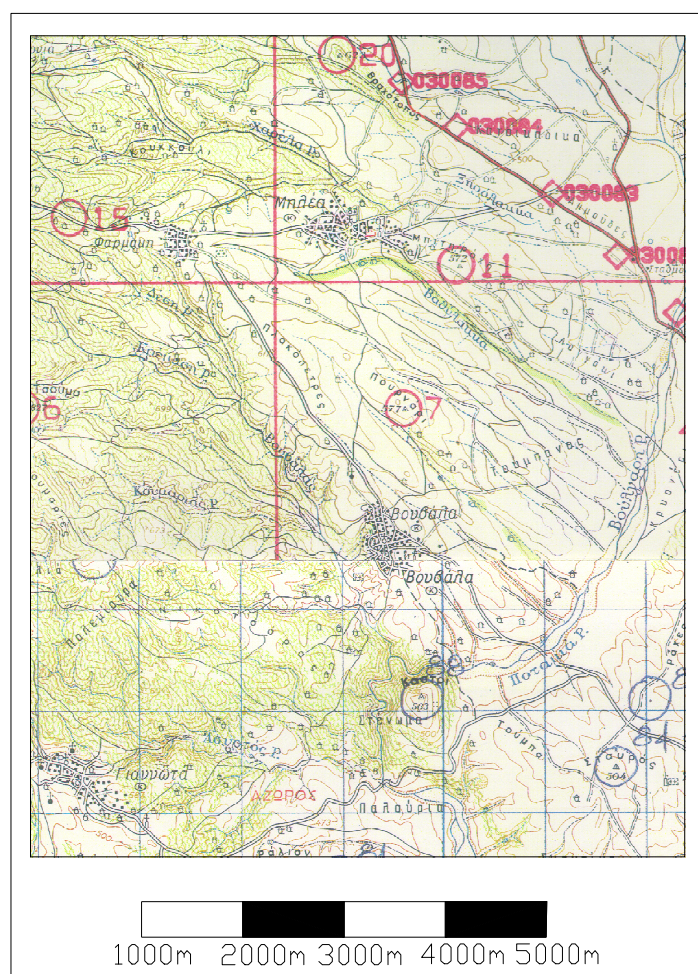


Φωτ. 3.1 : Δέκτης 4600 LS Trimble

Το δίκτυο αποτελείται από επτά κορυφές με τη διάταξη που φαίνεται στο σχήμα 3.1 που ακολουθεί. Ως πρώτη κορυφή επιλέχθηκε το τριγωνομετρικό σημείο της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (Γ.Υ.Σ.) με την ονομασία "Καστρί". Οι υπόλοιπες έξι κορυφές του δικτύου βρίσκονται στις τρεις περιοχές των μετρήσεων. Πιο αναλυτικά, είναι οι κορυφές Σ_1 και Σ_2 στην Άζωρο, οι κορυφές Σ_3 , Σ_4 στην Μηλέα και οι κορυφές Σ_5 και Σ_6 στο Καστρί Λειβαδίου.



Σχήμα 3.1 : Μορφή τρισδιάστατου γεωδαιτικού δικτύου



Σχήμα 3.2: Χάρτης Γ.Υ.Σ. της ευρύτερης περιοχής με τις θέσεις των τριγωνομετρικών σημείων

Το δίκτυο σχεδιάστηκε έτσι ώστε να πληροί τις εξής προϋποθέσεις :

- Μία κορυφή να έχει γνωστές συντεταγμένες (X_0, Y_0, H_0) . Η κορυφή αυτή είναι το τριγωνομετρικό σημείο "Καστρί". (ΓΥΣ)
- Να καλύπτεται η ευρύτερη περιοχή των μετρήσεων .
- Η πρόσβαση στις κορυφές να είναι εύκολη .

