



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ (Τ.Ε.Ι.)
ΑΘΗΝΑΣ

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ "Ενίσχυση Ερευνητικών Ομάδων ΤΕΙ"

Υποέργο: 34

Τίτλος: «Αξιολόγηση υψομετρικής πληροφορίας χωροσταθμικού και τριγωνομετρικού δικτύου της Ελλάδας στο πλαίσιο της ενοποίησης των Ευρωπαϊκών συστημάτων αναφοράς και ελέγχου. Εφαρμογή στους Νομούς Αττικής και Θεσσαλονίκης»

Επιστημονικός Υπεύθυνος: Βασίλειος Παγούνης

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ

Τίτλος Παραδοτέου: «Ενδιάμεσα προϊόντα από συλλογή και επεξεργασία δεδομένων».

στο Πλαίσιο του Πακέτου Εργασίας: Συλλογή και προεπεξεργασία δεδομένων.

Ιανουάριος 2013



ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

Συντάκτες:

1. Μιχαήλ Γιαννίου (Επίκουρος Καθηγητής Τ.Ε.Ι. Αθήνας, μέλος Κ.Ε.Ο.)
2. Ορθοδοξία Αραμπατζή (Λέκτορας Σ.Α.Τ.Μ. Ε.Μ.Π., μέλος Ο.Ε.Σ.)
3. Ευάγγελος Ζαχαρήs (Ι.Δ.Α.Χ. Σ.Α.Τ.Μ. Ε.Μ.Π., μέλος Ο.Ε.Σ.)
4. Δημήτριος Αναστασίου (Υποψήφιος Διδάκτορας Σ.Α.Τ.Μ. Ε.Μ.Π., μέλος Ο.Ε.Σ.)
5. Αφροδίτη Κατσαδούρου (Μτπτχ Τ.Α.Τ.Μ. Α.Π.Θ., μέλος Ο.Ε.Σ.)
6. Ειρήνη Κολυβάκη (Μτπτχ Τ.Α.Τ.Μ. Α.Π.Θ., μέλος Ο.Ε.Σ.)
7. Δανάη Γκαϊφύλλια (Μτπτχ φοιτήτρια Τμήματος Γεωγραφίας Χαροκοπείου Πανεπιστημίου, μέλος Ο.Ε.Σ.)
8. Θεοδόσης Κουτσοσίμος (Τελειόφοιτος του Τμήματος Τοπογραφίας του Τ.Ε.Ι. Αθήνας, μέλος Ο.Ε.Σ.) Σταμάτης
9. Σταμάτιος Παλαιοκρασσάς (Τελειόφοιτος του Τμήματος Τοπογραφίας του Τ.Ε.Ι. Αθήνας, μέλος Ο.Ε.Σ.)

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη

1. Ομάδα εργασίας	1
2. Εγκατάσταση δικτύου σημείων ελέγχου	4
2.1 Ορισμός της περιοχής μελέτης	5
2.2 Επιλογή θέσης σημείων	6
2.3 Σήμανση κορυφών του δικτύου	11
3. Η μέτρηση των δικτύων	13
3.1 Δορυφορικές παρατηρήσεις GPS	14
3.1.1 Σχεδιασμός παρατηρήσεων GPS	14
3.1.2 Παρατηρήσεις GPS	18
3.2 Παρατηρήσεις υψομετρικών διαφορών	23
3.2.1 Σχεδιασμός παρατηρήσεων υψομετρικών διαφορών	23
3.2.2 Παρατηρήσεις προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών	26
4. Αποτελέσματα	30
4.1 Αποτελέσματα Δορυφορικών Μετρήσεων GPS	31
4.1.1 Λογισμικά επεξεργασίας μετρήσεων	31
4.1.2 Αποτελέσματα επίλυσης βάσεων	34
4.1.3 Αποτελέσματα συνόρθωσης δικτύων	40
4.2 Αποτελέσματα μετρήσεων υψομετρικών διαφορών	46
5. Συμπεράσματα	51

Βιβλιογραφία

Παράρτημα Α: Αναγνώριση χωροσταθμικών σημείων ελέγχου

Παράρτημα Β: Τεχνικά χαρακτηριστικά

Παράρτημα Γ: Τεκμηρίωση δορυφορικών μετρήσεων

Παράρτημα Δ: Δελτία μετρηθέντων σημείων

Παράρτημα Ε: Πρωτόκολλο μετρήσεων



ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 2.1: Η περιοχή μελέτης στους Νομούς Αττικής (α) και Θεσσαλονίκης (β)	5
Εικόνα 2.2: Προϋπάρχοντα σημεία ελέγχου στο Ν. Αττικής (α) και Ν. Θεσσαλονίκης (β)	6
Εικόνα 2.3: Απόσπασμα του Γεω-Ευρετηρίου της Γ.Υ.Σ. για τους Νομούς Αττικής (α) Θεσσαλονίκης (β)	7
Εικόνα 2.4: Απόσπασμα δορυφορικής εικόνας της διαδρομής αναζήτησης Ε.Ο. Αθηνών – Σουνίου	8
Εικόνα 2.5: Γενική άποψη και λεπτομέρεια Χ.Α. που εντοπίστηκε στην περιοχή του Αυλώνα	9
Εικόνα 2.6: Οι Χ.Α. που εντοπίστηκαν στους Νομούς Αττικής (α) και Θεσσαλονίκης (β)	9
Εικόνα 2.7: Τριγωνομετρικό σημείο στην περιοχή της Ραφήνας (Αττικής) και τα δύο εναλλακτικά του	10
Εικόνα 2.8: Τελική επιλογή της θέσης των σημείων προς μέτρηση στο Ν. Αττικής (στα άσπρα πλαίσια φαίνονται τα εναλλακτικά)	10
Εικόνα 2.9: Τελική επιλογή της θέσης των σημείων προς μέτρηση στο Ν. Θεσσαλονίκης (στα άσπρα πλαίσια φαίνονται τα εναλλακτικά)	11
Εικόνα 2.10: Σήμανση σημείων ελέγχου: (α) – βάθρο Γ.Υ.Σ., (β) - ατσαλόκαρφο	12
Εικόνα 3.1: Σταθμοί αναφοράς του HEPOS στις περιοχές μελέτης στους Νομούς Αττικής (α) και Θεσσαλονίκης (β)	14
Εικόνα 3.2: Μηχανισμός κέντρωσης δέκτη GPS σε βάθρο	15
Εικόνα 3.3: Έντυπο τεκμηρίωσης δορυφορικών παρατηρήσεων	17
Εικόνα 3.4: Δέκτες κατά τη διάρκεια παρατηρήσεων στους Νομούς Αττικής (α) και Θεσσαλονίκης (β)	19
Εικόνα 3.5: Έντυπα καταγραφής μετρήσεων ΓΧ (α) και ΕΤΥ (β)	26

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

Εικόνα 4.1: Διάγραμμα δικτύου Ν. Αττικής	32
Εικόνα 4.2: Διάγραμμα 1ου δικτύου Ν. Θεσσαλονίκης	33
Εικόνα 4.3: Διάγραμμα 2ου δικτύου Ν. Θεσσαλονίκης	33
Εικόνα 4.4: Ελλείψεις σφάλματος δικτύου Ν. Αττικής	41
Εικόνα 4.5: Ελλείψεις σφάλματος 1ου δικτύου Ν. Θεσσαλονίκης	41
Εικόνα 4.6: Ελλείψεις σφάλματος 2ου δικτύου Ν. Θεσσαλονίκης	42
Εικόνα 4.7: Σημεία ελέγχου Ν. Αττικής	50
Εικόνα 4.8: Σημεία ελέγχου Ν. Θεσσαλονίκης	50
Εικόνα 5.1: Παραδείγματα σημείων με περιορισμένη ορατότητα δορυφόρων λόγω έντονης βλάστησης (α) και λόγω εγκατάστασης πυροφυλακίου πάνω από το σημείο (β)	53

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1: Ενδεικτικά αποτελέσματα αναζήτησης διαδρομής Ε.Ο. Αθηνών – Σουνίου	8
Πίνακας 2: Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις GPS	18
Πίνακας 3: Κορυφές του δικτύου ελέγχου Ν. Αττικής που μετρήθηκαν με GPS	19
Πίνακας 4: Κορυφές του δικτύου ελέγχου Ν. Θεσσαλονίκης που μετρήθηκαν με GPS	21
Πίνακας 5: Χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός μέτρησης υψομετρικών διαφορών	27
Πίνακας 6: Υψομετρικές διαφορές που προσδιορίστηκαν στους Νομούς Αττικής και Θεσσαλονίκης (ΓΧ: Γεωμετρική Χωροστάθμιση, ΕΤΥ: Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία)	27
Πίνακας 7: Γεωμετρικές χωροσταθμίσεις για τον προσδιορισμό υψομέτρου έκκεντρων σημείων	28
Πίνακας 8: Αποτελέσματα επίλυσης βάσεων δικτύου Ν. Αττικής. Μονάδες (m)	34
Πίνακας 9: Αποτελέσματα επίλυσης βάσεων 1ου δικτύου Ν. Θεσσαλονίκης. Μονάδες (m)	37
Πίνακας 10: Αποτελέσματα επίλυσης βάσεων 2ου δικτύου Ν. Θεσσαλονίκης. Μονάδες (m)	38
Πίνακας 11: Τελικές HTRS07 συντεταγμένες δικτύου Ν. Αττικής	42
Πίνακας 12: Τελικές HTRS07 συντεταγμένες δικτύων Ν. Θεσσαλονίκης	44
Πίνακας 13: Υψομετρικές διαφορές που προσδιορίστηκαν για τα έκκεντρα χωροσταθμικών αφετηριών Ν. Αττικής. Μονάδες (m)	46
Πίνακας 14: Υψομετρικές διαφορές που προσδιορίστηκαν για τα έκκεντρα χωροσταθμικών αφετηριών Ν. Θεσσαλονίκης. Μονάδες (m)	47

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

Πίνακας 15: Ορθομετρικά υψόμετρα έκκεντρων σημείων περιοχής Ν. Αττικής. Μονάδες (m)	48
Πίνακας 16: Ορθομετρικά υψόμετρα έκκεντρων σημείων περιοχής Ν. Θεσσαλονίκης. Μονάδες (m)	48
Πίνακας 17: Τελικές τιμές ορθομετρικών υψομετρικών διαφορών περιοχής Ν. Αττικής	49
Πίνακας 18: Τελικές τιμές ορθομετρικών υψομετρικών διαφορών περιοχής Ν. Θεσσαλονίκης	49
Πίνακας 19: Στατιστικά στοιχεία χωροσταθμικών αφετηριών	52

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

Περίληψη

Στο παρόν τεύχος περιγράφεται ο σχεδιασμός, η υλοποίηση, οι μετρήσεις και τα αποτελέσματα με την προεπεξεργασία και την τελική επεξεργασία αυτών, όπως πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο του πρώτου παραδοτέου «*Ενδιάμεσα προϊόντα από συλλογή και επεξεργασία δεδομένων*» του Πακέτου Εργασίας 2 «*Συλλογή και προεπεξεργασία δεδομένων*» του Υποέργου 34. Στο Πακέτο Εργασίας 2 περιλαμβάνονται όλες οι διαδικασίες συλλογής και αρχικού ελέγχου των δεδομένων, οι μετρήσεις με δορυφορικές τεχνικές (σύστημα GNSS) και ο συνδυασμός επίγειων και δορυφορικών τεχνικών για τη διαμόρφωση των μετρήσεων σε κατάλληλη μορφή, ώστε στη συνέχεια να επιτραπεί ο έλεγχος με τη βοήθεια αλγορίθμων. Σημειώνεται ότι η περιοχή μελέτης αποτελείται από τους Νομούς Αττικής και Θεσσαλονίκης και για το λόγο αυτό κάθε στάδιο της έρευνας έχει στο τεύχος δύο αναφορές. Με παρόμοιο τρόπο υπάρχει διάκριση και στα Παραρτήματα του τεύχους.

Το τεύχος διαρθρώνεται σε πέντε κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μία αναλυτική περιγραφή της ομάδας εργασίας του συγκεκριμένου παραδοτέου. Το δεύτερο κεφάλαιο περιλαμβάνει το σχεδιασμό των μετρήσεων. Αναλυτικότερα, περιγράφονται η περιοχή μελέτης, η αρχική επιλογή σημείων, η αναγνώριση περιοχής και τέλος ο προγραμματισμός των μετρήσεων. Οι παραπάνω ενέργειες συνοδεύονται από τους αντίστοιχους χρόνους υλοποίησης, ενώ οι πίνακες που αφορούν τα σημεία και χρησιμοποιήθηκαν στις παραπάνω διαδικασίες βρίσκονται σε αντίστοιχο Παράρτημα. Στο επόμενο κεφάλαιο περιγράφεται ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε με τα τεχνικά του χαρακτηριστικά. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι διαδρομές που ακολουθήθηκαν για την αναγνώριση περιοχής, τόσο στο Ν. Αττικής, όσο και στο Ν. Θεσσαλονίκης. Ακολουθεί η περιγραφή της διεξαγωγής των μετρήσεων. Το τέταρτο κεφάλαιο αποτελεί το κύριο μέρος του παραδοτέου και αφορά την προεπεξεργασία, επεξεργασία και παρουσίαση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στους Ν. Αττικής και Θεσσαλονίκης. Στο τελευταίο κεφάλαιο του τεύχους παρουσιάζονται συμπεράσματα σχετικά με την επεξεργασία των μετρήσεων (επίγειων και δορυφορικών), καθώς και τα πρώτα συμπεράσματα σχετικά με την αξιολόγηση του υψομετρικού δικτύου στις περιοχές μελέτης.



ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

Το τεύχος συμπληρώνεται τέλος από τα Παραρτήματα τα οποία τεκμηριώνουν τα στάδια της έρευνας από τον σχεδιασμό έως την υλοποίησή της.

Κεφάλαιο 1



Ομάδα Εργασίας

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

Η ομάδα εργασίας του παραδοτέου αποτελείται από μέλη της Κύριας Ερευνητικής Ομάδας (ΚΕΟ) και της Ομάδας Εξωτερικών Συνεργατών (ΟΕΣ). Στο παραδοτέο αυτό απασχολήθηκαν οι:

- Βασίλειος Παγούνης (Αναπλ. Καθηγητής Τ.Ε.Ι. Αθήνας, Επιστημονικός Υπεύθυνος). Η συμμετοχή του Β. Παγούνη αφορά στην όλη εποπτεία του παραδοτέου, τον συνδυασμό των δραστηριοτήτων και την εξασφάλιση της ομαλής, από επιστημονική και πρακτική άποψη, ροής του προγράμματος.

- Μιχαήλ Γιαννίου (Επίκουρος Καθηγητής Τ.Ε.Ι. Αθήνας, μέλος ΚΕΟ). Ο Μ. Γιαννίου έχει σημαντική ερευνητική δραστηριότητα στην περιοχή της Δορυφορικής Γεωδαισίας αλλά και σε ευρύτερα θέματα της Γεωδαισίας. Η συμμετοχή του στο παραδοτέο αφορά: το σχεδιασμό των μετρήσεων, την αρχική επιλογή των σημείων προς μέτρηση καθώς και την επίβλεψη επεξεργασίας και αξιολόγησης των δορυφορικών δεδομένων με σύστημα GNSS.

- Ορθοδοξία Αραμπατζή (Λέκτορας Σ.Α.Τ.Μ. Ε.Μ.Π., μέλος ΟΕΣ). Η Ο. Αραμπατζή διαθέτει μεγάλη εμπειρία και δημοσιευμένο έργο σε θέματα υψομετρίας. Στο παραδοτέο αυτό συμμετείχε στην αρχική επιλογή των σημείων, στο σχεδιασμό της αναγνώρισης περιοχής, στην τελική επιλογή των σημείων προς μέτρηση καθώς και στην επίβλεψη της διεξαγωγής και επεξεργασίας των επίγειων μετρήσεων.

