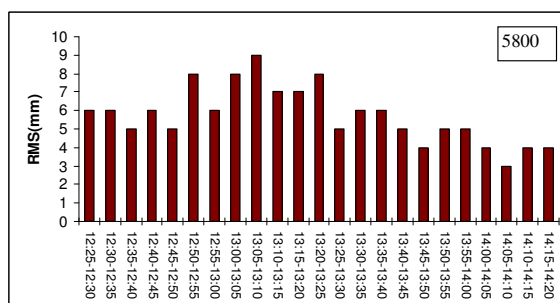
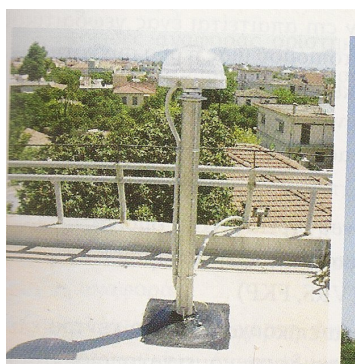


## **ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΘΕΣΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΙΜΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΤΟΥ ΗΕΡΟΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΟΥ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ**



***ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ***

**ΒΑΣΙΛΙΚΗ Α. ΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΥ**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Γ. ΠΑΝΤΑΖΗΣ  
ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π

ΑΘΗΝΑ, ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2010

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επίκουρο Καθηγητή της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Ε.Μ.Π κ. Γεώργιο Πανταζή για την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας, τη βοήθειά του κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, την καθοδήγηση και τις συμβουλές του κατά τη διάρκεια όλης της εργασίας αλλά και για την αμέριστη συμπαράστασή και προσφορά του καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω την Επίκουρο Καθηγήτρια της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Ε.Μ.Π κ. Ευαγγελία Λάμπρου για τη βοήθειά της κατά τη διάρκεια των μετρήσεων και την καθοδήγησή της κατά τη διάρκεια όλης της εργασίας αλλά και για την αμέριστη συμπαράσταση και προσφορά της καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Τέλος ευχαριστώ τους γονείς μου Πόπη και Αντώνη για τη συμπαράσταση και τη βοήθειά τους όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου.

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τα κενά των επίγειων γεωδαιτικών μεθόδων τείνει να καλύψει η ανάπτυξη και η χρήση του δορυφορικού συστήματος εντοπισμού και των τεχνητών δορυφόρων.

Η ανάπτυξη και η διαρκής εξέλιξη των δορυφορικών συστημάτων μέτρησης διευκολύνει και επιτρέπει τη δημιουργία παγκόσμιων τετραδιάστατων ή τρισδιάστατων γεωδαιτικών δικτύων και τη συνένωσή τους.

Ωστόσο ο προσδιορισμός της θέσης ενός σημείου στη ΦΓΕ προϋποθέτει τη χρήση δύο δεκτών των οποίων το κόστος είναι ιδιαίτερα υψηλό. Αυτό το μειονέκτημα φιλοδοξεί να άρει η εγκατάσταση και η λειτουργία μόνιμων σταθμών του συστήματος HEPOS (Hellenic Positioning System) σε όλη την Ελλάδα, όπως συμβαίνει σε άλλες χώρες της Ευρώπης, της Ασίας και της Αμερικής.

Η χρήση ενός δέκτη GPS για τον προσδιορισμό της θέσης σημείων ξεκίνησε στην Ελλάδα περίπου πριν δύο χρόνια και η εφαρμογή του πρόκειται να διευκολύνει εκατοντάδες επαγγελματίες.

Έχει λοιπόν ενδιαφέρον να μελετηθεί η αβεβαιότητα προσδιορισμού των συντεταγμένων σημείων χρησιμοποιώντας το σύστημα αυτό, ανάλογα με την απόσταση που βρίσκεται μόνιμος σταθμός αναφοράς.

Γενικά η χρήση των μόνιμων σταθμών ενός δορυφορικού συστήματος εντοπισμού παγκοσμίως, είναι ένα χρήσιμο εργαλείο όχι μόνο για τους τοπογράφους μηχανικούς αλλά και για την παρακολούθηση των κινήσεων του στερεού φλοιού της γης, των τεκτονικών πλακών και των ηπείρων.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	I
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	II
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	III
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	1
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	2

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

<b>ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ.....</b>	<b>3</b>
1.1 Παγκόσμια Συστήματα και Πλαίσια Αναφοράς.....	3
1.1.1 World Geodetic System 1984 (WGS'84).....	3
1.1.2 European Terrestrial Reference System of 1989 (ETRS89).....	4
1.2 Η βασική αρχή λειτουργίας των δορυφορικών συστημάτων εντοπισμού.....	5
1.2.1 Δορυφορικά Συστήματα Εντοπισμού.....	6
1.2.1.1 NAVSTAR/GPS.....	7
1.2.1.2 GLONASS.....	7
1.2.1.3 GALILEO.....	8
1.2.2 Μέθοδοι μέτρησης.....	8
1.2.2.1 Στατικός εντοπισμός.....	9
1.2.2.2 Γρήγορος στατικός εντοπισμός.....	9
1.2.2.3 Κινηματικός εντοπισμός θέσης.....	9
1.2.2.4 Ημικινηματικός εντοπισμός θέσης (Stop and Go).....	10
1.2.2.5 Συνεχής κινηματικός.....	10
1.2.2.6 Κινηματικός εντοπισμός σε πραγματικό χρόνο.....	10
1.2.2.7 Διαφορικός εντοπισμός θέσης.....	11
1.3 Μόνιμοι Σταθμοί αναφοράς-Δικτυακές Τεχνικές.....	11
1.3.1 Αρχή λειτουργίας των δικτυακών τεχνικών.....	12
1.3.1.1 Τεχνική VRS-Virtual Reference Station.....	13
1.3.1.2 Τεχνική FKP.....	14
1.3.1.3 Τεχνική MAC.....	14
1.3.2 EUPOS.....	14
1.3.3 HELLENIC POSITIONING SYSTEM.....	15
1.3.3.1 Υπηρεσίες του HEPOS για εφαρμογές μετεπεξεργασίας.....	19

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

<b>ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΕΔΙΟΥ.....</b>	<b>20</b>
2.1 Αντικείμενο.....	20

2.2 Διαδικασία.....	20
2.3 Εξοπλισμός.....	21
2.3.1 Δέκτης 4600LS.....	21
2.3.2 Δέκτης R3.....	23
2.3.3 Δέκτης 5800.....	25
2.4 Λογισμικό Trimble Geomatic Office.....	27
2.5 Πρώτη σειρά μετρήσεων.....	30
2.6 Δεύτερη σειρά μετρήσεων.....	32
2.7 Τρίτη σειρά μετρήσεων.....	33