Μετρήθηκαν οκτώ βάσεις κατά τη διάρκεια της 18^{ης} και της 19^{ης} Μαΐου του 2003 με τη μέθοδο του στατικού εντοπισμού . Τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Από	Προς	Κεκλιμένη απόσταση	Ratio	Reference variance
ΓΥΣ	Σ1	644.597	6.0	3.420
ΓΥΣ	Σ2	647.867	7.4	2.250
ΓΥΣ	Σ3	5712.310	6.2	8.902
ΓΥΣ	Σ4	5719.210	17.7	4.505
ΓΥΣ	Σ5	8059.426	10.0	4.795
ΓΥΣ	Σ6	8052.425	1.8	14.544
Σ1	Σ2	12.188	19.6	0.774
Σ4	Σ3	19.405	32.1	1.723

Πίνακας 3.1 : *Μετρήσεις GPS*

Στη συνέχεια έγινε η επίλυση του δικτύου με βάση τα παραπάνω δεδομένα με τη βοήθεια του προγράμματος GPS Survey . Το συγκεκριμένο δίκτυο επιλύθηκε στο ΕΓΣΑ '87 που ορίζεται με το ελλειψοειδές GRS 80. Χρησιμοποιεί την Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή με :

$$\lambda_0 = 24^\circ$$

$$K = 0.9996$$

Για την επίλυση του δικτύου ως σταθερή κορυφή θεωρήθηκε το τριγωνομετρικό σημείο "Καστρί" με κωδικό 88 στο φύλλο χάρτη ΕΛΑΣΣΩΝ, κλίμακας 1/50000, της γεωγραφικής υπηρεσίας στρατού,

με ορθογώνιες συντεταγμένες

- $X = 336119.750 \text{ m}$
- $Y = 4427761.080 \text{ m}$
- $H = 557.380 \text{ m}$

H: ορθομετρικό υψόμετρο

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επίλυσης του δικτύου. Στον συγκεκριμένο πίνακα φαίνονται οι τελικές συντεταγμένες και τα τυπικά σφάλματα των κορυφών .

Σημείο	Συντεταγμένες (m)	Σφάλματα (mm)
ΓΥΣ	$X = 336119.750$ $Y = 4427761.080$ $H = 527.380$	$\sigma_X = \pm 0$ $\sigma_Y = \pm 0$ $\sigma_H = \pm 0$
Σ1	$X = 336359.845$ $Y = 4427174.976$ $H = 438.144$	$\sigma_X = \pm 3.4$ $\sigma_Y = \pm 4.1$ $\sigma_H = \pm 9.7$
Σ2	$X = 336371.928$ $Y = 4427176.516$ $H = 437.791$	$\sigma_X = \pm 3.3$ $\sigma_Y = \pm 3.9$ $\sigma_H = \pm 9.6$
Σ3	$X = 338212.694$ $Y = 4433074.382$ $H = 465.832$	$\sigma_X = \pm 3.7$ $\sigma_Y = \pm 4.6$ $\sigma_H = \pm 10.7$
Σ4	$X = 338232.077$ $Y = 4433074.122$ $H = 465.088$	$\sigma_X = \pm 3.3$ $\sigma_Y = \pm 4.2$ $\sigma_H = 10.2$
Σ5	$X = 339712.938$ $Y = 4434973.609$ $H = 527.003$	$\sigma_X = \pm 6.5$ $\sigma_Y = \pm 6.6$ $\sigma_H = \pm 12.1$
Σ6	$X = 339701.013$ $Y = 4434971.729$ $H = 528.706$	$\sigma_X = \pm 13.6$ $\sigma_Y = \pm 14.1$ $\sigma_H = \pm 27.9$

Πίνακας 3.2 : Καρτεσιανές συντεταγμένες των κορυφών του τρισδιάστατου γεωδαιτικού δικτύου στο Ε.Γ.Σ.Α. 87 και αβεβαιότητες

Επίσης από την επίλυση του δικτύου υπολογίστηκαν οι ελλειψοειδείς συντεταγμένες των σημείων. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

ΚΟΡΥΦΗ	φ	λ
ΓΥΣ	39° 59' 12.320''	22° 04' 56.342''
Σ1	39° 58' 53.584''	22° 05' 07.009''
Σ2	39 °58 ' 53.546''	22° 05' 07.499''
Σ3	40° 02' 06.015''	22° 06' 19.779''
Σ4	40° 02' 06.020''	22° 06' 20.596''
Σ5	40° 03' 08.614''	22° 07' 21.358''
Σ6	40° 03' 08.545''	22° 07' 20.857''