- Ευάγγελος Ζαχαρής (Ι.Δ.Α.Χ. Σ.Α.Τ.Μ. Ε.Μ.Π., μέλος ΟΕΣ). Ο Ε. Ζαχαρής στο παρόν παραδοτέο συμμετείχε στη συλλογή των δεδομένων (επίγειων και δορυφορικών), καθώς και στην επεξεργασία τους.

- Δημήτριος Αναστασίου (Υποψήφιος Διδάκτορας Σ.Α.Τ.Μ. Ε.Μ.Π., μέλος ΟΕΣ). Ο Δ. Αναστασίου συμμετείχε στην αναγνώριση περιοχής, στις μετρήσεις καθώς και στην επεξεργασία των δεδομένων.

- Αφροδίτη Κατσαδούρου (Μτπτχ Τ.Α.Τ.Μ. Α.Π.Θ., μέλος ΟΕΣ). Η Α. Κατσαδούρου συμμετείχε στην αναγνώριση περιοχής και στις μετρήσεις καθώς και στην επεξεργασία των δεδομένων.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

- Ειρήνη Κολυβάκη (Μτπτχ Τ.Α.Τ.Μ. Α.Π.Θ., μέλος ΟΕΣ). Η Ε. Κολυβάκη συμμετείχε στην αναγνώριση περιοχής και στις μετρήσεις καθώς και στην επεξεργασία των δεδομένων.
- Δανάη Γκαϊφύλλια (Μτπτχ φοιτήτρια Τμήματος Γεωγραφίας Χαροκοπέιου Πανεπιστημίου, μέλος ΟΕΣ). Η Δ. Γκαϊφύλλια συμμετείχε στις μετρήσεις καθώς και στην επεξεργασία των δεδομένων.
- Θεοδόσης Κουτσοσίμος (Τελειόφοιτος του Τμήματος Τοπογραφίας του Τ.Ε.Ι. Αθήνας, μέλος ΟΕΣ). Ο Θ. Κουτσοσίμος συμμετείχε στην αναγνώριση περιοχής καθώς και στις μετρήσεις.
- Σταμάτης Παλαιοκρασσάς (Τελειόφοιτος του Τμήματος Τοπογραφίας του Τ.Ε.Ι. Αθήνας, μέλος ΟΕΣ). Ο Σ. Παλαιοκρασσάς συμμετείχε στην αναγνώριση περιοχής καθώς και στις μετρήσεις.

Κεφάλαιο 2

Εγκατάσταση δικτύου σημείων ελέγχου

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

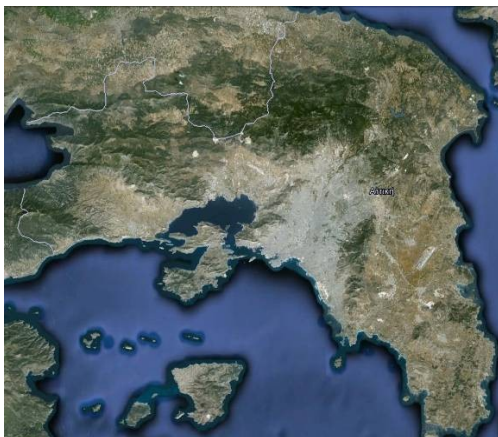
Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι εργασίες εγκατάστασης του δικτύου σημείων ελέγχου. Η ίδρυση του δικτύου ελέγχου περιλαμβάνει τις παρακάτω εργασίες:

- Ορισμός της περιοχής μελέτης
- Επιλογή της θέσης των κορυφών του δικτύου
- Σήμανση κορυφών του δικτύου

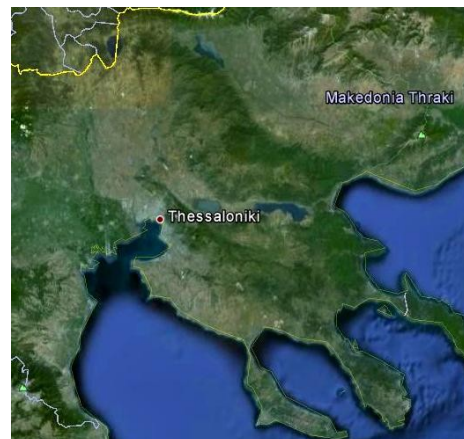
2.1 Ορισμός της περιοχής μελέτης

Η περιοχής μελέτης περιλαμβάνει το Νομό Αττικής και το Νομό Θεσσαλονίκης. Η ακριβής οριοθέτησή τους έγινε με βάση γεωγραφικά κριτήρια χωρίς να ακολουθούνται αυστηρά τα διοικητικά όρια των Νομών.

Με βάση τα παραπάνω η περιοχή μελέτης στην Αττική οριοθετείται βόρεια και δυτικά από τα διοικητικά όρια του Νομού, ενώ νότια και ανατολικά από την ακτογραμμή του Νομού, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.1(α). Αντίστοιχα, η περιοχή μελέτης στο Νομό Θεσσαλονίκης οριοθετείται σύμφωνα με τα διοικητικά όρια του Νομού, ενώ νοτιοδυτικά βρέχεται από το Θερμαϊκό Κόλπο και νοτιοανατολικά από το Στρυμονικό κόλπο, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.1(β).



(α)



(β)

Εικόνα 2.1 Η περιοχή μελέτης στους Νομούς Αττικής (α) και Θεσσαλονίκης (β)

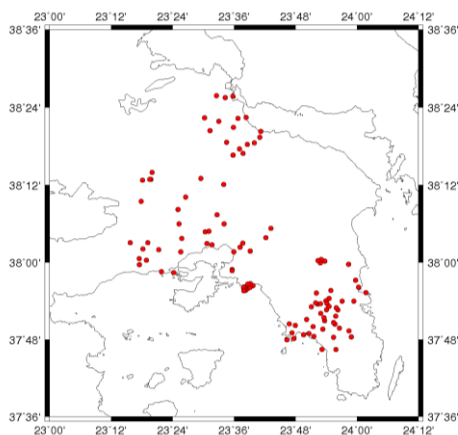
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

2.2 Επιλογή θέσης σημείων

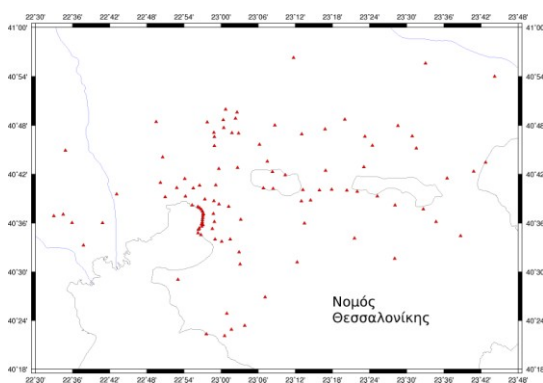
Η επιλογή της θέσης των σημείων του δικτύου αποτέλεσε το πρώτο και βασικότερο στάδιο της ίδρυσης του δικτύου. Η επιλογή αυτή βασίστηκε πρωτίστως σε όσα προέβλεπε η πρόταση του υποέργου, από την οποία ορίστηκαν και οι ισχύουσες προδιαγραφές [1] – [4].

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές τα δύο δίκτυα της περιοχής μελέτης (Αττικής και Θεσσαλονίκης) εντάχθηκαν στο Ελληνικό Σύστημα Εντοπισμού (HEPOS) [5].

Σε πρώτη φάση, στις εργασίες επιλογής θέσης των σημείων ελέγχων του δικτύου αναλύθηκαν όλα τα δεδομένα που ήταν διαθέσιμα στις περιοχές μελέτης. Για το σκοπό αυτό αξιοποιήθηκαν υπάρχοντα δεδομένα από πρόσφατες μελέτες τόσο στο Ν. Αττικής όσο και στο Ν. Θεσσαλονίκης [6] – [17]. Στις Εικόνες 2.2 (α) και 2.2 (β) παρουσιάζονται τα ήδη υπάρχοντα σημεία ελέγχου στους Νομούς Αττικής και Θεσσαλονίκης.



(α)



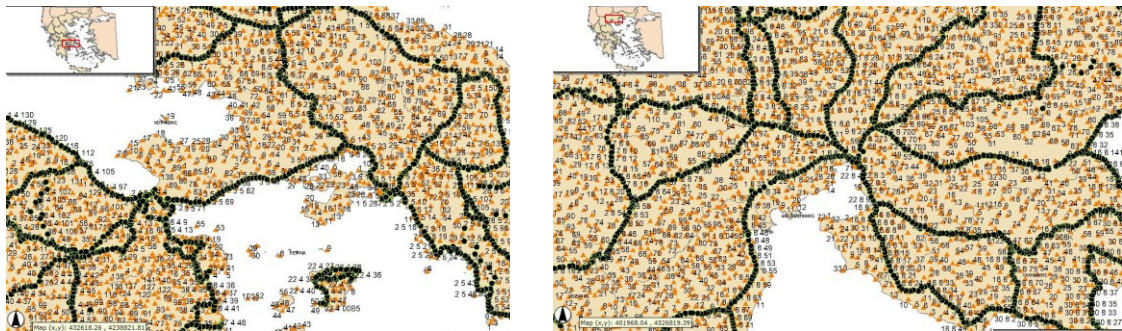
(β)

Εικόνα 2.2 Προϋπάρχοντα σημεία ελέγχου στο Ν. Αττικής (α) και Ν. Θεσσαλονίκης (β)

Η επιλογή της θέσης των νέων σημείων πραγματοποιήθηκε με βάση τα κριτήρια που ορίστηκαν από τις προδιαγραφές ακριβείας και ελέγχοντας την ευκολία πρόσβασης και τον ορατό ορίζοντα για τις μετρήσεις με δορυφορικές τεχνικές. Επιλέχθηκαν σημεία του κρατικού δικτύου (τριγωνομετρικό, χωροσταθμικό δίκτυο) της Γεωγραφικής Υπηρεσίας

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

Στρατού (Γ.Υ.Σ.). Τα τριγωνομετρικά σημεία και οι χωροσταθμικές αφετηρίες για τους Νομούς Αττικής και Θεσσαλονίκης φαίνονται στις Εικόνες 2.3 (α) και 2.3 (β).



(α)

(β)

Εικόνα 2.3 Απόσπασμα του Γεω-Ευρετηρίου της Γ.Υ.Σ. για τους Νομούς Αττικής (α) Θεσσαλονίκης (β) [18]

Η τελική επιλογή των σημείων πραγματοποιήθηκε μετά από επίσκεψη στο πεδίο, όπου ελέγχθηκε η ύπαρξη, η κατάσταση τους και ο καθαρός ορίζοντας, συνθήκες που δεν είναι δυνατόν να εξασφαλιστούν από τον αρχικό σχεδιασμό.

Από παλαιότερες μελέτες έχει διαπιστωθεί ότι μεγάλο μέρος των χωροσταθμικών αφετηριών του δικτύου της Γ.Υ.Σ. είναι κατεστραμμένο [19]. Κατά μήκος πολλών χωροσταθμικών οδεύσεων μάλιστα, όπου από την εποχή εγκατάστασης του δικτύου έως σήμερα έχουν γίνει πολλές παρεμβάσεις στον περιβάλλοντα χώρο (π.χ. διαπλάτυνση Λεωφόρου Κηφισού, διαπλάτυνση και νέα χάραξη Ε.Ο. Αθηνών - Λαμίας, Ε.Ο. Θεσσαλονίκης - Μουδανιών) το μεγαλύτερο μέρος των σημείων δεν υφίσταται πλέον. Πραγματοποιήθηκε αναγνώριση των χωροσταθμικών οδεύσεων της ΓΥΣ ώστε να διαπιστωθεί η ύπαρξη των χωροσταθμικών αφετηριών.

Από το σύνολο των 194 ΧΑ (154 στην Αττική, 40 στη Θεσσαλονίκη) που αναζητήθηκαν εντοπίστηκαν οι 50 ΧΑ (38 στην Αττική, 12 στη Θεσσαλονίκη). Ενδεικτικά αποτελέσματα της αναγνώρισης των ΧΑ παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα και εικόνα. Το σύνολο των αποτελεσμάτων της αναγνώρισης των ΧΑ τόσο για το Νομό Αττικής όσο και για το Νομό Θεσσαλονίκης βρίσκονται στο Παράρτημα Α.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ



Εικόνα 2.4 Απόσπασμα δορυφορικής εικόνας της διαδρομής αναζήτησης Ε.Ο. Αθηνών – Σουνίου

Πίνακας 1 Ενδεικτικά αποτελέσματα αναζήτησης διαδρομής Ε.Ο. Αθηνών - Σουνίου

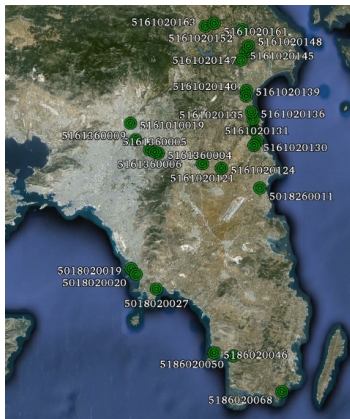
A/A	ΚΩΔΙΚΟΣ Φ. Χ.	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΔΕΥΣΗΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ Χ.Α.	ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ
1	180	02	14	05	ΔΕ ΒΡΕΘΗΚΕ
2	180	02	15	05	ΔΕ ΒΡΕΘΗΚΕ
3	180	02	16	05	ΔΕ ΒΡΕΘΗΚΕ
4	180	02	17	05	ΔΕ ΒΡΕΘΗΚΕ
5	180	02	18	05	ΔΕ ΒΡΕΘΗΚΕ
6	180	02	19	05	Βρέθηκαν 2 μπουλόνια στην Ν.Δ και Ν γωνία της εκκλησίας.
7	180	02	20	05	Βρέθηκε στην Λεωφόρο Καραμανλή 83 στην ΒΑ γωνία βενζινάδικου.
8	180	02	21	05	ΔΕ ΒΡΕΘΗΚΕ

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

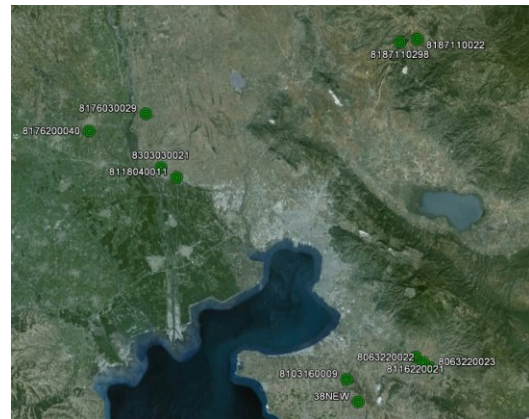


Εικόνα 2.5 Γενική άποψη και λεπτομέρεια Χ.Α. που εντοπίστηκε στην περιοχή του Αυλώνα

Το σύνολο των Χ.Α. που εντοπίστηκαν στους Νομούς Αττικής και Θεσσαλονίκης φαίνονται στις Εικόνες 2.6 (α) και 2.6 (β).