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

<b>ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....</b>	<b>35</b>
3.1 Υπολογισμοί.....	35
3.2 Αξιολόγηση.....	36
3.2.1 Βάση «Βάθρο Λαμπαδάριου-008Α».....	37
3.2.2 Βάση «Βάθρο Λαμπαδάριου-098Α».....	51
3.2.3 Βάση «Βάθρο Λαμπαδάριου-virtual».....	65
3.3 Συγκριτική αξιολόγηση του RMS των τριών δεκτών στα χρονικά διαστήματα των 5 min και 10 min.....	79

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>83</b>
4.1 Συμπεράσματα.....	83
4.2 Προτάσεις.....	88
4.2 Χρονική διάρκεια εργασιών.....	89

<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>91</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>92</b>

<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....</b>	<b>96</b>
Επιλύσεις των βάσεων ανά χρονικά διαστήματα στις 21/10/2009.....	97
Επιλύσεις των βάσεων ανά χρονικά διαστήματα στις 24/11/2009.....	104
Επιλύσεις των βάσεων ανά χρονικά διαστήματα στις 19/12/2009.....	114

## ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 2.1: Επιλύσεις των βάσεων για παρατήρηση διάρκειας δύο ωρών στις 21/10/2009.....	30
Πίνακας 2.2: Επιλύσεις των βάσεων για παρατήρηση διάρκειας δύο ωρών στις 24/11/2009.....	32
Πίνακας 2.3: Επιλύσεις των βάσεων για παρατήρηση διάρκειας δύο ωρών στις 19/12/2009.....	33
Πίνακας 4.1: Αποτελέσματα του RMS για κάθε βάση όπως αυτό προέκυψε από τις μετρήσεις κάθε δέκτη .....	85
Πίνακας 4.2: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα του εύρους και της διακύμανσης του μήκους των τριών βάσεων ανά ημέρα και ανά δέκτη.....	86
Πίνακας 4.3: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα του εύρους και της διακύμανσης των συντεταγμένων x και y ανά ημέρα και ανά δέκτη.....	87
Πίνακας 4.4: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα του εύρους και της διακύμανσης της μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου h.....	87

## ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ

Φωτογραφία 1.1 Σταθμοί αναφοράς Herpos.....	16
Φωτογραφία 1.2: Μόνιμοι σταθμοί αναφοράς του Herpos.....	17
Φωτογραφία 1.3 Κέντρο ελέγχου σταθμών αναφοράς Herpos.....	18
Φωτογραφία 2.1: Δέκτης 4600LS.....	22
Φωτογραφία 2.2 Λυχνίες του δέκτη 4600LS.....	22
Φωτογραφία 2.3 Δέκτης R3 της Trimble.....	23
Φωτογραφία 2.4 Πληκτρολόγιο Δέκτη R3.....	24
Φωτογραφία 2.5 Περιβάλλον εργασίας.....	24
Φωτογραφία 2.6 Δέκτης GPS Trimble 5800.....	26
Φωτογραφία 2.7 Περιβάλλον εργασίας του λογισμικού Trimble Geomatic Office.....	27
Φωτογραφία 2.8 Υπηρεσία Timeline του TGO.....	29

## ΣΧΗΜΑΤΑ

Σχήμα 1.1 Σχηματική αναπαράσταση της διαφοράς των δικτυακών τεχνικών σε σχέση με τη χρήση ενός μόνο σταθμού.....	13
--	----

Σχήμα 3.1: Υπόμνημα διαγραμμάτων που αφορούν τη διακύμανση της τιμής κάθε παραμέτρου σε σχέση με το χρόνο για μία μέρα ξεχωριστά.....	36
Σχήμα 3.2: Υπόμνημα διαγραμμάτων που αφορούν τη διακύμανση της τιμής κάθε παραμέτρου ανάλογα με το δέκτη με τον οποίο μετρήθηκε η βάση.....	36
Σχήμα 3.3: Διακύμανση της τιμής Ratio σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α».....	37
Σχήμα 3.4: Διακύμανση της τιμής Ratio σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α».....	38
Σχήμα 3.5: Διακύμανση της τιμής Ratio σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α».....	38
Σχήμα 3.6: Διακύμανση της τιμής του Ratio σε σχέση με το χρόνο για κάθε δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α».....	39
Σχήμα 3.7: Διακύμανση της τιμής Reference Variance σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α».....	39
Σχήμα 3.8: Διακύμανση της τιμής Reference Variance σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α».....	40
Σχήμα 3.9: Διακύμανση της τιμής Reference Variance σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α».....	40
Σχήμα 3.10: Διακύμανση της τιμής του Reference Variance σε σχέση με το χρόνο για κάθε δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α».....	41
Σχήμα 3.11: Διακύμανση του RMS σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α».....	41
Σχήμα 3.12: Διακύμανση του RMS σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α».....	42
Σχήμα 3.13: Διακύμανση του RMS σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α».....	42
Σχήμα 3.14: Διακύμανση της τιμής του RMS σε σχέση με το χρόνο για κάθε δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α».....	43

Σχήμα 3.15	Διάγραμμα μεταβολής της απόστασης από τις μετρήσεις για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α».....	43
Σχήμα 3.16	Διάγραμμα μεταβολής του μήκους της βάσης από τις μετρήσεις για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α».....	44
Σχήμα 3.17	Διάγραμμα μεταβολής του μήκους της βάσης από τις μετρήσεις για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α».....	44
Σχήμα 3.18:	Διάγραμμα μεταβολής του μήκους της βάσης από τις μετρήσεις για κάθε ένα από τους τρεις δέκτες για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α».....	45
Σχήμα 3.19:	Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης x σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α».....	45
Σχήμα 3.20:	Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης x σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α».....	46
Σχήμα 3.21:	Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης x σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α».....	46
Σχήμα 3.22:	Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης x σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων καθενός δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α».....	47
Σχήμα 3.23:	Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης y σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α».....	47
Σχήμα 3.24:	Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης y σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α».....	48
Σχήμα 3.25:	Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης Y σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α».....	47
Σχήμα 3.26:	Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης y σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων καθενός δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α».....	49
Σχήμα 3.27:	Διάγραμμα μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου h σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α».....	49