Πίνακας 3.3 : Ελλειψοειδείς συντεταγμένες τρισδιάστατου γεωδαιτικού δικτύου

3.2 Αστρονομικές παρατηρήσεις

3.2.1 Γενικά

Ιδιαίτερη σημασία για την εξέλιξη της παρούσας διπλωματικής εργασίας έχει ο προσδιορισμός του αστρονομικού προσανατολισμού των παλαιοχριστιανικών βασιλικών. Συνεπώς στις αστρονομικές μετρήσεις δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή. Η μέθοδος που ακολουθήθηκε για τον προσδιορισμό του αστρονομικού αζιμουθίου είναι η μέθοδος της ωριαίας γωνίας με σκόπευση στον Πολικού Αστήρα. (α Ursa Minoris)

Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη μέθοδο το αστρονομικό αζιμούθιο μιας διεύθυνσης προσδιορίζεται με την παρατήρηση ενός αστήρα σε τυχαία θέση εφόσον είναι γνωστές οι αστρονομικές συντεταγμένες Φ, Λ του τόπου παρατήρησης και οι ουρανογραφικές συντεταγμένες (ορθή αναφορά α και απόκλιση δ) του αστήρα που παρατηρείται.

Το μέγεθος που μετριέται, με αυτή τη μέθοδο, είναι ο χρόνος UTC κατά τη στιγμή της παρατήρησης. Η ωριαία γωνία h του αστήρα προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$h = \theta + \Lambda - \alpha$$

θ : Ο αστρονομικός χρόνος Greenwich κατά τη στιγμή της παρατήρησης.

Λ : Αστρονομικό μήκος του τόπου.

α : Ορθή αναφορά του παρατηρούμενου αστερά.

$$\Theta = 0^{0h UT} + UT \cdot f$$

$$UT = UTC + DUT$$

Το αστρονομικό αζιμούθιο του αστερά προκύπτει από τη λύση του τριγώνου θέσης του και όπως φαίνεται στη σχέση 3.1 είναι:

$$\tan As = \frac{-\sinh}{\cos \Phi \cdot \tan \delta - \sin \Phi \cdot \cosh} \quad (3.1)$$

δ : Η απόκλιση του αστερά.

Φ : Το αστρονομικό πλάτος του τόπου.

Η ακρίβεια της μεθόδου εξαρτάται από:

- Την ακρίβεια των αστρονομικών συντεταγμένων (Φ, Λ) του σημείου από όπου γίνονται οι μετρήσεις.
- Την ακρίβεια των ουρανογραφικών συντεταγμένων (α, δ) του αστερά.
- Την ακρίβεια μέτρησης του χρόνου UTC.

Οι ουρανογραφικές συντεταγμένες (α, δ) του Πολικού αστερά είναι γνωστές, από διεθνείς ψηφιακούς καταλόγους με ακρίβεια $\sigma_\alpha = \pm 0.001^{\text{sec}}$ Και $\sigma_\delta = \pm 0.01'' = \pm 0.03^{\text{cc}}$ αντίστοιχα. Το σφάλμα προσδιορισμού του αζιμουθίου εξαρτάται κυρίως από το σφάλμα του αστρονομικού πλάτους Φ (σ_{A_Φ}) και από το σφάλμα της ωριαίας γωνίας h (σ_{A_h}). Η επίδραση των δύο αυτών σφαλμάτων στο αζιμούθιο προκύπτει με εφαρμογή του νόμου μετάδοσης σφαλμάτων στη σχέση 3.1.

$$\sigma_A = \sqrt{\sigma_{A_\Phi}^2 + \sigma_{A_h}^2} \quad (3.2)$$

Η διαφορήση των κατάλληλων σχέσεων οδηγεί στις σχέσεις 3.3 και 3.4 που ακολουθούν

$$\sigma_{A_\Phi} = \sin A - \cot z \cdot \sigma_\Phi \quad (3.3)$$

$$\sigma_{A_h} = \cos \Phi \cdot (\tan \Phi - \cos A \cdot \cot z) \cdot \sigma_h \quad (3.4)$$