(α)



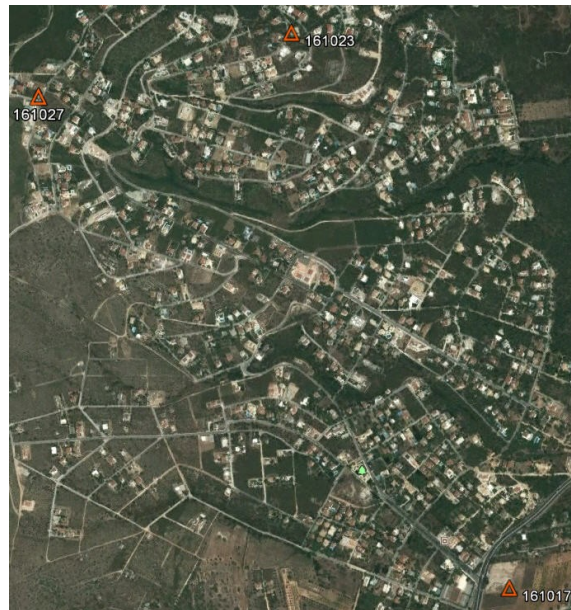
(β)

Εικόνα 2.6 Οι Χ.Α. που εντοπίστηκαν στους Νομούς Αττικής (α) και Θεσσαλονίκης (β)

Η καλύτερη κατάσταση του τριγωνομετρικού δικτύου της ΓΥΣ σε σύγκριση με το χωροσταθμικό δίκτυο οδήγησε στην απευθείας αναγνώριση και μέτρηση των σημείων που επιλεχθήκαν. Παρ' όλα αυτά, υπήρχε ακόμη η πιθανότητα εντοπισμού τριγωνομετρικού σημείου που είχε καταστραφεί. Για το λόγο αυτό, κατά το σχεδιασμό

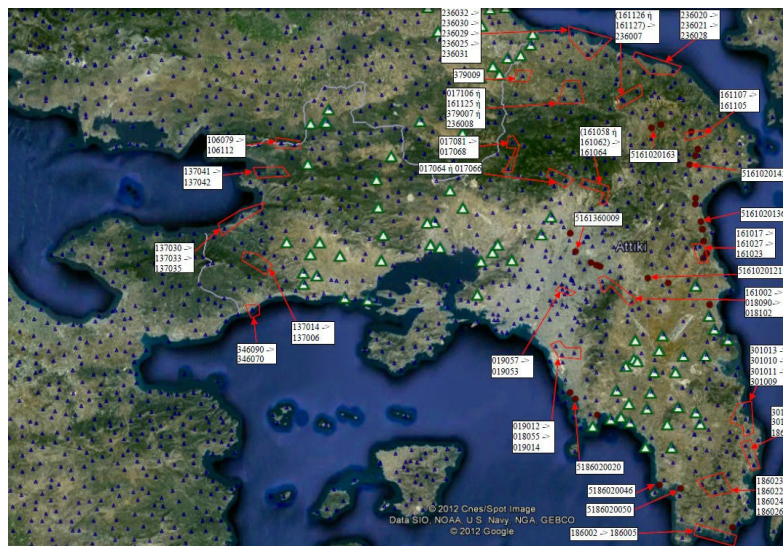
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

επιλέχθηκαν περισσότερα του ενός τριγωνομετρικά σημεία σε κάθε περιοχή ενδιαφέροντος και η αναγνώριση γινόταν κατά το στάδιο των μετρήσεων.



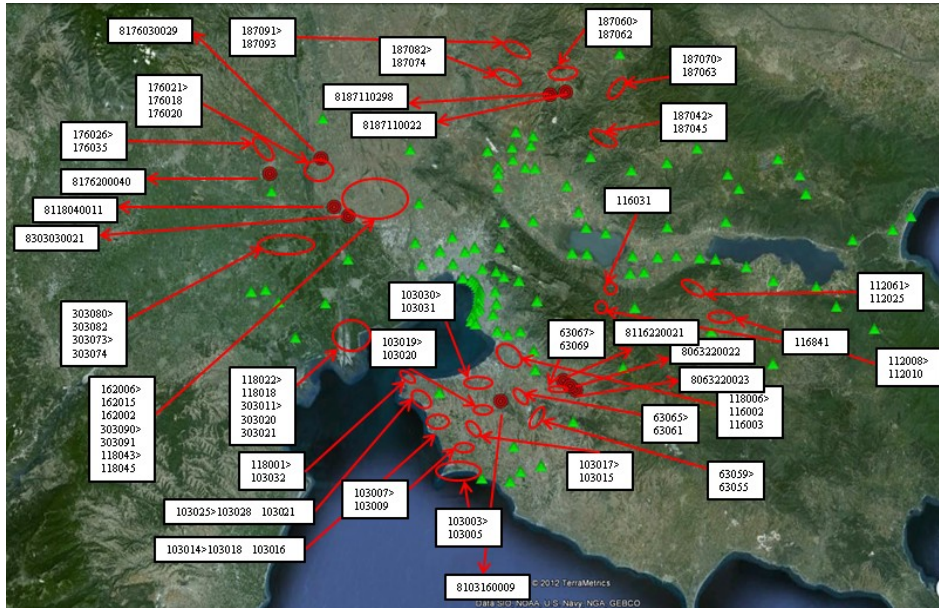
Εικόνα 2.7 Τριγωνομετρικό σημείο στην περιοχή της Ραφήνας (Αττικής) και τα δύο εναλλακτικά

Στις Εικόνες 2.8 και 2.9 φαίνεται η τελική επιλογή της θέσης των σημείων ελέγχου για τους Νομούς Αττικής και Θεσσαλονίκης.



Εικόνα 2.8 Τελική επιλογή της θέσης των σημείων προς μέτρηση στο Ν. Αττικής (στα άσπρα πλαίσια φαίνονται τα εναλλακτικά)

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ



Εικόνα 2.9 Τελική επιλογή της θέσης των σημείων προς μέτρηση στο Ν. Θεσσαλονίκης (στα άσπρα πλαίσια φαίνονται τα εναλλακτικά).

2.3 Σήμανση κορυφών του δικτύου

Με τον όρο «σήμανση», νοείται η μόνιμη ένδειξη των κορυφών του δικτύου ώστε να εξασφαλίζεται η δυνατότητα ανεύρεσής τους και επαναχρησιμοποίησής τους σε άλλες μετρήσεις [20]. Για την υλοποίηση του δικτύου ελέγχου χρησιμοποιήθηκαν δύο (2) είδη σήμανσης. Στις κορυφές του δικτύου - τριγωνομετρικά σημεία της ΓΥΣ αξιοποιήθηκε η υπάρχουσα σήμανση (βάθρα οπλισμένου σκυροδέματος), ενώ στις κορυφές του δικτύου – χωροσταθμικές αφετηρίες της ΓΥΣ ιδρύθηκαν έκκεντρα σημεία σε κοντινή απόσταση και σημάνθηκαν με ασαλόκαρφα. Στις Εικόνες 2.10 (α) και 2.10 (β) παρουσιάζονται παραδείγματα και από τις δύο περιπτώσεις.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ



(α)



(β)

Εικόνα 2.10 Σήμανση σημείων ελέγχου: (α) – βάθρο Γ.Υ.Σ., (β) - ατσαλόκαρφο

Κεφάλαιο 3

Η μέτρηση των δικτύων

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

Οι παρατηρήσεις που έγιναν για τη μέτρηση και την αξιολόγηση των δικτύων ελέγχου στις δύο περιοχές μελέτης, είναι:

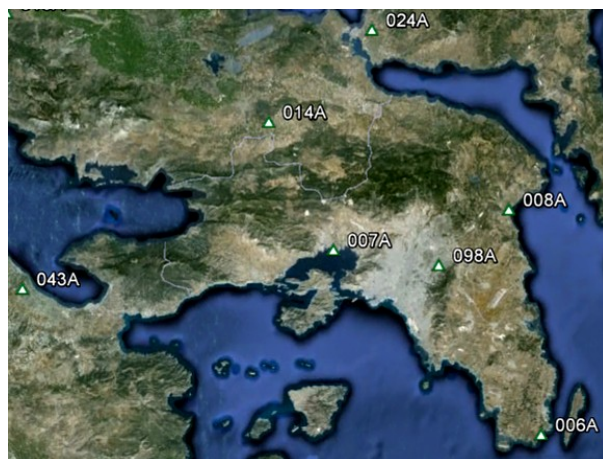
- δορυφορικές παρατηρήσεις GPS,
- παρατηρήσεις υψομετρικών διαφορών με χωροσταθμικές οδεύσεις.

Η επιλογή των οργάνων και της τεχνικής μέτρησης ορίστηκαν από τις προδιαγραφές ακριβείας της πρότασης του ερευνητικού υποέργου.

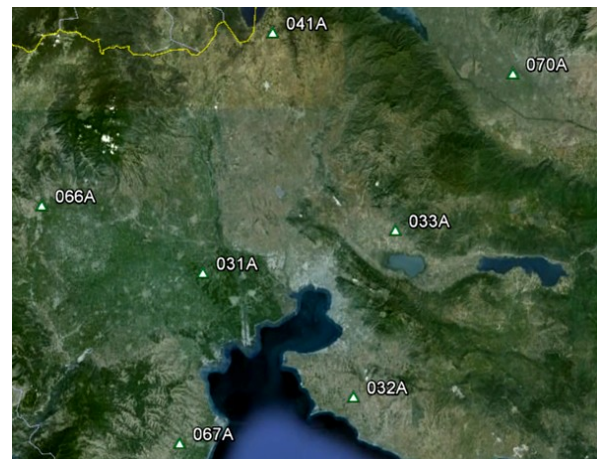
3.1 Δορυφορικές παρατηρήσεις GPS

3.1.1 Σχεδιασμός παρατηρήσεων GPS

Για τον προσδιορισμό των συντεταγμένων των κορυφών των δικτύων ελέγχου με έμφαση στον προσδιορισμό ελλειψοειδών υψομέτρων (h) με αυξημένη ακρίβεια αποφασίστηκε οι παρατηρήσεις GPS να πραγματοποιηθούν με τη χρήση μόνιμων σταθμών αναφοράς. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το Ελληνικό Σύστημα Εντοπισμού HEPOS. Οι πλησιέστεροι σταθμοί HEPOS στις κορυφές των δικτύων ελέγχου φαίνονται στην Εικόνα 3.1.



(α)



(β)

Εικόνα 3.1 Σταθμοί αναφοράς του HEPOS στις περιοχές μελέτης στους Νομούς Αττικής (α) και Θεσσαλονίκης (β)

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

Η επιλογή των δεκτών GPS έγινε σύμφωνα με τα παρακάτω τεχνικά χαρακτηριστικά:

- τουλάχιστον 12 παράλληλα κανάλια για την L1 και 12 παράλληλα κανάλια για την L2,
- μέτρηση φάσεων με πλήρη μήκη κύματος τόσο στην L1 όσο και την L2 ακόμα και με ενεργοποιημένο το A.S. (Anti-Spoofing),
- μέτρηση ψευδοαποστάσεων (μέσω κώδικα) τόσο στην L1 όσο και την L2 ακόμα και με ενεργοποιημένο το A.S. (Anti-Spoofing),
- ονομαστική ακρίβεια για στατικές μετρήσεις 5mm + 1ppm (οριζόντια) και 10mm + 1ppm (κατακόρυφη) ή ισοδύναμες,
- εφαρμογή τεχνικών επεξεργασίας του σήματος για τον περιορισμό των επιδράσεων των φαινομένων πολλαπλών διαδρομών (multipath) και ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών,
- χειριστήριο για την καταχώρηση στοιχείων της μέτρησης, όπως του κωδικού του μετρούμενου σημείου (point name), του ύψους κεραίας (antenna height) και του τρόπου μέτρησής του ανάλογα με τον τύπο της χρησιμοποιούμενης κεραίας.



Εικόνα 3.2 Μηχανισμός κέντρωσης δέκτη GPS σε βάθρο

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

Οι παρατηρήσεις GPS σχεδιάστηκαν σύμφωνα με τα παρακάτω:

- ελάχιστη διάρκεια μέτρησης - 60 λεπτά,
- διάστημα καταγραφής (logging interval) - 15 sec,
- το 90% της συνολικής διάρκειας των μετρήσεων σε ένα σημείο θα πρέπει να αποτελείται από ταυτόχρονες παρατηρήσεις σε τουλάχιστον 6 δορυφόρους,
- PDOP ≤ 4 τουλάχιστον για τα $\frac{3}{4}$ της συνολικής διάρκειας των παρατηρήσεων,
- γωνία αποκοπής (elevation mask) 10°.

Η αναφορά των παρατηρήσεων ορίζεται:

1. βάθρο - στη στέψη του,
2. μαρμάρινη πλάκα ή ορειχάλκινο μπουλόνι - στο επάνω μέρος τους.

Τέλος, το ύψος κεραίας προσδιορίστηκε με ακρίβεια 1 mm.

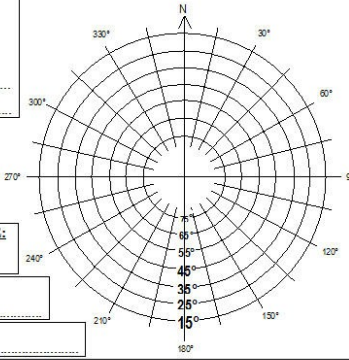
Η κωδικοποίηση των κορυφών των δικτύων ελέγχου βασίστηκε στην κωδικοποίηση της ΓΥΣ [20] με εξαψήφιους κωδικούς σημείων για τα τριγωνομετρικά σημεία και δεκαψήφιους κωδικούς σημείων για τα έκκεντρα σημεία των Χ.Α..

Για τις παρατηρήσεις σε κάθε κορυφή των δικτύων (sessions), καταγράφηκαν τα ακόλουθα στοιχεία σε ειδικό έντυπο (Εικόνα 3.3):

- ημερομηνία μέτρησης (ΗΗ/ΜΜ/ΕΕ),
- ώρα έναρξης και λήξης της μέτρησης (ΩΩ:ΛΛ),
- ονοματεπώνυμο του παρατηρητή,
- κωδικός του σημείου,
- είδος σήμανσης της κορυφής,
- τρόπος τοποθέτησης της κεραίας (με τρίποδα ή σε βάση κέντρωσης),
- τύπος του δέκτη (κατασκευάστρια εταιρία και μοντέλο),
- τύπος της κεραίας (κατασκευάστρια εταιρία και μοντέλο)
- ύψος κεραίας και τρόπος μέτρησής του,

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

- προσανατολισμός της κεραίας,
- εμπόδια ορατότητας στο διάγραμμα ουρανού (sky-plot),
- όνομα του αρχείου μετρήσεων,
- παρατηρήσεις.

ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ:	ΗΜ/ΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ (DDMMYY): _/_/200_	ΕΝΑΡΞΗ: _:__:__ ΛΗΞΗ: _:__:__	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ <input type="checkbox"/> Κανένα εμπόδιο άνω των 15° <input type="checkbox"/> Εμπόδια όπως στο σκίτσο
ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ: <input type="checkbox"/> Βάθρο <input type="checkbox"/> Μπουλόκι <input type="checkbox"/> Μαρμάρινη πλάκα <input type="checkbox"/> Άλλο:	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ: <input type="checkbox"/> Τρικόγλιο <input type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τρικόγλιο <input type="checkbox"/> Τρίποδα <input type="checkbox"/> Άλλο:		
ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: _ . _ _ _ m ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ:	ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ:		
ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	ΟΝΟΜΑΙΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:	
<input type="checkbox"/> Σταθερός δέκτης <input type="checkbox"/> Κινητός δέκτης. Ο Σταθερός είναι στο:			
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:			

Εικόνα 3.3 Έντυπο τεκμηρίωσης δορυφορικών παρατηρήσεων

Η τεκμηρίωση των παρατηρήσεων συμπληρώνεται και από μία φωτογραφία που εξασφαλίζει την εποπτική απεικόνιση της κορυφής του δικτύου ώστε να διακρίνεται ο περιβάλλον χώρος και ο ορίζοντας του σημείου και μία δεύτερη φωτογραφία από κοντινή απόσταση στην οποία να διακρίνεται ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε (σκόπιμο είναι να διακρίνεται ο τύπος της κεραίας και να μπορεί να εκτιμηθεί προσεγγιστικά το ύψος κεραίας). Τέλος, συλλέχθηκαν στοιχεία απαραίτητα για την περιγραφή της θέσης του σημείου καθώς και για τη σύνταξη οδοιπορικού.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

3.1.2 Παρατηρήσεις GPS

Οι μετρήσεις στο Νομό Αττικής πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας εξοπλισμό του Εργαστηρίου Γεωδαισίας - Τοπογραφίας του Τμήματος Τοπογραφίας του Τ.Ε.Ι. Αθήνας. Χρησιμοποιήθηκαν δύο γεωδαιτικοί δέκτες δύο συχνοτήτων GPS της κατασκευάστριας εταιρίας TOPCON και τα χειριστήρια TOPCON FC-100 που συνοδεύουν τους δέκτες. Αντίστοιχα, οι μετρήσεις στο Νομό Θεσσαλονίκης πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας εξοπλισμό της ερευνητικής ομάδας GeoGrav του Τομέα Γεωδαισίας-Τοπογραφίας του Τμήματος Αγρονόμων-Τοπογράφων Μηχανικών του Α.Π.Θ. και συγκεκριμένα με τη χρήση δύο δεκτών GPS δύο συχνοτήτων της κατασκευάστριας εταιρίας Leica Geosystems και τα χειριστήρια Leica Geosystems TR500 που συνοδεύουν τους δέκτες.

Πίνακας 2 Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις GPS

Περιοχή μετρήσεων	Τύπος δέκτη	S/N δέκτη	Τύπος κεραίας
Ν. Αττικής	TOPCON HiperPro	8QTKZ0JXIPS	TOPCON HiperPro
Ν. Αττικής	TOPCON HiperPro	8QSNHYFFE4	TOPCON HiperPro
Ν. Θεσσαλονίκης	Leica Geosystems SR520	20583	Leica Geosystems AT502
Ν. Θεσσαλονίκης	Leica Geosystems SR520	20598	Leica Geosystems AT502

Τα αναλυτικά χαρακτηριστικά των παραπάνω δεκτών δίνονται στο Παράρτημα Β. Στην Εικόνα 4.4 φαίνονται οι δέκτες TOPCON και Leica Geosystems κατά τη διάρκεια μετρήσεων σε σημεία στην Αττική και Θεσσαλονίκη αντίστοιχα.

Κατά τη διάρκεια της παραμονής στο πεδίο, όλες οι παρατηρήσεις τεκμηριώθηκαν σύμφωνα με το σχεδιασμό των παρατηρήσεων GPS σε αντίστοιχο έντυπο. Το σύνολο των συμπληρωμένων αυτών εντύπων βρίσκεται στο Παράρτημα Γ. Τα στοιχεία των

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

παρατηρήσεων GPS που πραγματοποιήθηκαν σε Αττική και Θεσσαλονίκη δίνονται στους πίνακες που ακολουθούν.



(α)



(β)

Εικόνα 3.4 Δέκτες κατά τη διάρκεια παρατηρήσεων στους Νομούς Αττικής (α) και Θεσσαλονίκης (β)

Πίνακας 3 Κορυφές του δικτύου ελέγχου Ν. Αττικής που μετρήθηκαν με GPS

Σημείο	Τύπος Κεραίας	Ύψος κεραίας (m)	Τρόπος μέτρησης	Χρόνος έναρξης	Διάρκεια (h:m:s)
017064	HiPer Pro	0.191	Vertical	9/14/2012 12:30	1:24:15
019010E	HiPer Pro	1.463	Vertical	9/11/2012 11:27	1:14:30
019053	HiPer Pro	0.192	Vertical	9/14/2012 9:06	0:55:00
137014	HiPer Pro	0.188	Vertical	9/5/2012 8:11	2:06:00
137030	HiPer Pro	0.194	Vertical	9/5/2012 8:51	1:08:45
137041	HiPer Pro	0.189	Vertical	9/4/2012 8:41	1:18:15
161002E	HiPer Pro	1.626	Vertical	9/18/2012 8:52	1:09:15
161017	HiPer Pro	0.193	Vertical	8/31/2012 5:45	1:10:00

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

161064	HiPer Pro	0.222	Vertical	9/13/2012 11:56	1:37:15
161105	HiPer Pro	0.189	Vertical	9/13/2012 7:56	1:02:00
161125	HiPer Pro	0.189	Vertical	9/7/2012 9:12	1:00:00
161126	HiPer Pro	0.189	Vertical	9/6/2012 6:34	0:58:45
186002	HiPer Pro	0.192	Vertical	9/19/2012 12:00	1:00:15
186022	HiPer Pro	0.184	Vertical	9/20/2012 8:38	1:01:00
236021	HiPer Pro	0.189	Vertical	9/6/2012 9:01	0:56:15
236030	HiPer Pro	0.189	Vertical	9/6/2012 11:48	0:55:15
301004	HiPer Pro	0.191	Vertical	9/20/2012 10:24	1:00:30
301013	HiPer Pro	0.189	Vertical	9/20/2012 11:57	1:00:15
346090	HiPer Pro	0.188	Vertical	9/5/2012 11:26	0:59:00
379009	HiPer Pro	0.188	Vertical	9/6/2012 13:42	0:58:00
5018020020E	HiPer Pro	1.466	Vertical	9/11/2012 8:53	1:14:00
5161020121E	HiPer Pro	1.590	Vertical	9/18/2012 11:36	1:03:00
5161020136E	HiPer Pro	1.407	Vertical	8/31/2012 7:26	1:36:15
5161020145E	HiPer Pro	1.462	Vertical	8/31/2012 7:57	0:59:00
5161020163E	HiPer Pro	1.440	Vertical	9/13/2012 9:40	1:15:00
5161360009E	HiPer Pro	1.480	Vertical	9/14/2012 11:17	3:14:15
5186020046E	HiPer Pro	1.571	Vertical	9/19/2012 8:30	1:01:45
5186020050E	HiPer Pro	1.475	Vertical	9/19/2012 10:23	1:03:00

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

Πίνακας 4 Κορυφές του δικτύου ελέγχου Ν. Θεσσαλονίκης που μετρήθηκαν με GPS

Σημείο	Τύπος Κεραίας	Ύψος κεραίας (m)	Τρόπος μέτρησης	Χρόνος έναρξης	Διάρκεια (h:m:s)
103005	AT502	0.246	Vertical	9/3/2012 15:17	1:02:15
103007	AT502	0.244	Vertical	9/3/2012 12:52	1:02:15
103014	AT502	0.243	Vertical	9/3/2012 16:56	1:02:45
103017	AT502	0.249	Vertical	9/3/2012 11:24	1:02:30
103019	AT502	0.243	Vertical	9/3/2012 9:29	1:02:15
103025	AT502	0.245	Vertical	9/3/2012 18:25	1:02:30
103031	AT502	0.236	Vertical	9/3/2012 07:57	1:03:30
103032	AT502	0.245	Vertical	9/3/2012 20:40	1:03:00
112008	AT502	0.240	Vertical	9/3/2012 10:03	1:00:30
112061	AT502	0.243	Vertical	9/3/2012 12:22	1:00:30
116031	AT502	0.238	Vertical	9/3/2012 15:29	1:01:30
116841	AT502	0.235	Vertical	10/2/2012 10:10	1:00:00
118006	AT502	0.240	Vertical	9/3/2012 07:05	1:00:45
118022	AT502	0.238	Vertical	9/5/2012 07:31	1:00:00
118045	AT502	0.236	Vertical	10/2/2012 13:54	1:00:45
162015	AT502	0.236	Vertical	9/6/2012 08:08	1:00:30
176021	AT502	0.235	Vertical	9/5/2012 15:16	1:01:15

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

176026	AT502	0.238	Vertical	9/5/2012 13:10	1:00:15
187042	AT502	0.233	Vertical	9/4/2012 08:07	1:00:45
187060	AT502	0.235	Vertical	9/4/2012 12:54	1:00:15
187070	AT502	0.237	Vertical	9/4/2012 10:46	1:00:15
187074	AT502	0.237	Vertical	9/4/2012 17:02	1:00:15
187091	AT502	0.239	Vertical	9/4/2012 14:51	1:00:00
303067	AT502	0.240	Vertical	9/6/2012 12:14	1:00:15
303090	AT502	0.235	Vertical	9/5/2012 17:21	1:00:15
303091	AT502	0.239	Vertical	9/6/2012 09:33	1:00:15
63060	AT502	0.235	Vertical	9/4/2012 14:00	1:02:15
63065	AT502	0.239	Vertical	9/4/2012 15:40	1:02:15
63067	AT502	0.235	Vertical	9/4/2012 10:13	1:02:30
8063220022E	AT502	1.083	Vertical	9/4/2012 09:02	1:02:15
8063220023E	AT502	1.103	Vertical	9/4/2012 11:48	1:10:30
8103160009E	AT502	1.156	Vertical	9/4/2012 17:27	1:01:45
8116220021E	AT502	1.069	Vertical	9/4/2012 07:21	1:02:15
8118040011E	AT502	1.227	Vertical	9/6/2012 14:03	1:00:00
8176030029E	AT502	1.156	Vertical	9/5/2012 15:12	1:00:30
8176200040E	AT502	1.126	Vertical	9/5/2012 12:55	1:01:00
8187110022E	AT502	1.095	Vertical	9/11/2012 20:25	1:00:00
8187110298E	AT502	1.165	Vertical	9/11/2012 19:02	1:00:00

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

8303030021E	AT502	1.210	Vertical	9/5/2012 17:05	1:01:00
-------------	-------	-------	----------	----------------	---------

3.2 Παρατηρήσεις υψομετρικών διαφορών

Για την παρατήρηση των υψομετρικών διαφορών ανάμεσα στα σημεία του δικτύου χρησιμοποιήθηκαν τρεις μέθοδοι, αυτή της γεωμετρικής χωροστάθμησης, η μέθοδος της Τριγωνομετρικής Υψομετρίας και αυτή της Ειδικής Τριγωνομετρικής Υψομετρίας [21]- [22].

Οι παρατηρήσεις υψομετρικών διαφορών μεταξύ των κορυφών των δικτύων πραγματοποιήθηκαν για τις κοντινές κορυφές με τη χρήση της μεθόδου της γεωμετρικής χωροστάθμησης ενώ για τις κορυφές μεταξύ των οποίων η απόσταση υπερέβαινε το 1km χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της Ε.Τ.Υ.. Για τις κορυφές των δικτύων που ανήκαν στο χωροσταθμικό δίκτυο της ΓΥΣ (έκκεντρες κορυφές) ο οριζοντιογραφικός προσδιορισμός έγινε με παρατηρήσεις GPS, ενώ ο προσδιορισμός του υψομέτρου τους έγινε με τη μέθοδο της γεωμετρικής χωροστάθμησης.

3.2.1 Σχεδιασμός παρατηρήσεων υψομετρικών διαφορών

Για τον προσδιορισμό υψομετρικών διαφορών ΔΗ μεταξύ κορυφών του δικτύου που βρίσκονται σε αποστάσεις μέχρι 1 Km, ανάλογα και με την κλίση του εδάφους ή τα πιθανά φυσικά ή τεχνητά εμπόδια που υπήρχαν μεταξύ τους χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της γεωμετρικής χωροστάθμησης (spirit leveling – ΓΧ).

Η επιλογή των χωροβατών έγινε σύμφωνα με τις προδιαγραφές ακριβείας του υποέργου. Η ονομαστική ακρίβεια τους ορίστηκε στα $\pm 1 - 2$ mm/km. Στους χωροβάτες

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω έλεγχοι κατά ISO στις εγκαταστάσεις του Εργαστηρίου Γεωδαισίας – Τοπογραφίας του Τ.Ε.Ι. Αθήνας [23]:

- Έλεγχος του μηχανικού μέρους του οργάνου
- Έλεγχος της ορθής λειτουργίας του τηλεσκοπίου
- Έλεγχος κατακορυφότητας του σταυρονήματος
- Έλεγχος της ορθής λειτουργίας των συστημάτων οριζοντίωσης του σκοπευτικού άξονα ΣΣ' («έλεγχος από το μέσο και το άκρο»).

Σημειώνεται ότι ο παραπάνω έλεγχος επαναλαμβάνονταν κάθε φορά στο πεδίο πριν την έναρξη των μετρήσεων.

Για τη διαδικασία των μετρήσεων ορίστηκαν τα ακόλουθα:

- μέγιστη απόσταση μεταξύ οργάνου και σταδίας 60 – 70m,
- τοποθέτηση του χωροβάτη κατά το δυνατόν στη μεσοκάθετο της απόστασης μεταξύ των 2 σταδίων,
- μέγιστη κάλυψη της σταδίας από εμπόδια στο οπτικό πεδίο του οργάνου 30% για αποστάσεις μεγαλύτερες των 5m,
- αποφυγή χαμηλών σκοπεύσεων - κοντά στο έδαφος (μικρότερες του 0.5m), καθώς και πολύ ψηλές σκοπεύσεις στο επάνω τμήμα της σταδίας,
- άρτιος αριθμός στάσεων των χωροσταθμικών οδεύσεων,
- προσδιορισμός της υψομετρικής διαφοράς σε μετάβαση και επιστροφή (aller – retour), χωρίς να χρησιμοποιούνται τα ίδια ενδιάμεσα σημεία.

Σε περιπτώσεις όπου τα σφάλματα κλεισίματος μεταξύ μετάβασης και επιστροφής σε μια χωροστάθμηση υπερέβαιναν τα όρια που είχαν οριστεί στις προδιαγραφές ακριβείας του υποέργου, η χωροστάθμηση επαναλαμβάνονταν.

Σε αποστάσεις κορυφών των δικτύων με μεγάλη κλίση εδάφους και φυσικά και τεχνητά εμπόδια μεταξύ τους, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της ΕΤΥ.

Η επιλογή των γεωδαιτικών σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν έγινε βάσει των προδιαγραφών ακριβείας του υποέργου. Έτσι, χρησιμοποιήθηκαν:



ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

- ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός με απόδοση στη μέτρηση των κατακόρυφων γωνιών $\pm 6''$ ($2''$) ή και καλύτερη, ακρίβεια στα μήκη της τάξης των $\pm 2\text{mm} \pm 1\text{ppm}$ ή και καλύτερη και αποσπώμενα τρικόχλια,
- στόχοι σκοπεύσεων γωνιών ακριβείας, με ανακλαστήρα για τη μέτρηση των μηκών,
- βαθμονομημένοι μετρητικοί πήχεις (σταδίες) με υποδιαιώσεις mm,
- τρίποδες με αντίστοιχα τρικόχλια.
- Τα όργανα ελέγχθηκαν κατά ISO/DIN στις εγκαταστάσεις του Εργαστηρίου Γεωδαισίας – Τοπογραφίας του Τ.Ε.Ι. Αθήνας [24] – [25]. Οι έλεγχοι αυτοί μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:
 - έλεγχος του μηχανικού μέρους του οργάνου,
 - έλεγχος ακρίβειας μέτρησης των οριζοντίων γωνιών,
 - έλεγχος ακρίβειας μέτρησης των κατακόρυφων γωνιών,
 - έλεγχος ακρίβειας μέτρησης των αποστάσεων.

Κατά τη διάρκεια των παρατηρήσεων μεταξύ των κορυφών των δικτύων, καταγράφονταν σε ειδικά έντυπα τα απαραίτητα στοιχεία για τους υπολογισμούς (Εικόνα 3.5).



ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

Πίνακας 5 Χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός μέτρησης υψομετρικών διαφορών

Περιοχή μετρήσεων	Κατασκευαστής οργάνου	S/N οργάνου	Τύπος οργάνου
Ν. Αττικής	Geomax ZDL700	4200046	Ψηφιακός χωροβάτης
Ν. Αττικής	Topcon DL-101C	U G3181	Ψηφιακός χωροβάτης
Ν. Αττικής	Leica Geosystems TCR1202	870724	Ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός
Ν. Θεσσαλονίκης	Leica Geosystems Sprinter 150M	20583	Ψηφιακός χωροβάτης
Ν. Θεσσαλονίκης	Leica Geosystems TCR1202	870625	Ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός

Για την υψομετρική αξιολόγηση των δικτύων μετρήθηκαν οκτώ (8) υψομετρικές διαφορές (έξι (6) στο Ν. Αττικής και δύο (2) στο Ν. Θεσσαλονίκης). Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται αναλυτικά τα στοιχεία κάθε υψομετρικής διαφοράς που προσδιορίστηκε.

Πίνακας 6 Υψομετρικές διαφορές που προσδιορίστηκαν στους Νομούς Αττικής και Θεσσαλονίκης
(ΓΧ: Γεωμετρική Χωροστάθμηση, ΕΤΥ: Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία)

α/α	Περιοχή	Από	Προς	Απόσταση (km)	Μέθοδος*	Εξοπλισμός
1	Άνω Σούλι	5161020148	5161020147	1.13	ΓΧ	Topcon DL-101C
2	Ραφήνα	5161020130	161017	0.60	ΓΧ	Topcon DL-

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

						101C
3	Ραφήνα	5161020130	5161020131	0.95	ΕΥΥ	Leica TCR 1202
4	Ν. Μάκρη	5161020135	5161020136	1.23	ΕΥΥ	Leica TCR 1202
5	Γραμματικό	5161020152	161105	0.40	ΕΥΥ	Leica TCR 1202
6	Καπανδρίτι	5161020163	5161020161	3.46	ΕΥΥ	Leica TCR 1202
7	Περιστέρα	8063220022	63067	0.30	ΓΧ	Leica Sprinter 150M
8	Πρόχωμα	8176030029	176021	0.30	ΓΧ	Leica Sprinter 150M

Επίσης, μετρήθηκαν υψομετρικές διαφορές για τον προσδιορισμό υψομέτρων στις έκκεντρες κορυφές των δικτύων με ΓΧ και Τριγωνομετρική Υψομετρία. Προσδιορίστηκαν συνολικά είκοσι (21) υψομετρικές διαφορές (δέκα (11) στο Ν. Αττικής, δέκα (10) στο Ν. Θεσσαλονίκης).

Πίνακας 7 Γεωμετρικές χωροσταθμίσεις για τον προσδιορισμό υψομέτρου έκκεντρων σημείων

α/α	Περιοχή	Από	Προς	Εξοπλισμός
1	Ν. Μάκρη	5161020136	5161020136E	Geomax ZDL700
2	Μαραθώνας	5161020145	5161020145E	Geomax ZDL700

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

3	Βούλα	5018020020	5018020020E	Geomax ZDL700
4	Καπανδρίτι	5161020163	5161020163E	Geomax ZDL700
5	Ν. Ιωνία	5161360009	5161360009E	Geomax ZDL700
6	Ελληνικό	019010	019010E	TCR 1202
7	Χολαργός	161002	161002E	Geomax ZDL700
9	Παλλήνη	5161020121	5161020121E	Geomax ZDL700
10	Παλαιά Φώκαια	5186020046	5186020046E	Geomax ZDL700
11	Ανάβυσσος	5186020050	5186020050E	Geomax ZDL700
12	Λακκιά	8116220021	8116220021E	Leica Sprinter 150M
13	Περιστέρα	8063220022	8063220022E	Leica Sprinter 150M
14	Βασιλικά	8063220023	8063220023E	Leica Sprinter 150M
15	Καρδιά	8103160009	8103160009E	Leica Sprinter 150M
16	Αγ. Αθανάσιος	8118040011	8118040011E	Leica Sprinter 150M
17	Γέφυρα	8303030021	8303030021E	Leica Sprinter 150M
18	Πρόχωμα	8176030029	8176030029E	Leica Sprinter 150M
19	Δορκάδα	8187110022	8187110022E	Leica Sprinter 150M
20	Κουφάλια	8176200040	8176200040E	Leica Sprinter 150M

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

21	Καρτεραί	8187110298	8187110298E	Leica Sprinter 150M
----	----------	------------	-------------	---------------------

Τέλος, για τον προσδιορισμό του υψομέτρου στο σημείο 190019 (σταυρός εκκλησίας – απρόσιτο σημείο) εφαρμόστηκε η μέθοδος της τριγωνομετρικής υψομετρίας. Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση ολοκληρωμένου γεωδαιτικού σταθμού και άμεση μέτρηση της απόστασης (reflector less).

Κεφάλαιο 4



Αποτελέσματα

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

4.1 Αποτελέσματα Δορυφορικών Μετρήσεων GPS

Είναι γνωστό ότι τα υψόμετρα που προσδιορίζονται από παρατηρήσεις GPS είναι αισθητά χαμηλότερης ακρίβειας από ότι οι αντίστοιχες οριζόντιες θέσεις. Λόγω της αναγκαιότητας προσδιορισμού ελλειψοειδών υψομέτρων μεγάλης ακρίβειας, πέραν των αυστηρών προδιαγραφών συλλογής παρατηρήσεων, ιδιαίτερο βάρος δόθηκε και στην επεξεργασία των μετρήσεων, όπως περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω.

4.1.1 Λογισμικά επεξεργασίας μετρήσεων

Προκειμένου να υπάρχει έλεγχος της ακρίβειας και της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων των μετρήσεων GPS αποφασίστηκε οι επιλύσεις των μετρήσεων να γίνουν ανεξάρτητα και από τις τρεις ερευνητικές υπό-ομάδες που συμμετέχουν στο πρόγραμμα. Πιο συγκεκριμένα τα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν από κάθε ερευνητική υπό-ομάδα ήταν:

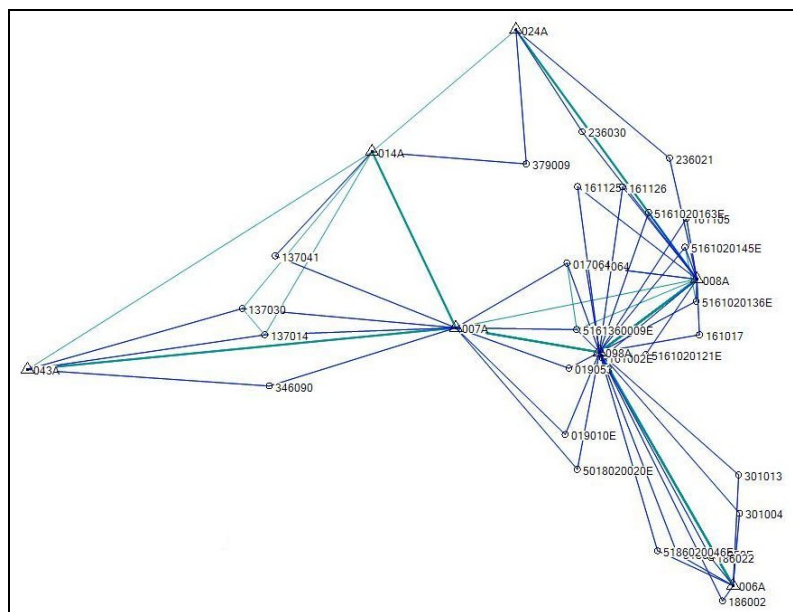
- TEIA: Trimble Business Center (TBC) ver. 1.12, Topcon Tools (TT) ver. 7.5.1
- GG: Leica Geo Office (LGO) ver. 5.0
- ΕΜΠ: Bernese GPS Software ver. 5.0

Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των τεσσάρων λογισμικών προέκυψε ταύτιση των συντεταγμένων των σημείων στο επίπεδο των λίγων mm για την πλειοψηφία των βάσεων. Διαφορές παρατηρήθηκαν, όπως ήταν αναμενόμενο, στα σημεία όπου η λήψη των σημάτων GPS ήταν δυσχερής λόγω ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών και εμποδίων όπως π.χ. δέντρα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων σημείων αποτελούν τα σημεία 017064 και 161125 στην Αττική καθώς και τα σημεία 112061 και 187070 στη Θεσσαλονίκη. Η επιλογή της επίλυσης που έγινε τελικά αποδεκτή για τον καθορισμό των τελικών συντεταγμένων έγινε με βάση το ποσοστό των επιλύσεων “fixed” που προέκυψαν από το κάθε λογισμικό καθώς και από το επίπεδο ταύτισης των δύο βάσεων που λύθηκαν για κάθε σημείο (από τους δύο πλησιέστερους σταθμούς HEPOS). Βάσει των παραπάνω

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

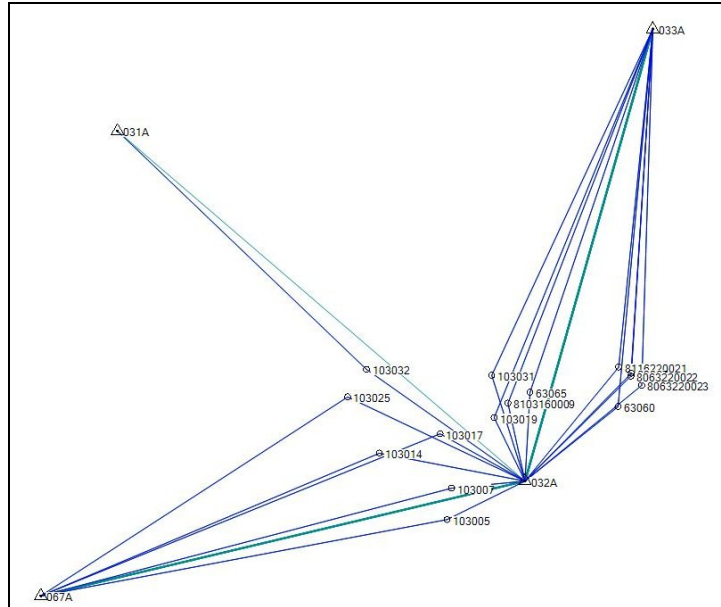
κριτηρίων το λογισμικό TBC επιλέχθηκε για τον προσδιορισμό των συντεταγμένων των σημείων.

Η επεξεργασία των παρατηρήσεων GPS έγινε δημιουργώντας τρία διακριτά projects: ένα για τις μετρήσεις στο Ν. Αττικής και δύο για τις μετρήσεις στο Ν. Θεσσαλονίκης. Ο λόγος για τον οποίο δημιουργήθηκαν δύο projects για τα σημεία της περιοχής Θεσσαλονίκης είναι ότι εκεί οι παρατηρήσεις πραγματοποιήθηκαν από δύο συνεργεία μετρήσεων σε αλληλεπικαλυπτόμενες χρονικές περιόδους, κάτι που δημιουργεί δυσχέρειες με την διαχείριση των αρχείων των σταθμών αναφοράς αν η επίλυση γίνει σε ένα ενιαίο project. Στις Εικόνες 4.1 - 4.3 δίνονται τα διαγράμματα των τριών δικτύων, όπου διακρίνονται οι σταθμοί αναφοράς (τρίγωνα) τα σημεία που μετρήθηκαν (κύκλοι) και οι βάσεις που επιλύθηκαν.

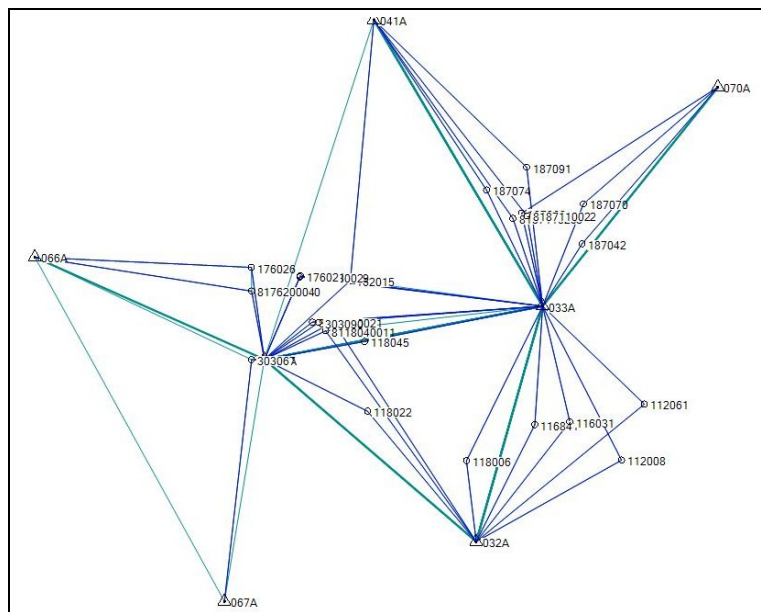


Εικόνα 4.1 Διάγραμμα δικτύου Ν. Αττικής

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ



Εικόνα 4.2 Διάγραμμα 1^{ου} δικτύου Ν. Θεσσαλονίκης



Εικόνα 4.3 Διάγραμμα 2^{ου} δικτύου Ν. Θεσσαλονίκης

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

4.1.2 Αποτελέσματα επίλυσης βάσεων

Η επεξεργασία των βάσεων έγινε χρησιμοποιώντας τις ακόλουθες παραμέτρους επίλυσης:

- Εφημερίδες δορυφόρων: εκπεμπόμενες,
- Γωνία αποκοπής: 10°,
- Μοντέλα βαθμονόμησης κεραιών: US National Geodetic Survey,
- Επίλυση ασαφειών φάσεις: υπολογισμός ακέραιων τιμών.

Στις περιπτώσεις παρατηρήσεων σε σημεία με προβλήματα στη λήψη των δορυφορικών σημάτων, λόγω π.χ. εμποδίων ή ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών, έγινε εντοπισμός των προβληματικών παρατηρήσεων, οι οποίες εξαιρέθηκαν από τις επιλύσεις. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίστηκε η μέγιστη δυνατή ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Στους Πίνακες 8, 9 και 10 δίνονται τα αποτελέσματα των επιλύσεων των βάσεων του κάθε δικτύου. Για κάθε βάση δίνονται: το σημείο αρχής και τέλους του διανύσματος της βάσης, η διάρκεια μέτρησης, η οριζοντιογραφική ακρίβεια, η υψομετρική ακρίβεια, οι συνιστώσες της βάσεις ΔΧ, ΧΥ, ΔΖ και η ελλειψοειδής απόσταση μεταξύ της αρχής και του τέλους της βάσης.