Σχήμα 3.28: Διάγραμμα μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου h σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008A».....	50
Σχήμα 3.29: Διάγραμμα μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου h σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008A».....	50
Σχήμα 3.30: Διάγραμμα μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου h σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων καθενός δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008A».....	51
Σχήμα 3.31: Διακύμανση της τιμής Ratio σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098A».....	51
Σχήμα 3.32: Διακύμανση της τιμής Ratio σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098A».....	52
Σχήμα 3.33: Διακύμανση της τιμής Ratio σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098A».....	52
Σχήμα 3.34: Διακύμανση της τιμής του Ratio σε σχέση με το χρόνο για κάθε δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098A».....	53
Σχήμα 3.35: Διακύμανση της τιμής Reference Variance σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098A».....	53
Σχήμα 3.36: Διακύμανση της τιμής Reference Variance σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098A»...	54
Σχήμα 3.37: Διακύμανση της τιμής Reference Variance σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098A».....	54
Σχήμα 3.38: Διακύμανση της τιμής του Reference Variance σε σχέση με το χρόνο για κάθε δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098A».....	55
Σχήμα 3.39: Διακύμανση του RMS σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098A».....	55
Σχήμα 3.40: Διακύμανση του RMS σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098A».....	56
Σχήμα 3.41: Διακύμανση του RMS σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098A».....	56

Σχήμα 3.42: Διακύμανση της τιμής του RMS σε σχέση με το χρόνο για κάθε δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098A».....	57
Σχήμα 3.43: Διάγραμμα μεταβολής της απόστασης από τις μετρήσεις για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098A».....	57
Σχήμα 3.44: Διάγραμμα μεταβολής της απόστασης από τις μετρήσεις για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098A».....	58
Σχήμα 3.45: Διάγραμμα μεταβολής της απόστασης από τις μετρήσεις για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098A».....	58
Σχήμα 3.46: Διάγραμμα μεταβολής της απόστασης από τις μετρήσεις για κάθε ένα από τους τρεις δέκτες για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098A».....	59
Σχήμα 3.47: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης x σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098A».....	59
Σχήμα 3.48: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης x σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098A».....	60
Σχήμα 3.49: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης x σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098A».....	60
Σχήμα 3.50: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης x σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων καθενός δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098A».....	61
Σχήμα 3.51: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης y σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098A».....	61
Σχήμα 3.52: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης y σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098A».....	62
Σχήμα 3.53: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης y σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098A».....	62
Σχήμα 3.54: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης y σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων καθενός δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098A».....	63
Σχήμα 3.55: Διάγραμμα μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου h σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098A».....	63

Σχήμα 3.56:Διάγραμμα μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου h σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098A».....	64
Σχήμα 3.57:Διάγραμμα μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου h σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098A».....	64
Σχήμα 3.58:Διάγραμμα μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου h σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων καθενός δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098A».....	65
Σχήμα 3.59: Διακύμανση της τιμής Ratio σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual».....	66
Σχήμα 3.60:Διακύμανση της τιμής Ratio σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual».....	66
Σχήμα 3.61:Διακύμανση της τιμής Ratio σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual».....	67
Σχήμα 3.62:Διακύμανση της τιμής του Ratio σε σχέση με το χρόνο για κάθε δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual».....	67
Σχήμα 3.63: Διακύμανση της τιμής Reference Variance σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual».....	68
Σχήμα 3.64:Διακύμανση της τιμής Reference Variance σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual»..	68
Σχήμα 3.65:Διακύμανση της τιμής Reference Variance σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual».....	69
Σχήμα 3.66: Διακύμανση της τιμής του Reference Variance σε σχέση με το χρόνο για κάθε δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual».....	69
Σχήμα 3.67: Διακύμανση του RMS σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual».....	70
Σχήμα 3.68: Διακύμανση του RMS σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual».....	70
Σχήμα 3.69: Διακύμανση του RMS σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual».....	71

- Σχήμα 3.70: Διακύμανση της τιμής του RMS σε σχέση με το χρόνο για κάθε δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual».....71
- Σχήμα 3.71: Διάγραμμα μεταβολής του μήκους της βάσης από τις μετρήσεις για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual».....72
- Σχήμα 3.72: Διάγραμμα μεταβολής του μήκους της βάσης από τις μετρήσεις για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual».....72
- Σχήμα 3.73: Διάγραμμα μεταβολής του μήκους της βάσης από τις μετρήσεις για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual».....73
- Σχήμα 3.74: Διάγραμμα μεταβολής του μήκους της βάσης από τις μετρήσεις για κάθε ένα από τους τρεις δέκτες για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual».....73
- Σχήμα 3.75: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης x σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual».....74
- Σχήμα 3.76: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης x σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual».....74
- Σχήμα 3.77: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης x σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual».....75
- Σχήμα 3.78: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης x σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων καθενός δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual».....75
- Σχήμα 3.79: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης y σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual».....76
- Σχήμα 3.80: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης y σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual».....76
- Σχήμα 3.81: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης y σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual».....77
- Σχήμα 3.82: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης y σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων καθενός δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual».....77

Σχήμα 3.83:	Διάγραμμα μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου h σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual».....	78
Σχήμα 3.84:	Διάγραμμα μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου h σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual».....	78
Σχήμα 3.85:	Διάγραμμα μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου h σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual».....	79
Σχήμα 3.86:	Διάγραμμα μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου h σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων καθενός δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual».....	79
Σχήμα 3.87:	Αποτελέσματα του RMS σε κάθε 5 min του δίωρου μετρήσεων με το δέκτη 5800.....	80
Σχήμα 3.88:	Αποτελέσματα του RMS σε κάθε 10 min του δίωρου μετρήσεων με το δέκτη 5800.....	80
Σχήμα 3.89:	Αποτελέσματα του RMS σε κάθε 5 min του δίωρου μετρήσεων με το δέκτη R3.....	81
Σχήμα 3.90:	Αποτελέσματα του RMS σε κάθε 10 min του δίωρου μετρήσεων με το δέκτη R3.....	81
Σχήμα 3.91:	Αποτελέσματα του RMS σε κάθε 5 min του τρίωρου μετρήσεων με το δέκτη 4600LS.....	82
Σχήμα 3.92:	Αποτελέσματα του RMS σε κάθε 10 min του τρίωρου μετρήσεων με το δέκτη 4600LS.....	82
Σχήμα 4.1:	Διάγραμμα ποσοστών λυμένων δεκάλεπτων ανά ημέρα και ανά δέκτη.....	83
Σχήμα 4.2:	Διαγράμματα ποσοστών λυμένων πεντάλεπτων ανά ημέρα και ανά δέκτη για τις βάσεις «βάθρο Λαμπαδάριου -098A» και «βάθρο Λαμπαδάριου – virtual».....	84
Σχήμα 4.3:	Διάγραμμα χρονικής διάρκειας εργασιών που έγιναν για την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας.....	90

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι ο προσδιορισμός της θέσης του βορειοδυτικού βάρθρου του Λαμπαδάρου με στατικό εντοπισμό με τη χρήση τριών από τους μόνιμους σταθμούς του Heros με την εφαρμογή διαφορετικών συνθηκών μέτρησης.