Η ακρίβεια προσδιορισμού του αστρονομικού αζιμουθίου με τη μέθοδο αυτή είναι αρκετά ικανοποιητική και βελτιώνεται σημαντικά αν παρατηρηθεί ένας αστέρας πολύ κοντά στον Πόλο. Για το βόρειο ημισφαίριο και για τα πλάτη της Ελλάδας ο αστέρας αυτός είναι ο Πολικός (α Ursa Minoris), ο οποίος έχει τα εξής πλεονεκτήματα:

- αναγνωρίζεται πολύ εύκολα
- Η πολική του απόσταση είναι πολύ μικρή. Απέχει από το Βόρειο Αστρονομικό Πόλο περίπου 45' και επομένως το αζιμούθιο του παίρνει τιμές που κυμαίνονται από 359° - 1°.
- Κινείται πολύ αργά και έτσι διευκολύνεται η σκόπευσή του.
- Έχει αρκετή λαμπρότητα (μέγεθος περίπου 2), ώστε να βοηθά στην παρατήρηση.

Μετρίεται η γωνία x που σχηματίζεται μεταξύ του κατακόρυφου κύκλου του σημείου A και του κατακόρυφου κύκλου του πολικού αστέρα S κάποια στιγμή.

Ταυτόχρονα πρέπει να προσδιοριστεί το αζιμούθιο A_S του πολικού αστέρα την ίδια χρονική στιγμή, οπότε:

$$A_A = A_S + x \quad (3.5)$$

3.2.2 Αστρονομικές παρατηρήσεις στην Άζωρο

Η μεθοδολογία αυτή χρησιμοποιείται αρκετά χρόνια και με διάφορα μέσα. Στη συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν σύγχρονα ψηφιακά μέσα.

Οι αστρονομικές μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια του ολοκληρωμένου γεωδαιτικού σταθμού TDM 5000 της εταιρίας Leica (φωτ. 3.2) κατάλληλα συνδεδεμένου με το δέκτη του συστήματος GPS. Πρόκειται για ένα από τα πιο σύγχρονα όργανα που κυκλοφορούν και παρουσιάζει σημαντικές ιδιότητες :

- Είναι ψηφιακό και έχει τη δυνατότητα αυτόματης καταγραφής σε καταγραφική μονάδα PCMCIA . Έτσι αποφεύγονται σφάλματα ανάγνωσης και καταγραφής .
- Το τηλεσκόπιο του μπορεί και φωτίζεται έτσι ώστε να επιτρέπεται η σκόπευση των αστερών μέσω ειδικού σταυρονήματος .

- Έχει ανεξάρτητο πηδάλιο για τους κοχλίες του.
- Μπορεί και καταγράφει ταυτόχρονα την οριζόντια και την κατακόρυφη γωνία καθώς και τον χρόνο για κάθε μέτρηση . Θα πρέπει όμως το ψηφιακό του ρολόι που είναι ενσωματωμένο να έχει συγχρονιστεί με το Συντονισμένο Παγκόσμιο Χρονο (UTC) .
- Έχει ακρίβεια μέτρησης οριζόντιων και κατακόρυφων γωνιών $\pm 1.5^{\circ}$ και ανάγνωση 0.1° .
- Το τηλεσκόπιο έχει μεγέθυνση $\times 45$. Μια τέτοια μεγέθυνση κρίνεται ικανοποιητική για τη διαδικασία σκόπευσης του Πολικού Αστήρα .
- Στο τηλεσκόπιο του οργάνου προσαρμόζεται αγκωνοειδές προσοφθάλμιο . Αυτό αποτελεί απαραίτητο βοηθητικό στοιχείο για την περάτωση των μετρήσεων .



Φωτ. 3.2 : Ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός TDM 5000

Οι μετρήσεις έγιναν στις 30 Ιουλίου 2003 μεταξύ 23:23:34 και 23:53:45 από την κορυφή Σ_1 με μηδενισμό στην κορυφή Σ_2 , σε $\phi=39^{\circ}58'53.584''$ και $\lambda=22^{\circ}05'07.009''$. Για τον εν λόγω μηδενισμό χρησιμοποιήθηκε φωτεινός στόχος (φωτ. 3.3) λόγω της έλλειψης φωτός.