Πίνακας 8 Αποτελέσματα επίλυσης βάσεων δικτύου Ν. Αττικής. Μονάδες (m)

From Point ID	To Point ID	Duration	H Precision	V Precision	ΔΧ	ΔΥ	ΔΖ	Ellip. Dist.
007A	017064	1:24:00	0.013	0.020	-12680.762	13845.752	8460.136	20587.493
098A	017064	1:24:00	0.013	0.019	-5736.096	-8235.621	11352.911	15150.091
007A	019053	0:54:45	0.014	0.025	-3483.771	18267.841	-4886.950	19226.309
098A	019053	0:54:45	0.008	0.015	3460.920	-3813.484	-1994.136	5521.899
007A	137014	2:04:45	0.010	0.044	13203.160	-27638.692	-791.286	30636.416
043A	137014	1:07:45	0.012	0.026	-17863.066	33594.171	4934.524	38362.948
007A	137030	1:08:30	0.012	0.025	11958.395	-32090.489	2254.182	34320.004

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΛΗΣ ΙΙΙ

043A	137030	1:07:30	0.012	0.025	-19107.809	29142.384	7980.013	35749.721
007A	137041	1:17:45	0.012	0.022	5148.668	-29367.160	8932.222	31123.887
014A	137041	1:17:45	0.012	0.022	15434.137	-10103.067	-13303.636	22741.596
008A	161017	1:09:30	0.010	0.018	4894.682	2610.364	-6938.461	8882.904
098A	161017	1:09:30	0.013	0.023	-8148.140	13902.714	2135.368	16254.488
008A	161064	1:37:00	0.011	0.017	6209.865	-16750.881	1904.162	17962.875
098A	161064	1:37:00	0.010	0.015	-6832.861	-5458.469	10978.090	14034.592
008A	161105	0:59:00	0.012	0.018	-4604.875	-3893.748	7826.374	9875.854
098A	161105	0:59:00	0.015	0.023	-17647.663	7398.633	16900.262	25529.051
008A	161125	0:59:30	0.013	0.027	-442.792	-21121.264	11757.856	24175.776
098A	161125	0:59:30	0.020	0.051	-13485.613	-9828.906	20831.714	26690.265
008A	161126	0:58:30	0.015	0.026	-3045.439	-14374.358	11977.920	18945.258
098A	161126	0:58:30	0.016	0.027	-16088.244	-3081.997	21051.779	26668.528
006A	186002	0:59:15	0.006	0.008	2084.990	-932.336	-1910.435	2977.315
098A	186002	0:59:15	0.015	0.021	14161.414	27890.615	-31467.262	44367.788
006A	186022	1:00:00	0.008	0.015	-926.627	-4338.017	3655.447	5745.408
098A	186022	1:00:00	0.015	0.026	11149.867	24484.972	-25901.331	37344.503
008A	236021	0:56:00	0.012	0.027	-9103.589	-8855.187	15241.611	19838.919
024A	236021	0:56:00	0.013	0.029	1721.992	27692.196	-16004.984	32030.518
008A	236030	0:55:00	0.014	0.026	-5875.582	-22753.050	18508.753	29912.970
024A	236030	0:55:00	0.013	0.023	4950.033	13794.340	-12737.856	19417.354
006A	301004	0:59:45	0.012	0.018	-6782.612	-1906.456	9216.545	11600.090
098A	301004	0:59:45	0.014	0.022	5293.875	26916.524	-20340.236	34149.228
006A	301013	0:59:15	0.014	0.019	-10208.959	-3578.159	14038.844	17722.886
098A	301013	0:59:15	0.015	0.020	1867.536	25244.812	-15517.944	29690.596
007A	346090	0:58:45	0.014	0.023	17177.814	-25039.559	-7494.863	31276.467
043A	346090	0:58:45	0.014	0.023	-13888.354	36193.312	-1769.016	38806.584

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

014A	379009	0:57:45	0.015	0.024	-8970.182	23042.191	-1544.520	24773.126
024A	379009	0:57:45	0.015	0.023	11557.311	6951.746	-16736.407	21493.751
007A	019010E	1:14:15	0.014	0.023	2540.777	20303.599	-13378.065	24446.925
098A	019010E	1:14:15	0.012	0.020	9485.449	-1777.724	-10485.288	14249.104
008A	161002E	1:09:00	0.014	0.022	13394.024	-10624.997	-9747.209	19677.844
098A	161002E	1:09:00	0.004	0.006	351.257	667.374	-673.329	1009.684
007A	5018020020E	1:13:45	0.014	0.032	4851.446	23464.572	-17795.983	29846.405
098A	5018020020E	1:13:45	0.013	0.028	11796.083	1383.223	-14903.223	19055.419
008A	5161020121E	1:02:00	0.011	0.018	10262.355	-4445.250	-9394.643	14604.656
098A	5161020121E	1:02:00	0.008	0.013	-2780.429	6847.104	-320.791	7396.762
008A	5161020136E	1:36:00	0.005	0.007	2030.821	773.320	-2760.871	3513.466
098A	5161020136E	1:36:00	0.011	0.015	-11011.991	12065.669	6312.954	17511.345
008A	5161020145E	0:58:45	0.009	0.010	-2084.101	-3016.965	4041.119	5456.596
098A	5161020145E	0:58:45	0.015	0.018	-15126.912	8275.380	13114.964	21662.362
008A	5161020163E	1:14:45	0.013	0.018	-2658.255	-9662.220	8558.758	13174.943
098A	5161020163E	1:14:45	0.015	0.021	-15700.986	1630.185	17632.690	23664.922
007A	5161360009E	3:13:15	0.007	0.033	-7569.309	17828.667	-99.720	19368.555
098A	5161360009E	3:13:15	0.004	0.018	-624.597	-4252.649	2793.107	5125.270
006A	5186020046E	1:01:30	0.012	0.026	1805.048	-12458.895	4405.717	13337.516
098A	5186020046E	1:01:30	0.014	0.030	13881.505	16364.081	-25151.082	33060.110
006A	5186020050E	1:02:30	0.011	0.017	800.960	-9434.832	3983.713	10272.557
098A	5186020050E	1:02:30	0.014	0.022	12877.403	19388.133	-25573.106	34577.715

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

Πίνακας 9 Αποτελέσματα επίλυσης βάσεων 1^{ου} δικτύου Ν. Θεσσαλονίκης. Μονάδες (m)

From Point ID	To Point ID	Duration	H Precision	V Precision	ΔX	ΔY	ΔZ	Ellip. Dist.
032A	063060	1:02:15	0.012	0.017	-6765.078	5496.132	4799.513	9950.064
033A	063060	1:02:15	0.016	0.020	19908.578	5683.769	-23961.000	31665.967
032A	063065	1:02:00	0.009	0.014	-4537.623	-1564.767	5673.160	7430.940
033A	063065	1:02:00	0.016	0.026	22136.052	-1377.134	-23087.348	32013.577
032A	063067	1:02:30	0.013	0.016	-8915.056	5759.235	6886.425	12651.490
033A	063067	1:02:30	0.016	0.020	17758.584	5946.859	-21874.075	28795.267
032A	103005	1:02:15	0.011	0.021	4425.482	-5159.589	-2567.152	7265.383
067A	103005	1:02:15	0.014	0.026	-17210.252	29496.444	5186.193	34541.228
032A	103007	1:02:15	0.009	0.014	2750.495	-5506.675	-550.477	6179.480
067A	103007	1:02:15	0.024	0.046	-18885.230	29149.370	7202.873	35470.844
032A	103014	1:02:45	0.012	0.019	3371.884	-11822.140	1586.181	12394.779
067A	103014	1:02:45	0.017	0.029	-18263.861	22833.906	9339.525	30694.557
032A	103017	1:02:00	0.015	0.016	469.200	-7561.666	2929.068	8122.500
067A	103017	1:02:00	0.021	0.023	-21166.544	27094.354	10682.399	36002.654
032A	103019	1:02:15	0.008	0.015	-2043.760	-3736.553	4066.322	5887.493
033A	103019	1:02:15	0.015	0.027	24629.891	-3548.943	-24694.184	35056.294
032A	103025	1:02:30	0.011	0.021	1668.299	-15486.070	5157.413	16406.853
067A	103025	1:02:30	0.012	0.023	-19967.469	19169.953	12910.747	30542.528
032A	103031	1:02:45	0.012	0.016	-4149.504	-4890.909	6670.815	9253.880
033A	103031	1:02:45	0.016	0.021	22524.139	-4703.306	-22089.699	31896.147
031A	103032	1:02:30	0.011	0.025	3638.297	24388.019	-14842.049	28779.821
032A	103032	1:02:30	0.010	0.022	-310.582	-14641.446	6937.861	16204.584
032A	8063220022	1:02:15	0.010	0.024	-8759.158	5787.560	6698.216	12452.907

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

033A	8063220022	1:02:15	0.012	0.028	17914.474	5975.178	-22062.303	29040.239
032A	8063220023	1:02:00	0.012	0.021	-8661.467	6819.659	6121.661	12609.268
033A	8063220023	1:02:00	0.014	0.026	18012.193	7007.288	-22638.834	29766.012
032A	8103160009	1:01:45	0.008	0.019	-3246.730	-3010.027	4968.360	6654.375
033A	8103160009	1:01:45	0.012	0.030	23426.996	-2822.390	-23792.107	33508.019
032A	8116220021	1:02:15	0.013	0.017	-8801.081	4650.312	7256.787	12318.076
033A	8116220021	1:02:15	0.016	0.020	17872.562	4837.926	-21503.735	28376.134

Πίνακας 10 Αποτελέσματα επίλυσης βάσεων 2^{ου} δικτύου Ν. Θεσσαλονίκης. Μονάδες (m)

From Point ID	To Point ID	Duration	H Precision	V Precision	ΔX	ΔY	ΔZ	Ellip. Dist.
032A	112008	1:00:30	0.021	0.027	-16680.000	18139.661	10458.451	26762.951
033A	112008	1:00:30	0.021	0.027	9993.793	18327.272	-18301.989	27755.063
032A	112061	1:00:30	0.023	0.056	-23616.462	19070.558	17177.769	34874.726
033A	112061	1:00:30	0.014	0.034	3057.118	19258.138	-11582.777	22676.250
032A	116031	1:00:30	0.012	0.021	-17167.742	8811.128	14940.702	24401.391
033A	116031	1:00:30	0.012	0.022	9505.883	8998.729	-13819.847	19031.451
032A	116841	0:59:30	0.013	0.026	-14114.103	4008.584	15020.943	20967.959
033A	116841	0:59:30	0.013	0.025	12559.536	4196.189	-13739.572	19050.691
032A	118006	1:00:45	0.014	0.019	-7133.026	-4891.900	9784.884	13059.071
033A	118006	1:00:45	0.016	0.022	19540.600	-4704.302	-18975.662	27640.565
031A	118022	1:00:00	0.015	0.021	-1607.897	17436.259	-6124.860	18550.398
032A	118022	1:00:00	0.016	0.021	-5556.777	-21593.222	15655.081	27243.188
031A	118045	1:00:30	0.013	0.019	-8053.047	14058.511	2355.572	16371.830
033A	118045	1:00:30	0.014	0.021	14671.689	-24783.349	-4625.060	29168.844

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

031A	162015	0:59:30	0.015	0.024	-12815.812	9417.015	9894.001	18727.949
041A	162015	0:59:30	0.017	0.025	26566.683	7688.271	-31551.319	41955.160
031A	176021	1:01:15	0.018	0.028	-10170.979	1797.435	10255.357	14554.536
033A	176021	1:01:15	0.014	0.028	12553.733	-37044.468	3274.706	39249.676
031A	176026	1:00:00	0.024	0.028	-7927.949	-5808.744	11182.310	14887.193
066A	176026	1:00:00	0.027	0.031	-12638.806	32454.694	-725.295	34835.858
033A	187042	1:00:00	0.014	0.019	-8066.206	3345.307	8027.392	11843.898
070A	187042	1:00:00	0.016	0.024	24306.392	-13086.070	-18611.741	33282.838
033A	187060	1:00:15	0.014	0.021	-7203.010	-6898.974	11583.673	15276.432
070A	187060	1:00:15	0.036	0.033	25169.604	-23330.340	-15055.399	37469.074
033A	187070	1:00:00	0.015	0.016	-12039.345	1809.955	12784.962	17645.435
070A	187070	1:00:00	0.060	0.040	20333.280	-14621.411	-13854.120	28612.332
033A	187074	1:00:15	0.014	0.024	-7277.759	-13109.422	14228.625	20666.548
041A	187074	1:00:15	0.014	0.025	9379.937	24003.692	-20236.130	32763.640
033A	187091	1:00:00	0.013	0.023	-11860.345	-8100.188	17199.984	22398.473
041A	187091	1:00:00	0.014	0.026	4797.383	29012.925	-17264.743	34093.712
031A	303067	0:59:45	0.004	0.008	831.264	-1868.506	-59.856	2045.930
067A	303067	0:59:45	0.013	0.026	-24753.397	-6241.960	29473.375	38991.453
031A	303090	1:00:15	0.010	0.022	-6945.647	6466.088	4590.682	10541.536
033A	303090	1:00:15	0.012	0.031	15779.046	-32375.796	-2389.979	36094.663
031A	303091	0:59:45	0.015	0.022	-7917.443	8606.476	4710.044	12606.976
032A	303091	0:59:45	0.018	0.031	-11866.318	-30422.998	26489.973	42047.811
031A	8118040011	0:59:15	0.013	0.017	-6612.519	7844.984	3577.335	10865.754
032A	8118040011	0:59:15	0.016	0.021	-10561.455	-31184.500	25357.242	41556.529
031A	8176030029	1:00:30	0.012	0.021	-10060.878	1765.350	10138.933	14391.677
033A	8176030029	1:00:30	0.013	0.024	12663.835	-37076.549	3158.281	39305.775
031A	8176200040	1:01:00	0.014	0.020	-5707.250	-4781.083	8274.173	11130.632

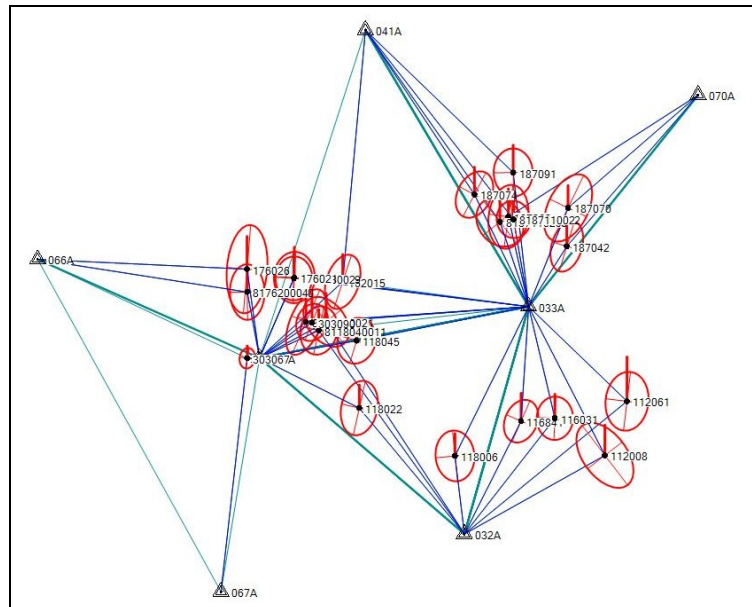
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

066A	8176200040	1:01:00	0.018	0.028	-10418.109	33482.351	-3633.439	35253.087
033A	8187110022	0:59:45	0.010	0.024	-7350.634	-6033.468	11192.660	14680.542
041A	8187110022	0:59:45	0.011	0.027	9307.034	31079.634	-23272.090	39922.930
033A	8187110298	0:59:30	0.014	0.021	-6214.461	-8000.352	10862.882	14847.297
041A	8187110298	0:59:30	0.016	0.023	10443.193	29112.750	-23601.897	38901.999
031A	8303030021	1:01:00	0.018	0.024	-6597.276	5503.910	4612.643	9751.513
033A	8303030021	1:01:00	0.023	0.031	16127.413	-33337.975	-2368.019	37108.773

4.1.3 Αποτελέσματα συνόρθωσης δικτύων

Μετά την επίλυση των βάσεων ακολούθησε η συνόρθωσή τους με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων για τον υπολογισμό των τελικών συντεταγμένων των σημείων. Στη συνόρθωση συμμετείχαν μόνο στοχαστικά ανεξάρτητες βάσεις. Δεδομένου ότι για κάθε σημείο χρησιμοποιήθηκαν οι δύο πλησιέστεροι σταθμοί αναφοράς του HEPOS, δημιουργούνται για κάθε σημείο τρεις συνολικά βάσεις, εκ των οποίων όμως, μόνο δύο είναι στοχαστικά ανεξάρτητες [25]. Για το λόγο αυτό για τον προσδιορισμό κάθε σημείου χρησιμοποιήθηκαν δύο από τις τρεις βάσεις του τριγώνου που δημιουργείται ανάμεσα στο σημείο και στους δύο σταθμούς αναφοράς και συγκεκριμένα οι βάσεις από τους δύο σταθμούς προς το σημείο. Στις Εικόνες 4.4 – 4.6 φαίνονται οι ελλείψεις σφάλματος για το κάθε σημείο, όπως προέκυψαν για κάθε ένα από τα τρία δίκτυα.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ



Εικόνα 4.6 Ελλείψεις σφάλματος 2^{ου} δικτύου Ν. Θεσσαλονίκης

Στους Πίνακες 11 και 12 δίνονται οι τελικές HTRS07 συντεταγμένες των σημείων όπως προέκυψαν από τη συνόρθωση και τα αντίστοιχα σφάλματά τους. Όπως προκύπτει από τις τυπικές αποκλίσεις των συνορθωμένων συντεταγμένων η ακρίβεια που επιτεύχθηκε καλύπτει τις ανάγκες του έργου. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η μέση τυπική απόκλιση των συντεταγμένων για τα σημεία της Αττικής ανέρχεται σε $\sigma_E = 0.007m$, $\sigma_N = 0.009m$ και $\sigma_h = 0.020m$. Οι αντίστοιχες τιμές για τα σημεία του Ν. Θεσσαλονίκης είναι: $\sigma_E = 0.009m$, $\sigma_N = 0.011m$ και $\sigma_h = 0.023m$.