Επίσης αντικείμενο της εργασίας είναι η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του παραπάνω προσδιορισμού, μελετώντας τις παραμέτρους των τριών βάσεων που δημιουργήθηκαν (μεταξύ του βάρθρου του Λαμπαδάρου και καθενός από τους μόνιμους σταθμούς του Heros). Οι παράμετροι αυτοί είναι οι δείκτες ratio, reference variance, rms, η μεταβολή του μήκους της κάθε βάσης και η μεταβολή των προσδιορισμένων συντεταγμένων του βάρθρου  $x$ ,  $y$ ,  $h$  σε σχέση με το χρόνο.

Η εργασία αποτελείται από τέσσερα κεφάλαια.

Στο **πρώτο κεφάλαιο** παρουσιάζονται στοιχεία σε σχέση με τα παγκόσμια συστήματα και πλαίσια αναφοράς, και εντοπισμού, τις μεθόδους μέτρησης, τις δικτυακές τεχνικές καθώς και στοιχεία που αφορούν το ευρωπαϊκό σύστημα εντοπισμού EUPOS και το ελληνικό HEPOS.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** περιγράφεται το αντικείμενο της εργασίας, η διαδικασία των μετρήσεων πεδίου, ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε καθώς και το λογισμικό στο οποίο έγινε η επεξεργασία των παραπάνω μετρήσεων.

Στο  **τρίτο κεφάλαιο** παρουσιάζεται η διαδικασία των υπολογισμών που έγιναν για τη συγκεκριμένη εργασία καθώς και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων μέσω διαγραμμάτων που κατασκευάστηκαν για κάθε μία από τις παραπάνω παραμέτρους.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα συμπεράσματα σχετικά με τη μεταβολή των τιμών του ratio, του reference variance, του rms, του μήκους των βάσεων και των προσδιορισμένων συντεταγμένων του βάρθρου  $x$ ,  $y$  και  $h$  σε σχέση με το χρόνο. Τέλος παρουσιάζεται και το χρονοδιάγραμμα των εργασιών.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο δορυφορικός εντοπισμός βασίζεται στην ιδέα της μέτρησης του μήκους προς ένα «αντικείμενο» που βρίσκεται και κινείται σε συγκεκριμένη τροχιά μακριά από τη γη και το οποίο ονομάζεται δορυφόρος. Η επιστημονική περιοχή της γεωδαισίας, που ασχολείται με μετρήσεις από σημεία της ΦΓΕ προς τους τεχνικούς δορυφόρους, και στη συνέχεια στον υπολογισμό των συντεταγμένων τους, ονομάζεται δορυφορική γεωδαισία.

Η εποχή της δορυφορικής γεωδαισίας άρχισε τον Οκτώβριο του 1957 με την εκτόξευση του πρώτου τεχνικού δορυφόρου Sputnik I, από την τότε Σοβιετική Ένωση.

Τα επόμενα βήματα που ακολούθησαν ήταν η ανάπτυξη στην Αμερική και η παγκόσμια χρήση του δορυφορικού συστήματος εντοπισμού GPS (Global Positioning System) το οποίο στην πλήρη του ονομασία καλείται NANSTAR GPS.

Σήμερα οι δορυφορικές τεχνικές εντοπισμού αποτελούν πλέον καθημερινή πρακτική για τον Τοπογράφο Μηχανικό σε παγκόσμιο επίπεδο. Στη χώρα μας οι τεχνικές GPS χρησιμοποιούνται εκτενώς για περισσότερο από μία δεκαετία και τείνουν να αντικαταστήσουν σε μεγάλο βαθμό τις κλασσικές τοπογραφικές μεθόδους σε εργασίες όπως η ίδρυση δικτύων σημείων ελέγχου και ο προσδιορισμός φωτοσταθερών σημείων.

Παράλληλα οι τεχνικές δορυφορικού εντοπισμού εξελίσσονται και νέες, αποδοτικότερες τεχνικές έρχονται να πάρουν τη θέση των κλασσικών δορυφορικών τεχνικών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι δικτυακές τεχνικές οι οποίες προσφέρονται μέσω του Ελληνικού Συστήματος Εντοπισμού (HEPOS: Hellenic Positioning System).

Ωστόσο υπάρχουν αρκετά θέματα προς διερεύνηση όσον αφορά αυτές τις νέες τεχνικές δορυφορικού εντοπισμού.

Η συγκεκριμένη εργασία ασχολείται με τη μελέτη της αβεβαιότητας του προσδιορισμού της θέσης του βορειοδυτικού βάρθρου του Λαμπαδαρίου με στατικό εντοπισμό χρησιμοποιώντας μόνιμους σταθμούς του HEPOS καθώς και διαφορετικούς τύπους δεκτών αλλά και χρονική διάρκεια παρατήρησης.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ

### 1.1 Παγκόσμια Συστήματα και Πλαίσια Αναφοράς

Ένα σύστημα αναφοράς είναι ένα σύνολο από:

- Συμβάσεις (π.χ ο άξονας περιστροφής της γης)
- Πρότυπα (π.χ ελλειψοειδές αναφοράς)
- Μοντέλα (π.χ γεωδυναμικά/τεκτονικά μοντέλα)

που όλα μαζί χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό της θέσης ενός σημείου στο χώρο.

Ένα σύστημα αναφοράς για να είναι προσβάσιμο και χρησιμοποιήσιμο από τους χρήστες, απαιτείται η γνώση των συντεταγμένων σε ένα σύνολο σημείων. Οι συντεταγμένες αυτές θα πρέπει να αναφέρονται σε μια χρονική στιγμή (εποχή) και παράλληλα να δίνονται και τα στοιχεία της κίνησης (ταχύτητες) του κάθε σημείου, λόγω γεωδυναμικών/τεκτονικών φαινομένων. Μία λύση για ένα σύνολο σταθμών σε μια γεωγραφική περιοχή αποτελεί ένα πλαίσιο αναφοράς. [Κατσάμπαλος, 2008]

Στις παρακάτω ενότητες περιγράφονται ενδεικτικά τα δύο συστήματα αναφοράς που έχουν ευρεία χρήση: το WGS'84 και το ETRS89.

#### 1.1.1 World Geodetic System 1984 (WGS'84)

Το WGS '84 είναι ένα γήινο σύστημα αναφοράς που ιδρύθηκε από τις ένοπλες δυνάμεις των Η. Π. Α το 1984 και υλοποιείται μέσω των δορυφόρων του συστήματος GPS.