Φωτ. 3.3 : Φωτεινός στόχος

Έγιναν 92 σκοπεύσεις στον Πολικό Αστέρα από τρεις ανεξάρτητους παρατηρητές.

Για κάθε μέτρηση υπολογίστηκε ένα αστρονομικό αζιμούθιο της διεύθυνσης $\Sigma_1 - \Sigma_2$ με τη βοήθεια του κατάλληλου προγράμματος [Πανταζής Γ.,2003] .

Ύστερα από την επεξεργασία των μετρήσεων προέκυψαν τρεις ανεξάρτητες τιμές αστρονομικών αζιμουθίων για την πλευρά $\Sigma_1 - \Sigma_2$ με την αντίστοιχη αβεβαιότητα. Τα αποτελέσματα αυτά φαίνονται στον πίνακα 3.4 που ακολουθεί.

Τιμή αζιμουθίου	Αβεβαιότητα
290.55308 ^s	$\pm 1.6^{cc}$
290.55279 ^s	$\pm 0.8^{cc}$
290.55428 ^s	$\pm 1.2^{cc}$

Πίνακας 3.4 : Τιμές αζιμουθίων και αβεβαιότητες αυτών

Έτσι το τελικό αστρονομικό αζιμούθιο για την πλευρά $\Sigma_1 - \Sigma_2$ υπολογίζεται ως εξής :

Θεωρώντας ως μονάδα βάρους $\sigma_0 = \pm 1.6^{cc}$

$$P_1 = \frac{\sigma_o^2}{\sigma_1^2} = 1$$

$$P_2 = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_2^2} = 4$$

$$P_3 = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_3^2} = 1.777$$

$$A_{\Sigma_1-\Sigma_2} = \frac{290.55308 \times P_1 + 290.55279 \times P_2 + 290.55428 \times P_3}{P_1 + P_2 + P_3} \quad (3.6)$$

$$\Leftrightarrow A_{\Sigma_1-\Sigma_2} = 290.55322^g$$

Στη συνέχεια υπολογίζεται το τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους από τη σχέση:

$$\sigma_0 = \pm \sqrt{\frac{[PUU]}{n-1}} \quad (3.7)$$

$$\Leftrightarrow \sigma_0 = \pm 11.7^{cc}$$

Το τυπικό σφάλμα της καλύτερης τιμής είναι:

$$\sigma_{A_{\Sigma_1-\Sigma_2}} = \pm \frac{\sigma_0}{\sqrt{[P]}} \quad \text{δηλαδή} \quad \sigma_{A_{\Sigma_1-\Sigma_2}} = 5.4^{cc} \quad (3.8)$$

Επιπλέον η αβεβαιότητα προσδιορισμού επιβαρύνεται από:

- Την επίδραση της διαφοράς δ_ϕ του αστρονομικού πλάτους από το γεωδαιτικό, που συνήθως χρησιμοποιείται στον προσδιορισμό του αζιμουθίου, εξαρτάται από το ύψος στο οποίο παρατηρείται ο πολικός αστέρας. Για την Ελλάδα και για $\phi \approx 38^\circ$, ο πολικός παρατηρείται σε ζενίθεια απόσταση $z \approx 52^\circ$ και μέγιστο αζιμούθιο περίπου 1° (μέγιστη τιμή), τότε η επίδραση της διαφοράς δ_ϕ στον προσδιορισμό του αζιμουθίου είναι περίπου $\pm 0.4^{cc}$. [Λάμπρου Ε., 2003]
- Την θέση του πολικού αστέρα η οποία έχει ως συνέπεια ο όρος $(\tan \Phi - \cos A \cdot \cot z)$ να είναι πολύ μικρός, ίσος περίπου με $1 \cdot 10^{-4}$ επομένως και η επίδραση στο σφάλμα του αζιμουθίου είναι μικρή. Αν θεωρηθεί ότι η διαφορά δ_A είναι $\pm 20''$, επομένως $\sigma_h = \pm 20''$ και προκύπτει ότι η επίδραση του

σφάλματος στο προσδιοριζόμενο αστρονομικό αζιμούθιο για τις αντίστοιχες τιμές Φ και z είναι ίσο με $\sigma_{A_h} = \pm 6^{cc} \cdot 10^{-3}$ [Λάμπρου Ε., 2003]

- Την αβεβαιότητα σκόπευσης της επίγειας διεύθυνσης $\Sigma_1 \Sigma_2$, η οποία προέκυψε ίση με $\pm 3^{cc}$ μετά από διαδοχικές μετρήσεις.