Πίνακας 11 Τελικές HTRS07 συντεταγμένες δικτύου Ν. Αττικής

Σημείο	ϕ	λ	h (m)	σ_E (m)	σ_N (m)	σ_h (m)
017064	N38°08'08.44847"	E23°44'37.07827"	500.004	0.007	0.010	0.019
019053	N37°59'03.71581"	E23°44'51.20219"	302.125	0.006	0.008	0.017

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

137014	N38°01'47.82190"	E23°11'32.81471"	478.524	0.007	0.008	0.030
137030	N38°04'03.49119"	E23°09'05.05235"	74.940	0.008	0.009	0.024
137041	N38°08'37.75023"	E23°12'37.83325"	113.789	0.007	0.008	0.021
161017	N38°01'58.10771"	E23°59'07.83979"	128.074	0.006	0.009	0.019
161064	N38°07'56.58120"	E23°46'39.58415"	359.071	0.007	0.008	0.015
161105	N38°12'01.51400"	E23°57'42.32324"	333.634	0.008	0.009	0.019
161125	N38°14'45.14459"	E23°45'45.41928"	281.352	0.008	0.011	0.032
161126	N38°14'43.88664"	E23°50'42.45736"	686.054	0.010	0.011	0.025
186002	N37°38'58.69263"	E24°01'39.22601"	102.027	0.005	0.006	0.010
186022	N37°42'43.58607"	E24°00'22.29574"	230.105	0.006	0.008	0.017
236021	N38°17'13.35028"	E23°55'50.94537"	113.073	0.008	0.009	0.027
236030	N38°19'30.11719"	E23°46'14.05956"	45.182	0.009	0.011	0.023
301004	N37°46'32.73766"	E24°03'30.40938"	188.048	0.008	0.010	0.019
301013	N37°49'52.06438"	E24°03'25.10659"	133.390	0.009	0.010	0.019
346090	N37°57'23.10839"	E23°12'06.55898"	38.020	0.009	0.011	0.022
379009	N38°16'42.08537"	E23°40'06.85131"	153.977	0.009	0.011	0.022
019010E	N37°53'20.21519"	E23°44'28.17206"	77.648	0.008	0.010	0.020
161002E	N37°59'58.21807"	E23°48'30.62519"	296.285	0.003	0.004	0.008
5018020020E	N37°50'19.64244"	E23°45'48.46110"	40.794	0.008	0.010	0.028
5161020121E	N38°00'14.53178"	E23°53'14.18148"	225.113	0.006	0.007	0.014
5161020136E	N38°04'52.03508"	E23°58'46.73963"	55.080	0.004	0.005	0.008
5161020145E	N38°09'31.69746"	E23°57'33.18225"	84.508	0.007	0.008	0.012
5161020163E	N38°12'31.41463"	E23°53'33.16891"	346.403	0.007	0.011	0.018
5161360009E	N38°02'24.26163"	E23°45'42.18747"	164.679	0.003	0.004	0.021

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

5186020046E	N37°43'18.73459"	E23°54'33.99893"	55.239	0.008	0.010	0.026
5186020050E	N37°43'01.78173"	E23°56'43.49327"	41.237	0.008	0.010	0.018

Πίνακας 12 Τελικές HTRS07 συντεταγμένες δικτύων Ν. Θεσσαλονίκης

Σημείο	φ	λ	h (m)	σE (m)	σN (m)	σh (m)
063060	N40°28'14.08064"	E23°06'01.79000"	172.105	0.009	0.012	0.020
063065	N40°28'50.68962"	E23°00'48.94858"	194.665	0.008	0.009	0.019
063067	N40°29'44.98684"	E23°06'47.88810"	101.439	0.010	0.012	0.019
103005	N40°23'03.34027"	E22°56'00.11215"	63.759	0.008	0.010	0.024
103007	N40°24'28.38404"	E22°56'14.23614"	92.888	0.007	0.010	0.020
103014	N40°26'00.74856"	E22°51'57.20213"	43.040	0.009	0.011	0.024
103017	N40°26'55.25736"	E22°55'31.65441"	140.535	0.010	0.012	0.020
103019	N40°27'40.60992"	E22°58'42.72698"	252.680	0.007	0.008	0.019
103025	N40°28'31.79741"	E22°50'01.98292"	83.021	0.009	0.010	0.024
103031	N40°29'35.11737"	E22°58'32.50562"	125.920	0.007	0.011	0.019
103032	N40°29'47.18196"	E22°51'07.65086"	101.331	0.008	0.009	0.025
8063220022	N40°29'37.09406"	E23°06'46.39559"	96.707	0.009	0.009	0.027
8063220023	N40°29'12.45738"	E23°07'25.07271"	98.871	0.008	0.010	0.024
8103160009	N40°28'20.18879"	E22°59'31.05636"	211.434	0.007	0.007	0.024
8116220021	N40°30'01.07232"	E23°06'02.67372"	90.735	0.008	0.012	0.019
112008	N40°32'00.61891"	E23°17'01.15583"	703.719	0.013	0.015	0.027
112061	N40°36'52.61702"	E23°19'34.16436"	514.934	0.010	0.013	0.040
116031	N40°35'18.02133"	E23°11'04.99538"	481.977	0.008	0.010	0.022

44



ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

116841	N40°35'00.60522"	E23°07'06.20100"	1232.519	0.008	0.010	0.025
118006	N40°31'49.72273"	E22°59'21.94772"	60.283	0.009	0.012	0.020
118022	N40°36'00.66152"	E22°48'01.83929"	44.884	0.008	0.012	0.021
118045	N40°42'02.36373"	E22°47'35.59377"	68.471	0.009	0.010	0.020
162015	N40°47'18.44404"	E22°45'51.78633"	300.258	0.008	0.012	0.025
176021	N40°47'37.96174"	E22°40'08.44017"	155.599	0.009	0.012	0.027
176026	N40°48'18.82567"	E22°34'32.13159"	113.806	0.009	0.020	0.029
187042	N40°50'43.39190"	E23°12'18.46290"	803.617	0.007	0.012	0.021
187060	N40°53'19.13687"	E23°05'21.78068"	685.422	0.009	0.015	0.025
187070	N40°54'10.28786"	E23°12'25.05774"	698.303	0.011	0.015	0.020
187074	N40°55'17.01654"	E23°01'18.89550"	527.118	0.009	0.011	0.025
187091	N40°57'17.65249"	E23°05'52.62547"	771.139	0.009	0.011	0.025
303067	N40°40'19.57338"	E22°34'43.86743"	51.493	0.004	0.005	0.011
303090	N40°43'37.77327"	E22°42'19.04459"	75.054	0.007	0.008	0.026
303091	N40°43'42.18084"	E22°43'59.16917"	100.119	0.010	0.011	0.026
8118040011	N40°42'55.11798"	E22°43'07.76163"	50.375	0.008	0.011	0.019
8176030029	N40°47'33.21454"	E22°40'05.36747"	147.093	0.008	0.010	0.022
8176200040	N40°46'15.66841"	E22°34'36.24153"	65.262	0.008	0.013	0.023
8187110022	N40°53'05.23323"	E23°05'58.25768"	583.437	0.008	0.009	0.026
8187110298	N40°52'51.33936"	E23°04'21.95444"	574.690	0.011	0.011	0.022
8303030021	N40°43'39.36850"	E22°41'35.49072"	51.555	0.009	0.015	0.027

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

4.2 Αποτελέσματα μετρήσεων υψομετρικών διαφορών

Τα τελικά αποτελέσματα των υψομετρικών διαφορών που μετρήθηκαν με ΓΧ προέκυψαν από το μέσο όρο μετάβασης και επιστροφής (aller – retour), εφόσον η διαφορά μεταξύ τους δεν υπερέβαινε τα όρια που είχαν οριστεί στις προδιαγραφές ακριβείας του υποέργου.

Τα τελικά αποτελέσματα των υψομετρικών διαφορών που μετρήθηκαν με ΕΤΥ, προέκυψαν από τη σχέση:

$$\Delta H_{R_1 R_2} = (A_1 - A_2) + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{T_i T_j} - \Delta H_{T_j T_i}}{2}$$

Όπου:

$\Delta H_{R_1 R_2}$ = η υψομετρική διαφορά μεταξύ των R_1 και R_2

A_1 = η ανάγνωση στο μετρητικό πήχη στην υψομετρική αφετηρία R_1

A_2 = η ανάγνωση στο μετρητικό πήχη στην υψομετρική αφετηρία R_2

$\Delta H_{T_i T_j}$ = η υψομετρική διαφορά μεταξύ των τριχοχλίων στις θέσεις T_i και T_j

$\Delta H_{T_j T_i}$ = η υψομετρική διαφορά μεταξύ των τριχοχλίων στις θέσεις T_j και T_i

Τα αποτελέσματα φαίνονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 13 Υψομετρικές διαφορές που προσδιορίστηκαν για τα έκκεντρα χωροσταθμικών αφετηριών Ν. Αττικής. Μονάδες (m)

Από	Προς	ΔΗ
5161020136	5161020136E	-0.360
5161020145	5161020145E	-0.539
5018020020	5018020020E	- 0.1715

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

5161020163	5161020163E	-0.914
5161360009	5161360009E	0.569
161002E	161002	-0.3215
5161020121E	5161020121	1.3235
5186020046	5186020046E	0.714
5186020050	5186020050E	-1.354
019010E	019010	14.877

Πίνακας 14 Υψομετρικές διαφορές που προσδιορίστηκαν για τα έκκεντρα χωροσταθμικών αφετηριών Ν. Θεσσαλονίκης. Μονάδες (m)

Από	Προς	ΔΗ
8116220021	8116220021E	0.399
8063220022	8063220022E	0.123
8063220023	8063220023E	0.796
8103160009	8103160009E	0.232
8118040011	8118040011E	-0.562
8303030021	8303030021E	-0.447
8176030029	8176030029E	2.0638
8187110022	8187110022E	-2.221
8176200040	8176200040E	0.556
8187110298	8187110298E	0.728

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

Πίνακας 15 Ορθομετρικά υψόμετρα έκκεντρων σημείων περιοχής Ν. Αττικής. Μονάδες (m)

Σημείο	H	Σημείο	H
019010E	39.340	5018020020E	2.808
161002E	259.163	5186020046E	18.625
5161020121E	186.402	5161020136E	16.234
5161020145E	45.521	5161020163E	307.2851
5161360009E	126.159	5186020050E	3.107

Πίνακας 16 Ορθομετρικά υψόμετρα έκκεντρων σημείων περιοχής Ν. Θεσσαλονίκης. Μονάδες (m)

Σημείο	H	Σημείο	H
8063220022E	55.687	8063220023E	57.823
8103160009E	171.396	8116220021E	50.368
8118040011E	31.605	8176030029E	105.334
8176200040E	23.725	8187110022E	529.263
8187110298E	532.213	8303030021E	10.395

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

Πίνακας 17 Τελικές τιμές ορθομετρικών υψομετρικών διαφορών περιοχής Ν. Αττικής

Από	Προς	Απόσταση (Κm)	Μέθοδος	Μετρημένη Υψομετρική διαφορά (m)	Υψομετρική Διαφορά κατά Δίκτυο ΓΥΣ (m)
5161020148	5161020147	1.13	ΓΧ	-48.752	-48.736
5161020130	161017	0.60	ΓΧ	3.754	3.769
5161020130	5161020131	0.95	ΕΤΥ	-22.105	-22.107
5161020135	5161020136	1.23	ΕΤΥ	-22.638	-21.874
5161020152	161105	0.40	ΕΤΥ	8.206	8.134
5161020163	5161020161	3.47	ΕΤΥ	27.751	27.719

Πίνακας 18 Τελικές τιμές ορθομετρικών υψομετρικών διαφορών περιοχής Ν. Θεσσαλονίκης

Από	Προς	Απόσταση (Κm)	Μέθοδος	Μετρημένη Υψομετρική διαφορά (m)	Υψομετρική Διαφορά κατά Δίκτυο ΓΥΣ (m)
8063220022	63067	0.3	ΓΧ	4.819	4.655
8176030029	176021	0.3	ΓΧ	10.536	10.52

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ



Εικόνα 4.7 Σημεία ελέγχου Ν. Αττικής



Εικόνα 4.8 Σημεία ελέγχου Ν. Θεσσαλονίκης

Κεφάλαιο 5

Συμπεράσματα

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

Στο πλαίσιο αναγνώρισης των χωροσταθμικών αφετηριών αντιμετωπίστηκαν δυσκολίες, για δύο κυρίως λόγους. Κατά πρώτον οι περιγραφές οι οποίες που χορηγούνται από την ΓΥΣ λόγω της παλαιότητας τους σπάνια ανταποκρίνονται στη σημερινή πραγματικότητα. Κατά δεύτερον, η παλαιότητα των σημείων σε συνδυασμό με τις έντονες παρεμβάσεις που έγιναν κατά τις τελευταίες δεκαετίες στο παρόδιο περιβάλλον όπου είναι εγκατεστημένα τα σημεία είχαν σαν αποτέλεσμα η πλειοψηφία των χωροσταθμικών αφετηριών να έχει καταστραφεί. Εκτός από τα σημεία που δεν υφίστανται καθόλου (π.χ. αυτά που είχαν εγκατασταθεί σε κτίρια που σήμερα δεν υπάρχουν) εντοπίστηκαν και κάποια σημεία των οποίων όμως η σήμανση δεν ήταν σε καλή κατάσταση και για το λόγο αυτό δεν χρησιμοποιήθηκαν. Στον Πίνακα 19 δίνονται τα σχετικά στατιστικά στοιχεία.