Έχει ορισθεί με βάση τις μηχανικές ιδιότητες της Γης και η υλοποίηση του έχει επιτευχθεί ως αποτέλεσμα παρατηρήσεων διαφόρων δορυφόρων με τη μέθοδο μετρήσεων Doppler.

Συγκεκριμένα, το WGS '84 ορίζεται ως εξής:

- Η αρχή του συστήματος των καρτεσιανών συντεταγμένων είναι το κέντρο της Γης.
- Ο άξονας Z είναι παράλληλος προς την διεύθυνση του μέσου (συμβατικού) γήινου πόλου (όπως ορίζεται από το Bureau International de l' Heure, BIH, βάση δορυφορικών μετρήσεων από συγκεκριμένους σταθμούς).
- Ο άξονας X ορίζεται ως η τομή του μεσημβρινού Greenwich και του ισημερινού που αντιστοιχεί στο μέσο γήινο πόλο.
- Ο άξονας Y ορίζεται ώστε να συμπληρώνεται ένα δεξιόστροφο ορθογώνιο σύστημα.



- Το ελλειψοειδές αναφοράς του WGS '84 ορίζεται με τις εξής βασικές παραμέτρους:
  - ✓ Μεγάλος ημι-άξονας  $a = 6378137 \text{ m} \pm 2 \text{ m}$ ,
  - ✓ Παγκόσμια βαρυτημετρική σταθερά  
 $GM = 3986005 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{s}^2$
  - ✓ Γωνιακή ταχύτητα της Γης  $\omega = 7292115 \times 10^{-11} \text{ rad}/\text{sec}$ , και
  - ✓ Κανονικοποιημένος συντελεστής του δυναμικού έλξης της Γης  $C_{2,0} = -484.16685 \times 10^{-6}$ .

Το ελλειψοειδές αναφοράς του WGS'84 είναι πρακτικά ίδιο με το, επίσης διεθνώς αποδεκτό, ελλειψοειδές GRS'80 (Geodetic Reference System 1980 ) που ορίζεται με τις εξής βασικές παραμέτρους:

$$a = 6378137 \text{ m}$$

$$f = 1/298.2572221$$

$$e^2 = 0.0066943800$$

Στη περίπτωση του GPS, οι σταθμοί συνεχούς ελέγχου και παρακολούθησης των δορυφόρων έχουν συντεταγμένες γνωστές με μικρή αβεβαιότητα αναφερόμενες στο σύστημα WGS '84. Έτσι πρακτικά, ο ακριβής προσδιορισμός σημείων στο WGS '84 υλοποιείται μέσω των τροχιακών εφημερίδων των δορυφόρων GPS, ο υπολογισμός των οποίων βασίζεται μεταξύ άλλων και στις συντεταγμένες κατάλληλα καταναμημένων ανά την υφήλιο σταθμών ελέγχου.

Το WGS '84 είναι καθαρά δορυφορικό σύστημα και αποτελεί την αναφορά για την παγκόσμια ναυσιπλοΐα. Ωστόσο δεν έχει καλή προσαρμογή στο γεωειδές του ελλαδικού χώρου.

Ο προσδιορισμός της θέσης ενός σημείου έχει σχετικά μικρή απόλυτη ακρίβεια, της τάξης  $\pm 30 \text{ m}$ . Για το λόγο αυτό, για τις γεωδαιτικές εργασίες, χρησιμοποιείται με τεχνικές σχετικού προσδιορισμού, ενώ συνδέεται άμεσα με το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ '87), και αυτό γιατί χρησιμοποιεί το ίδιο ελλειψοειδές GRS'80 που είναι μετατοπισμένο παράλληλα κατά  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$  και έχουν την ίδια κλίμακα [Δ. Παραδείσης, 2000].

### 1.1.2 European Terrestrial Reference System of 1989 (ETRS89)

Η επιτροπή για το Ευρωπαϊκό Πλαίσιο Αναφοράς (EUREF) ακολουθώντας την 1 επίλυσή της προσαρμοσμένη στη συνάντηση Firenze του 1990, εισηγείται ότι το επίγειο σύστημα αναφοράς προσαρμοσμένο στο EUREF θα συμπίπτει με το ITRS του 1989 και θα είναι σταθερό στο μέρος της Ευρασιατικής Πλάκας.[Κατσάμπαλος, 2008]

Υλοποιείται ως εξής:

- Χρησιμοποιώντας υλοποιήσεις στο ITRS: Για κάθε πλαίσιο ITRF<sub>y</sub> αντιστοιχεί ένα πλαίσιο στο ETRS89 με όνομα ETRF<sub>y</sub>. Οι διαθέσιμες επιλύσεις ETRF είναι:
  - ETRF89
  - ETRF90
  - ETRF91
  - ETRF92
  - ETRF93
  - ETRF94
  - ETRF96
  - ETRF97
  - ETRF2000
  - ETRF2005
- Με μετρήσεις GPS χρησιμοποιούνται ITRF<sub>y</sub> συντεταγμένες σταθμών και ακριβείς εφημερίδες IGS τροχιών, ακολουθώντας την επίσημη διαδικασία των Boucher-Altamini (memorandum) για τη μετατόπιση στο ETRF<sub>y</sub>. [Κατσάμπαλος, 2008]

## 1.2 Η βασική αρχή λειτουργίας των δορυφορικών συστημάτων εντοπισμού

Κάθε σύστημα εντοπισμού αποτελείται από 3 τμήματα:

- Το Δορυφορικό τμήμα, που περιλαμβάνει περίπου 28 δορυφόρους που κινούνται σε κυκλική τροχιά σε ύψος περίπου 20200 Km. Από τους 28 είναι άμεσα χρησιμοποιήσιμοι οι 25 ενώ 3 βρίσκονται σε εφεδρεία. Η περίοδος περιστροφής του κάθε δορυφόρου είναι 12 ώρες σε αστρικό χρόνο δηλαδή εμφανίζονται πάνω από τον ορίζοντα ενός τόπου περίπου 4 min νωρίτερα κάθε μέρα.
- Το τμήμα ελέγχου που περιλαμβάνει 1 κύριο γήινο σταθμό και 5 δευτερεύοντες σταθμούς και είναι υπεύθυνο για την παρακολούθηση των δορυφόρων.
- Το τμήμα χρηστών που περιλαμβάνει τους δέκτες δορυφορικού σήματος, οι οποίοι λαμβάνουν, επεξεργάζονται και καταγράφουν τις μετρήσεις.

Η αρχή ενός συστήματος εντοπισμού βασίζεται στην μέτρηση της απόστασης ανάμεσα σε δορυφόρο και δέκτη. Συγκεκριμένα οι δορυφόροι είναι «σταθμοί» με ελεγχόμενες τροχιές και αποτελούν «σημεία αναφοράς» που χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό θέσης στη γη.