Άρα το συνολικό σφάλμα του αστρονομικού αζιμουθίου θα είναι :

$$\sigma_{A_{\Sigma_1-\Sigma_2}} = \pm \sqrt{(5.4^{cc})^2 + (0.4^{cc})^2 + (6 \cdot 10^{-3cc})^2 + (3^{cc})^2} = \pm 6.2^{cc}$$

Η τελική τιμή του αστρονομικού αζιμουθίου της διεύθυνσης $\Sigma_1 \Sigma_2$ είναι:

$$A_{\Sigma_1-\Sigma_2} = 290.55322^g \pm 6.2^{cc}$$

Τα στοιχεία υπολογισμού του αστρονομικού αζιμουθίου από τις μετρήσεις κάθε παρατηρητή φαίνονται στους πίνακες 3.5 3.6 και 3.7 που ακολουθούν.

Προσδιορισμός αζιμουθίου από Πολικό		Ημερομηνία : 30 Ιουλίου 2003	
Σημείο παρατήρησης: Σ1	Σημείο μηδενισμού: Σ2	Γωνία μηδενισμού: 0.0000	
Γεωγραφικό πλάτος $\varphi = 39^{\circ} 58' 53''$ Γεωγραφικό μήκος : $22^{\circ} 05' 07''$			
α/α	Ανάγνωση οριζόντιας γωνίας στον πολικό	Αζιμούθιο Σ1-Σ2 (grad)	Υπόλοιπα (cc)
1	110.34696	290.55299	0.88
2	110.34749	290.55297	1.08
3	110.34797	290.55343	-3.45
4	110.34859	290.55344	-3.59
5	110.34983	290.55344	-3.59
6	110.35587	290.55288	2.06
7	110.35685	290.55246	6.22
8	110.35683	290.55325	-1.64
9	110.35757	290.55296	1.25
10	110.36053	290.55278	3.08
11	110.36181	290.55214	9.46
12	110.36284	290.55229	7.90
13	110.36338	290.55235	7.36
14	110.36239	290.55379	-7.08
15	110.36241	290.55429	-12.06
16	110.36416	290.55460	-15.15
17	110.36486	290.55422	-11.41
18	110.36842	290.55220	8.83
19	110.37166	290.55248	6.06
20	110.37238	290.55215	9.29
21	110.37133	290.55363	-5.49
Τιμή αζιμουθίου Σ1-Σ2		Τυπικό σφάλμα της καλλίτερης τιμής	
290.50387 ^g		±1.6 ^{cc}	

Πίνακας 3.5 : Στοιχεία υπολογισμού του αστρονομικού αζιμουθίου $A_{\Sigma_1-\Sigma_2}$
από τις μετρήσεις του I^{ov} παρατηρητή