Πίνακας 19 Στατιστικά στοιχεία χωροσταθμικών αφετηριών

	Σημεία που αναζητήθηκαν	Σημεία που εντοπίστηκαν		Σημεία με επισφαλή σήμανση	
	Πλήθος	Πλήθος	Ποσοστό	Πλήθος	Ποσοστό
Αττική	154	31	20%	3	2%
Θεσσαλονίκη	40	12	30%	-	-

Σε σχέση με το δίκτυο χωροσταθμικών αφετηριών, το δίκτυο των τριγωνομετρικών σημείων εμφανίζει λιγότερα προβλήματα σε ότι αφορά την ύπαρξη των σημείων. Αυτό είναι εύλογο δεδομένου ότι τα τριγωνομετρικά σημεία ιδρύονται συνήθως σε κορυφές λόφων, οπότε έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής σε σχέση με τις υψομετρικές αφετηρίες που τοποθετούνται συνήθως στο παρόδιο περιβάλλον. Ειδικότερα σε ότι αφορά τα συγκεκριμένα τριγωνομετρικά σημεία που επιλέχθηκαν προς αναζήτηση στο πλαίσιο του παρόντος ερευνητικού έργου, αυτά επιλέχθηκαν κατά κύριο λόγο ανάμεσα σε σημεία για τα οποία υπήρχαν διαθέσιμες πληροφορίες για την ύπαρξή τους, σε αντίθεση με τα *reperes* τα οποία αναζητήθηκαν στο σύνολό τους. Για τους λόγους αυτούς δεν

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

κρίνεται σκόπιμο να δοθούν για το τριγωνομετρικό δίκτυο στατιστικά στοιχεία αντίστοιχα με αυτά που δόθηκαν για τις υψομετρικές αφετηρίες στον Πίνακα 19.

Περισσότερο ενδιαφέρον για το δίκτυο των τριγωνομετρικών σημείων παρουσιάζουν περιπτώσεις όπου έχει διαφοροποιηθεί ο περιβάλλον χώρος σε σχέση με την εποχή που ιδρύθηκαν. Τέτοιες περιπτώσεις αντιμετωπίστηκαν λόγω φυσικών αλλά και ανθρωπογενών μεταβολών, όπως αύξηση της βλάστησης ή δημιουργία τεχνικών κατασκευών. Χαρακτηριστικά παραδείγματα δίνονται στις Εικόνες που ακολουθούν.



(α)

(β)

Εικόνα 5.1 Παραδείγματα σημείων με περιορισμένη ορατότητα δορυφόρων λόγω έντονης βλάστησης (α) και λόγω εγκατάστασης πυροφυλακίου πάνω από το σημείο (β)

Δυσκολίες αντιμετωπίστηκαν επίσης σε σημεία εντός φυλασσόμενων περιοχών, όπως π.χ. εντός του παλαιού αεροδρομίου του Ελληνικού. Τέλος, αξίζει να σημειωθούν και περιπτώσεις όπου η μέτρηση τριγωνομετρικών σημείων ήταν αδύνατη λόγω καιρικών συνθηκών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν δύο σημεία στις κορυφές του βουνού Κιθαιρώνα κοντά στην περιοχή του Πόρτο Γερμενό όπου οι ισχυροί άνεμοι που έπνεαν δεν επέτρεπαν την τοποθέτηση του εξοπλισμού GPS για διεξαγωγή μετρήσεων.

Έχοντας τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε σταθμούς αναφοράς του HEPOS ως βάσεις (base stations) για τη μέτρηση των σημείων που μας ενδιέφεραν, απλοποιήθηκαν

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

σημαντικά οι εργασίες πεδίου. Στηριζόμενοι στους σταθμούς του HEPOS δεν χρειαζόταν να εγκαθιστούμε δικούς μας προσωρινούς σταθμούς και έτσι εξοικονομήθηκε πολύτιμος χρόνος για το κάθε συνεργείο μέτρησης. Επιπλέον, διαθέτοντας από ένα ζεύγος δεκτών GPS σε Αττική και Θεσσαλονίκη δημιουργήθηκαν δύο συνεργεία μετρήσεων σε κάθε περιοχή τα οποία μπορούσαν να κινούνται ανεξάρτητα, γεγονός που επιτάχυνε περαιτέρω τη διαδικασία των μετρήσεων.

Πέρα όμως από τη διευκόλυνση των μετρήσεων, η χρήση του HEPOS είχε και άλλα σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι άλλων εναλλακτικών προσεγγίσεων, όπως η χρήση τριγωνομετρικών ΓΥΣ ή η χρήση μόνιμων σταθμών αναφοράς του δικτύου EPN της EUREF. Τα πλεονεκτήματα αυτά είναι:

- Όλες οι μετρήσεις αναφέρονται σε ένα ενιαίο σύστημα αναφοράς (HTRS07) μεγάλης ακρίβειας και ομοιογένειας, κάτι που στην περίπτωση των τριγωνομετρικών ΓΥΣ δεν ισχύει, ιδιαίτερα σε ότι αφορά τα υψόμετά τους.
- Εξασφαλίζονται μικρά μήκη βάσεων καθώς υπάρχει πυκνό δίκτυο σταθμών HEPOS. Στην περίπτωση χρήσης του δικτύου EPN θα είχαμε στη διάθεσή μας μόνο ένα σταθμό σε κάθε Νομό (σταθμοί AUT1 και NOA1) με αποτέλεσμα τα μήκη των βάσεων να φτάνουν έως και 50 Km. Χρησιμοποιώντας σταθμούς του HEPOS, τα αντίστοιχα μήκη βάσεων ήταν της τάξης των 25 Km. Τα μικρά μήκη βάσεων εξασφαλίζουν υψηλή ακρίβεια στον προσδιορισμό των υψομέτρων, χωρίς να χρειάζονται πολύωρες παρατηρήσεις σε κάθε σημείο.
- Τα δεδομένα του HEPOS είναι διαθέσιμα σε οποιοδήποτε διάστημα καταγραφής, ενώ τα δεδομένα του δικτύου EPN που διατίθενται ελεύθερα έχουν διάστημα καταγραφής 30 sec. Το διάστημα καταγραφής των μετρήσεων του έργου ήταν 15 sec.

Σε ότι αφορά την επεξεργασία των μετρήσεων, περισσότερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η επίλυση των παρατηρήσεων GPS. Η χρησιμοποίηση διαφορετικών λογισμικών για την επίλυση των βάσεων GPS επέτρεψε τη διεξοδική αξιολόγηση της ακρίβειας και της αξιοπιστίας των λύσεων. Τα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν έδωσαν για την

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

πλειοψηφία των σημείων πρακτικά τα ίδια αποτελέσματα, με τις διαφορές να περιορίζονται στο επίπεδο των λίγων mm. Αυτής της τάξης οι διαφορές θεωρούνται μικρές δεδομένου ότι τα λογισμικά χρησιμοποιούν διαφορετικούς αλγόριθμους επίλυσης ασαφειών φάσης αλλά και διαφορετικά μοντέλα για των περιορισμό των ατμοσφαιρικών και λοιπών σφαλμάτων. Στα σημεία όπου η λήψη των δορυφορικών σημάτων παρεμποδίζονταν από φυσικά εμπόδια (δέντρα κλπ) ή ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές η διαφοροποίηση ανάμεσα στα αποτελέσματα των διαφορετικών λογισμικών ήταν πιο έντονη. Σε αυτά τα σημεία η αρχική επίλυση ήταν συχνά τύπου «float» δηλαδή δεν ήταν δυνατός ο προσδιορισμός ακέραιων τιμών για τις ασάφειες φάσης και χρειάστηκε να απενεργοποιηθούν δορυφόροι προκειμένου να βελτιωθεί η επίλυση. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων των λογισμικών παρουσιάζει ερευνητικό ενδιαφέρον και θα αναλυθεί σε σχετική εργασία που θα δημοσιευθεί σε επιστημονικό περιοδικό στο πλαίσιο του υποέργου.

Τέλος, κατά τη διάρκεια των επίγειων μετρήσεων υψομετρικών διαφορών, τόσο με τη μέθοδο της ΓΧ όσο και με την ΕΤΥ, δεν αντιμετωπίστηκαν ιδιαίτερα προβλήματα, γεγονός που απεικονίζεται και στα κλεισίματα των μετρήσεων aller-retour στις ΓΧ Βεβαίως, έπρεπε να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στο βαρύ κυκλοφοριακό φόρτο των κεντρικών οδικών αρτηριών που έπρεπε να ακολουθήσουμε, κυρίως κατά τη διεξαγωγή των ΓΧ μεταξύ σημείων του χωροσταθμικού δικτύου της ΓΥΣ.

Βιβλιογραφία



ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

[1] Fotopoulos G. (2003): An analysis on the optimal combination of geoid, orthometric and ellipsoidal height data. UCGE Rep Nr 20185, Calgary AB, Canada.

[2] Andritsanos, V.D., G. Fotopoulos, A. Fotiou, C. Pikridas, D. Rossikopoulos and I.N. Tziavos (2004): New local geoid model for northern Greece. Proceedings of the 3rd International Central and Eastern Conference on Engineering Surveying, FIG Regional Central and Eastern European Conference, Bratislava, Slovakia, 11-13 November 2004.

[3] Tziavos, I.N., G.S. Vergos, V.N. Grigoriadis and V.D. Andritsanos (2010): Adjustment of collocated GPS, geoid and orthometric height observations in Greece. Geoid or orthometric height improvement? Presented at IAG 2009 Scientific Assembly "Geodesy for Planet Earth", 31st August – 4th September 2009, Buenos Aires, Argentina. Accepted for publication in the Proceedings.

[4] Kotsakis C. and M.G. Sideris (1999): On the adjustment of combined GPS/leveling/geoid networks. J of Geod, 73(8), pp. 412-421.

[5] Gianniou M. (2008): HEPOS: Designing and Implementing an RTK-Network. Geoinformatics Magazine for Surveying, Mapping & GIS Professionals, Jan./Feb. 2008 Vol 11, p.p 10-13.

[6] Αρβανιτάκης Θ. και Ν. Ζερβός (2011): Συνδυασμός μετρήσεων, υψομετρίας, GPS και γεωδυναμικών μοντέλων στην ίδρυση και αξιολόγηση υψομετρικού δικτύου στην περιοχή του Πειραιά. Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Τοπογραφίας ΤΕΙ Αθήνας, Νοέμβριος 2011.

[7] Ευθυβούλου Σ., Κ. Θεοφάνους και Αν. Χατζηιωάννου (2011): Ίδρυση υψομετρικού δικτύου στην περιοχή της Παλλήνης και έλεγχος με GPS για την εύρεση της αποχής του γεωειδούς. Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Τοπογραφίας ΤΕΙ Αθήνας, Οκτώβριος 2011.

[8] Κατσαρός Δ. και Σ. Μίχου (2011): Συνδυασμός μετρήσεων υψομετρίας, GPS και βαρυτημετρικών αποχών του γεωειδούς στην ίδρυση και αξιολόγησης υψομετρικού



ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

δικτύου στην περιοχή των Μεσογείων Αττικής. Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Τοπογραφίας ΤΕΙ Αθήνας, Οκτώβριος 2011.

[9] Μαβινάκη Σ., Ι. Σοφιού, Ι. Χανόπουλος (2010): Μελέτη των χωρικών μεταβολών του γεωειδούς στην περιοχή των Μεσογείων Αττικής. Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Τοπογραφίας ΤΕΙ Αθήνας.

[10] Καμπιώτη, Α., Κ. Μητροπούλου, Τ. Τέλιου (2011): Μελέτη των χωρικών μεταβολών του γεωειδούς στην περιοχή Βορειοδυτικής Αττικής. Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Τοπογραφίας ΤΕΙ Αθήνας.

[11] Τσάμη Κ. και Χ. Χριστοδούλου (2011): Μελέτη των χωρικών μεταβολών του γεωειδούς στην περιοχή Δυτικής Αττικής. Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Τοπογραφίας ΤΕΙ Αθήνας.

[12] Φυλακτός Σ. (2011): Υπολογισμός μοντέλου γεωειδούς στην περιοχή Αττικής από παρατηρήσεις GPS. Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Τοπογραφίας ΤΕΙ Αθήνας.

[13] Fotiou A, Grigoriadis VN, Pikridas C, Rossikopoulos D, Tziavos IN, Vergos GS (2010): Combination Schemes for Local Orthometric Height Determination from GPS Measurements and Gravity Data. In: Mertikas SP (ed) Gravity, Geoid and Earth Observation 2008, International Association of Geodesy Symposia Vol. 135, Springer Berlin Heidelberg New York, pp. 309-314.

[14] Vergos GS, Tziavos IN, Sideris MG (2004b): A first validation of the new EGMs from CHAMP and GRACE and some notes on the combined adjustment of altimetric, gravimetric, QSST, TG and orthometric heights. Presented at the Gravity Geoid and Space Missions 2004 (GGSM2004) conference, August 30 – September 3, Porto, Portugal.

[15] Tziavos IN, Vergos GS, Grigoriadis VN, Tsoulis D, Andritsanos VD, Tzanou EA (2007): Analysis of Repeated GPS Measurements over a geodetic network and a common adjustment of heterogeneous height data. Presented at the XXIV General Assembly of the IUGG (IUGG2007), July 2-13, Perugia, Italy.



ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

[16] Vergos GS, Tziavos IN (2011): An investigation of the common adjustment between GPS, geoid and orthometric heights in a network of BMs in northern Greece with the recent GOCE-based GGMs and local geoid models. Presented at the 2011 EGU General Assembly, Session G14 "Recent Development in Geodetic Theory", April 3rd-8th, Vienna, Austria.

[17] Tziavos IN, Tsoulis D, Andritsanos VD, Grigoriadis VN, Tzanou EA, Vergos GS (2006): Establishment of a GPS network in Northern Greece for geodetic and geodynamic applications. Presented at the 1st International Symposium of the International Gravity Field Service "Gravity Field of the Earth", August 28 – September 1 2006, Istanbul.

[18] Λαδέας Δ., Σ. Νίκας (2011): Μελέτη των χωρικών μεταβολών του γεωειδούς στην περιοχή Οινοφύτων Βοιωτίας. Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Τοπογραφίας ΤΕΙ Αθήνας.

[19] Ρωσικόπουλος, Δ., (1999): Τοπογραφικά Δίκτυα και Υπολογισμοί. Β' έκδοση, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

[20] ΓΥΣ (1985): Πίνακες συντελεστών μετατροπής συντεταγμένων Ελληνικού χώρου από το σύστημα Hatt (Παλαιό Datum) στο Σύστημα Ε.Γ.Σ.Α. '87 (Νέο Datum), Αθήνα: Οργανισμός Κτηματολογίου και Χαρτογραφίσεων Ελλάδας (ΟΚΧΕ), Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (ΓΥΣ), Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ).

[21] Μπαλοδήμος Δ.-Δ. (1979): Ανάπτυξη μεθόδου τριγωνομετρικής υψομετρίας για εργασίες υψηλής ακριβείας, Τεχνικά Χρονικά, Ιούλ. – Αυγ. - Σεπτ. 1979.

[22] Αραμπατζή Ο. (2007): Διερεύνηση των μεθοδολογιών προσδιορισμού κατακόρυφης θέσης σημείου σε έργα Μηχανικού – Εφαρμογές στον Ελληνικό χώρο. Διδακτορική Διατριβή, ΕΜΠ - ΤΑΤΜ, Αθήνα 2007.



ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ

[23] Arabatzi, O., J. Gougoutoudis, E. Telioni (1991): Adjustment of precise leveling instruments. Technica Chronika Scientific Journal of Technical Chamber of Greece, Section A, Vol. 11.

[24] ISO 12857-2, (1997): Optics and optical instruments -- Geodetic instruments -- Field procedures for determining accuracy -- Part 2: Theodolites. International Organization for Standardization.

[25] ISO 12857-2, (1997): Optics and optical instruments -- Geodetic instruments -- Field procedures for determining accuracy -- Part 3: Electro-optical distance meters (EDM instruments). International Organization for Standardization.

[26] Hofmann-Wellenhof, B., H. Lichtenegger, E. Wasle (2008): GNSS Global Navigation Satellite Systems GPS, GLONASS, Galileo & More. Springer Wien New York.