Κάθε δορυφόρος εκπέμπει έναν αριθμό σημάτων. Το σήμα περιλαμβάνει:

- ✓ Δύο φέροντα κύματα στις συχνότητες L1: 1575.42 MHz και στη συχνότητα L2:1227.60 Hz
- ✓ Δύο κώδικες:
  - Τον P-κώδικα (Precision Code) που διαμορφώνεται και στις δύο συχνότητες L1 & L2 και ο οποίος παρέχει ακριβή μέτρηση του χρόνου μετάδοσης του σήματος.
  - Τον C/A - κώδικα (Coarse Acquisition Code) που διαμορφώνεται μόνο στη συχνότητα L1 και ο οποίος παρέχει πληροφορίες για τη λήψη του P-κώδικα.
- ✓ Ένα δορυφορικό μήνυμα (D-κώδικα(Data code)), γνωστό ως μήνυμα πλοήγησης (Navigation Message), το οποίο παρέχει πληροφορίες για τη θέση των δορυφόρων των στιγμών εκπομπής του εκάστοτε σήματος.

Η φέρουσα συχνότητα L1 με συχνότητα 1575.42 MHz, έχει μήκος κύματος 0.19 m περίπου και η L2 με συχνότητα 1227.60 MHz, έχει μήκος κύματος 0.24 m περίπου. Στη συχνότητα του κώδικα C/A,  $f_{C/A}=1.023$  MHz το μήκος κύματος είναι περίπου 300 m, ενώ στη συχνότητα του κώδικα P,  $f_P=10.23$  MHz, το μήκος κύματος είναι 30 m περίπου. [Δ.Παραδείσης, 2000]

### 1.2.1 Δορυφορικά Συστήματα Εντοπισμού

Με τη δημιουργία των δορυφορικών Συστημάτων εντοπισμού, επανέρχεται η φιλοσοφία των Ουράνιων Συστημάτων, με τη διαφοροποίηση όμως ότι τα σημεία είναι δημιουργήματα του ανθρώπου. Η δυνατότητα της μέτρησης των αποστάσεων προς αυτά, διευκολύνει τις διαδικασίες εντοπισμού.

Ένα από τα πρώτα δορυφορικά συστήματα εντοπισμού ήταν το Transit. Το σύστημα αυτό βρήκε αρκετές εφαρμογές από τους πολιτικούς χρήστες, αλλά δεν παρείχε τις απαιτούμενες ακρίβειες για επιστημονικές εφαρμογές. Η πείρα που αποκτήθηκε από το σύστημα Transit και από άλλα παρόμοια πειραματικά συστήματα, χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη των σημερινών, Global Positioning System (GPS) από τις Η.Π.Α, Global Navigation Satellite System (Glonass) από τη Ρωσία

(πρώην Σοβιετική Ένωση) και του Ευρωπαϊκού συστήματος εντοπισμού θέσης GALILEO.

### **1.2.1.1 NAVSTAR/GPS**

Πρόκειται για το Παγκόσμιο Δορυφορικό Σύστημα Εντοπισμού ή Global Positioning System όπως είναι διεθνώς γνωστό. Αναπτύχθηκε αρχικά την δεκαετία του '70, από το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ για στρατιωτικούς σκοπούς, και από τον Απρίλιο του 1995 βρίσκει ποικίλες εφαρμογές στην πλοήγηση, στην κατασκευή χαρτών και στην επίγεια τοπογραφία.

Το σύστημα προσφέρει παγκόσμια κάλυψη, δυνατότητα χρήσης 24 ώρες και χρησιμοποιεί ένα κοινό σύστημα συντεταγμένων WGS84/PIRF.

Το παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού NAVSTAR/GPS είναι ένα δορυφορικό σύστημα που αναπτύσσεται από το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ για στρατιωτική κυρίως χρήση. Βασίζεται σε ένα δορυφορικό σχηματισμό 24 δορυφόρων που περιστρέφονται γύρω από τη γη εκπέμποντας σε δύο συχνότητες.

Παρέχει δύο τύπους υπηρεσιών εντοπισμού από πλευράς ακριβείας: τις Υπηρεσίες Εντοπισμού Συνήθους Ακρίβειας (Standard Positioning Service-SPS) για γενική χρήση προς όλους ανεξάρτητα τους χρήστες του συστήματος και τις Υπηρεσίες Εντοπισμού Υψηλής Ακρίβειας (Precise Positioning Service-PPS) για εξουσιοδοτημένους από το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ χρήστες.[Δ. Παραδείσης, 2000]

### **1.2.1.2 GLONASS**

Η πρώην Σοβιετική Ένωση προχώρησε στη δημιουργία ενός συστήματος προσδιορισμού θέσης με την ονομασία GLONASS. Αρχικά, ο χαρακτήρας του συστήματος GLONASS ήταν στρατιωτικός, αντίστοιχος με το GPS, και κάλυπτε τις ανάγκες της πρώην Σοβιετικής Ένωσης και των συμμαχικών αυτής χωρών. Με τη διάλυση της Σοβιετικής Ένωσης και τις αλλαγές σε πολιτικό επίπεδο, η χρήση του συστήματος GLONASS άρχισε να επεκτείνεται και έξω από τα σύνορα της Σοβιετικής Ένωσης.

Έχει σχεδιαστεί σε τρία τροχιακά επίπεδα και αυτή τη στιγμή υπάρχουν σε τροχιά 12 δορυφόροι σε πλήρη επιχειρησιακή δραστηριότητα. Η τελευταία εκτόξευση, στο πλαίσιο επέκτασης του συστήματος με τη νέα σειρά M πραγματοποιήθηκε στις 25/12/2006 με τρεις δορυφόρους και αναμένονται κι άλλες στα επόμενα χρόνια για να ολοκληρωθεί ο σχηματισμός των 24 δορυφόρων το 2009 με τη σειρά M, όπως έχει

εκτιμηθεί.

Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει μια σημαντική προσπάθεια για την συνεργασία των συστημάτων GPS και GLONASS, η οποία δίνει μεγαλύτερη κάλυψη στην επιφάνεια της γης για τους χρήστες των συστημάτων αυτών και μεγαλύτερο πλήθος παρατηρούμενων δορυφόρων όταν οι δορυφόροι του GPS περιορίζονται. [Ε. Λάμπρου, Γ. Πανταζής, 2010].

### 1.2.1.3 GALILEO

Galileo ονομάζεται το ευρωπαϊκό σύστημα δορυφορικής πλοήγησης που αναπτύσσεται από το 2002 από την Ευρωπαϊκή Ένωση και από την Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Διαστήματος (ΕΥΔ). Αναμενόταν ότι θα είχε τεθεί σε λειτουργία από το 2008. Στόχος του Galileo είναι να εξασφαλίσει τη ρευστότητα, την αποτελεσματικότητα και την ασφάλεια των μεταφορών στην Ευρώπη. Θα μπορέσει επίσης να εξυπηρετήσει άλλους τομείς της δραστηριότητας χάρη στις πολλαπλές εφαρμογές του.