Προσδιορισμός αζιμουθίου από Πολικό		Ημερομηνία : 30 Ιουλίου 2003	
Σημείο παρατήρησης: Σ1		Σημείο μηδενισμού: Σ2	Γωνία μηδενισμού: 0.0000
Γεωγραφικό πλάτος $\varphi = 39^{\circ} 58' 53''$ Γεωγραφικό μήκος : $22^{\circ} 05' 07''$			
α/α	Ανάγνωση οριζόντιας γωνίας στον πολικό	Αζιμούθιο Σ1-Σ2 (grad)	Υπόλοιπα (cc)
1	110.33175	290.55236	4.31
2	110.33182	290.55326	-4.75
3	110.33243	290.55290	-1.12
4	110.33338	290.55318	-3.90
5	110.33455	290.55237	4.19
6	110.33438	290.55294	-1.55
7	110.33460	290.55293	-1.46
8	110.33559	290.55227	5.19
9	110.33576	290.55230	4.90
10	110.33619	290.55207	7.14
11	110.33621	290.55225	5.34
12	110.33686	290.55269	0.98
13	110.33652	290.55324	-4.46
14	110.33651	290.55356	-7.77
15	110.33685	290.55347	-6.81
16	110.33831	290.55282	-0.34
17	110.33962	290.55202	7.69
18	110.34000	290.55221	5.82
19	110.34015	290.55238	4.13
20	110.34007	290.55286	-0.67
21	110.34099	290.55269	0.95
22	110.34051	290.55337	-5.78
23	110.34076	290.55356	-7.74
24	110.34192	290.55279	-0.05
25	110.34207	290.55285	-0.60
26	110.34278	290.55293	-1.37
27	110.34340	290.55262	1.69
28	110.34369	290.55289	-1.00
29	110.34489	290.55260	1.92
30	110.34415	290.55357	-7.83
31	110.34570	290.55249	2.95
Τιμή αζιμουθίου Σ1-Σ2		Τυπικό σφάλμα της καλλίτερης τιμής	
290.55279^g		$\pm 0.8^{cc}$	

Πίνακας 3.6 : Στοιχεία υπολογισμού του αστρονομικού αζιμουθίου $A_{\Sigma_1-\Sigma_2}$
από τις μετρήσεις του 2^{ov} παρατηρητή

Προσδιορισμός αζιμουθίου από Πολικό		Ημερομηνία : 30 Ιουλίου 2003	
Σημείο παρατήρησης: Σ1	Σημείο μηδενισμού: Σ2	Γωνία μηδενισμού: 0.0000	
Γεωγραφικό πλάτος φ = 39° 58' 53'' Γεωγραφικό μήκος : 22° 05' 07''			
A/α	Ανάγνωση οριζόντιας γωνίας στον πολικό	Αζιμούθιο Σ1-Σ2 (grad)	Υπόλοιπα (cc)
1	110.37335	290.55362	6.58
2	110.37324	290.55423	0.53
3	110.37361	290.55439	-1.09
4	110.37429	290.55406	2.20
5	110.37360	290.55515	-8.65
6	110.37509	290.55443	-1.47
7	110.37503	290.55491	-6.30
8	110.37560	290.55470	-4.19
9	110.37545	290.55537	-10.88
10	110.37784	290.55344	8.44
11	110.37761	290.55405	2.28
12	110.37863	290.55440	-1.20
13	110.37869	290.55506	-7.80
14	110.38061	290.55356	7.19
15	110.38033	290.55422	0.64
16	110.38025	290.55475	-4.74
17	110.38102	290.55429	-0.11
18	110.38196	290.55372	5.58
19	110.38249	290.55364	6.42
20	110.38142	290.55519	-9.13
21	110.38402	290.55314	11.37
22	110.38361	290.55420	0.81
23	110.38444	290.55385	4.35
24	110.38552	290.55315	11.35
25	110.38542	290.55402	2.63
26	110.38761	290.55339	8.92
27	110.38597	290.55539	-11.10
28	110.38726	290.55464	-3.56
29	110.38894	290.55353	7.52
30	110.38806	290.55527	-9.93
31	110.38908	290.55495	-6.68
Τιμή αζιμουθίου Σ1-Σ2		Τυπικό σφάλμα της καλλίτερης τιμής	
290.55428 ^g		±1.2 ^{cc}	

Πίνακας 3.7 : Στοιχεία υπολογισμού του αστρονομικού αζιμουθίου $A_{\Sigma_1-\Sigma_2}$
από τις μετρήσεις του 3^{ov} παρατηρητή

Η γωνία διεύθυνσης της πλευράς $\Sigma_1 - \Sigma_2$ είναι 291.9297° . Συνεπώς σύμφωνα με τα παραπάνω, η διαφορά της γωνίας διεύθυνσης με το αστρονομικό αζιμούθιο για τη συγκεκριμένη περιοχή των μετρήσεων είναι:

$$\alpha_{\Sigma_1\Sigma_2} - A_{\Sigma_1\Sigma_2} = 1.37648^{\circ}$$