Το Galileo θα επιτρέψει την ενίσχυση της ευρωπαϊκής επιστημονικής ταυτότητας και την ανάπτυξη της ανεξαρτησίας της Ένωσης στο πλαίσιο του στρατηγικού τομέα προσδιορισμού της θέσης μέσω δορυφόρων. Συνεπώς, αποτελεί μια πραγματική εναλλακτική λύση στην καθιέρωση ενός εκ των πραγμάτων μονοπωλίου προς όφελος του αμερικανικού GPS. Ωστόσο, το Galileo θα είναι συμβατό με το GPS, όπως και με το ρωσικό σύστημα ραδιοπλοήγησης Glonass.

Το Galileo θα επιτρέψει στους χρήστες που διαθέτουν δέκτη να γνωρίζουν με μεγάλη ακρίβεια τη θέση τους σε πραγματικό χρόνο. Το πρόγραμμα αποτελείται από 30 δορυφόρους σε τροχιά από το 2006 και από επίγειους σταθμούς για την αναμετάδοση σημάτων στους χρήστες.

Επίσης αναμένεται να βελτιώσει την κάλυψη σε υψηλότερα πλάτη και ειδικότερα στη Βόρεια Ευρώπη η οποία δεν καλύπτεται επαρκώς από το GPS. [Ε. Λάμπρου, Γ. Πανταζής, 2010]

### 1.2.2 Μέθοδοι μέτρησης

Οι ειδικές τεχνικές μέτρησης, που έχουν αναπτυχθεί με το σύστημα δορυφορικού εντοπισμού είναι οι εξής:

- Η τεχνική του στατικού εντοπισμού (static)
- Η τεχνική του γρήγορου στατικού εντοπισμού (Fast Static)
- Η τεχνική του κινηματικού (Kinematic) με τις μορφές του
  - ✓ Ημικινηματικού εντοπισμού (Stop and Go Kinematic)

- ✓ Συνεχούς κινηματικού εντοπισμού (Continuous Kinematic)
- ✓ Κινηματικού εντοπισμού σε πραγματικό χρόνο (Real Time Kinematic- RTK)
- Διαφορικός εντοπισμός θέσης (DGPS)

### 1.2.2.1 Στατικός εντοπισμός

Η μέθοδος αυτή παρέχει τη μικρότερη αβεβαιότητα στη μέτρηση γεωδαιτικών δικτύων. Απαιτούνται δύο δέκτες μονής ή διπλής συχνότητας όπου ο κάθε ένας μένει σταθερός σε ένα σημείο για κάποιο χρονικό διάστημα.

### 1.2.2.2 Γρήγορος στατικός εντοπισμός

Η μέθοδος του γρήγορου στατικού εντοπισμού χρησιμοποιείται όταν απαιτείται μικρή αβεβαιότητα σε μικρό χρονικό διάστημα παρατηρήσεων. Χρησιμοποιούνται δύο ή περισσότεροι δέκτες δύο συχνοτήτων, εφοδιασμένοι με τη συγκεκριμένη τεχνική (fast static capable). Η μεθοδολογία είναι παρόμοια με την τεχνική του στατικού εντοπισμού, όπου κάθε ένας από τους δέκτες παραμένει σταθερός σε ένα σημείο για κάποιο χρονικό διάστημα. Το χρονικό αυτό διάστημα στην περίπτωση του γρήγορου εντοπισμού είναι σαφώς μικρότερο. Κυμαίνεται από 8 έως 20 min ανάλογα με τον αριθμό των «υγιών» δορυφόρων, στους οποίους έχει ορατότητα ο δέκτης.

Η αρχή της μεθόδου είναι η γρήγορη επίλυση των ασαφειών φάσης, με χρήση των φερουσών συχνοτήτων και των κωδικών και στις δύο συχνότητες L1 και L2.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για επίλυση βάσεων μέχρι 15-20 km, όπου απαιτούνται αξιόπιστα αποτελέσματα σε μικρό χρονικό διάστημα. Η αβεβαιότητα επίλυσης είναι της τάξης  $\pm 1\text{ppm}$ . Οπότε η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τριγωνισμούς I<sup>ns</sup> και II<sup>ns</sup> τάξης και μικρότερης, επιλύσεις φωτοσταθερών σημείων, επίλυση πολυγωνικών οδεύσεων και για άλλες εφαρμογές.[Δ. Παραδείσης, 2000]

### 1.2.2.3 Κινηματικός εντοπισμός θέσης

Η κινηματική τεχνική χρησιμοποιείται για την τοπογραφική αποτύπωση περιοχών περίπου 10-15km, στις οποίες δεν υπάρχουν πολλά φυσικά ή τεχνητά στοιχεία, που να εμποδίζουν το σήμα των δορυφόρων.

Για την εφαρμογή της απαιτούνται δέκτες μιας ή δύο συχνοτήτων, οι οποίοι βεβαίως πρέπει να την περιλαμβάνουν στις επιλογές εργασιών, που διαθέτουν.

Στην περίπτωση της μιας συχνότητας οι δέκτες χρησιμοποιούν μετρήσεις φάσης για τη μέτρηση αποστάσεων και μετρήσεις κώδικα C/A για τη μέτρηση ψευδοαποστάσεων. Στην περίπτωση όπου χρησιμοποιηθούν δέκτες δύο συχνοτήτων, πραγματοποιούνται μετρήσεις φάσης και στις δύο συχνότητες L1 και L2 για τη μέτρηση αποστάσεων και μετρήσεις κώδικα P για τη μέτρηση ψευδοαποστάσεων.

Ο ένας δέκτης παραμένει πάντα σταθερός και ονομάζεται σταθμός αναφοράς (Base ή Reference) και τοποθετείται σε σημείο με γνωστές συντεταγμένες. Ο δεύτερος (ή υπόλοιποι) είναι κινητός (rover) και επισκέπτεται τα σημεία όπου λαμβάνονται μετρήσεις κατά την αποτύπωση.

Η φιλοσοφία της μεθόδου είναι ότι από τη στιγμή, που οι ασάφειες φάσης επιλυθούν αρχικά, ο ένας από τους δύο δέκτες μπορεί να μετακινηθεί και να επισκεφθεί άλλα σημεία, με μοναδικό περιορισμό το ότι πρέπει να παρακολουθεί (Locked) συνεχώς τουλάχιστον 4 δορυφόρους. Οι δορυφόροι δεν είναι απαραίτητο να μείνουν οι ίδιοι μέχρι το τέλος της εργασίας, αρκεί οι δύο (ή περισσότεροι) δέκτες να παρατηρούν κάθε στιγμή τους ίδιους. Αυτός είναι ο ένας λόγος για τον οποίο περιορίζεται το εύρος χρήσης της τεχνικής και ο άλλος είναι η επίδραση της ιονόσφαιρας. [Δ. Παραδείσης, 2000]

#### **1.2.2.4 Ημικινηματικός εντοπισμός (Stop and go)**

Στον ημικινηματικό εντοπισμό ο σταθμός αναφοράς παραμένει σταθερός σε ένα σημείο μέχρι το τέλος της εργασίας. Ο κινητός επισκέπτεται τα σημεία που χρειάζεται να αποτυπωθούν. Ο χρόνος που μένει στο κάθε σημείο κυμαίνεται από λίγα sec, μέχρι 1-2 min. [Δ. Παραδείσης, 2000]

#### **1.2.2.5 Συνεχής κινηματικός**

Στο συνεχή κινηματικό εντοπισμό ο ένας δέκτης παραμένει σταθερός σε γνωστό σημείο και ο δεύτερος βρίσκεται σε διαρκή κίνηση. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται συνεχής λήψη σημείων, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απόδοση της φυσικής γήινης επιφάνειας ή για οποιαδήποτε άλλη εφαρμογή. [Δ. Παραδείσης, 2000]

### 1.2.2.6 Κινηματικός εντοπισμός σε πραγματικό χρόνο (Real Time Kinematic-RTK)

Είναι η μέθοδος αποτύπωσης χρησιμοποιώντας το δορυφορικό σύστημα εντοπισμού σε πραγματικό χρόνο και είναι επίσης η μοναδική μέθοδος της δορυφορικής γεωδαισίας που μπορεί να δώσει ακριβή αποτελέσματα σε πραγματικό χρόνο. Η αβεβαιότητα της μετρούμενης βάσης εκτιμάται ότι είναι  $\pm 1 \text{ cm} \pm 2 \text{ ppm}$  και ο συνήθης χρόνος μετρήσεων 10-30 sec. Από αυτό φαίνεται ότι τα αποτελέσματα της μεθόδου είναι και ακριβή και απαιτείται ελάχιστος χρόνος για την πραγμάτωσή τους.

Για την εφαρμογή της μεθόδου απαιτείται εκτός από τους δύο δέκτες GPS και μία ασύρματη ζεύξη μεταξύ τους (radio link). Η ζεύξη πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας δύο συσκευές – μία με το δέκτη – οι οποίες αποτελούνται από 1 modem και ένα πομποδέκτη.

Η τεχνική πραγματοποιείται όπως ακριβώς και η εκ των υστέρων κινηματική τεχνική, με τη μόνη διαφορά ότι ο σταθμός αναφοράς συνδέεται με τον ένα πομποδέκτη και εκπέμπει διορθώσεις, τις οποίες λαμβάνει ο δεύτερος πομποδέκτης που είναι συνδεδεμένος με τον κινητό δέκτη και τις μεταφέρει σε αυτόν. Ο κινητός δέκτης με τη σειρά του, χρησιμοποιεί τις διορθώσεις αυτές για να επιλύσει επιτόπου τις ασάφειες φάσης και να δώσει τα αποτελέσματα την ίδια στιγμή. Ο κινηματικός εντοπισμός σε πραγματικό χρόνο είναι συνδυασμός του συνεχούς και ημικινηματικού εντοπισμού. [Δ. Παραδείσης, 2000]

### 1.2.2.7 Διαφορικός εντοπισμός θέσης

Η αρχή του διαφορικού GPS (DGPS) βασίζεται στο γεγονός ότι τα περισσότερα σφάλματα στη μέτρηση των ψευδοαποστάσεων, χρησιμοποιώντας δέκτες GPS, είναι σε μεγάλο βαθμό κοινά για όλους τους χρήστες που βρίσκονται στην ίδια γεωγραφική περιοχή που παρακολουθούν ταυτόχρονα τους ίδιους δορυφόρους. Αυτό συμβαίνει διότι το μεγαλύτερο μέρος των σφαλμάτων οφείλεται στο τμήμα ελέγχου, στο τμήμα διαστήματος και στην επίδραση της ατμόσφαιρας.

Αν λοιπόν τοποθετηθεί ένας δέκτης GPS σε ένα σταθερό σημείο, με γνωστές εκ των προτέρων συνταγμένες, είναι δυνατόν χρησιμοποιώντας τις γνωστές από την εκπεμπόμενη εφημερίδα θέσεις των δορυφόρων, να υπολογισθούν οι αποστάσεις που θα έπρεπε να μετρά ο δέκτης προς κάθε δορυφόρο του συστήματος. Αυτές οι υπολογισμένες αποστάσεις συγκρίνονται με τις αποστάσεις που πραγματικά μετρά ο δέκτης προς τους ίδιους δορυφόρους και η διαφορά τους είναι τα σφάλματα στη μέτρηση των ψευδοαποστάσεων. Τα σφάλματα αυτά μεταδίδονται σε



πραγματικό χρόνο ως διορθώσεις ψευδοαποστάσεων προς τους άλλους κινούμενους δέκτες GPS που βρίσκονται στην ίδια περιοχή. Αν οι δέκτες αυτοί χρησιμοποιούν τους ίδιους ή τουλάχιστον τέσσερις από τους δορυφόρους που παρατηρεί ο σταθμός αναφοράς, ταυτόχρονα, μπορούν να τις χρησιμοποιήσουν για να διορθώσουν τις δικές τους μετρήσεις ψευδοαποστάσεων και να βελτιώσουν την αβεβαιότητα εντοπισμού. [Δ. Παραδείσης, 2000]

### 1.3 Μόνιμοι Σταθμοί αναφοράς –Δικτυακές Τεχνικές

Global Navigation Satellite System (GNSS) είναι ο όρος για το δορυφορικό σύστημα πλοήγησης που προβλέπει αυτόνομο γεω-χωρικό εντοπισμό σε παγκόσμια κάλυψη. Το GNSS επιτρέπει σε μικρούς ηλεκτρονικούς δέκτες να προσδιορίσουν τη θέση τους (μήκος, πλάτος και ύψος) με αβεβαιότητα μερικών μέτρων μεταδίδοντας από δορυφόρους σε πραγματικό χρόνο διορθώσεις για δέκτες. Οι δέκτες στο έδαφος με συγκεκριμένη θέση μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να υπολογίσουν τον ακριβή χρόνο ως αναφορά για επιστημονικά πειράματα.

Τη δεκαετία του 1990 εγκαταστάθηκαν σε παγκόσμιο επίπεδο πολλοί μόνιμοι σταθμοί αναφοράς. Ερευνητές ξεκίνησαν να αξιοποιούν τις παρατηρήσεις αυτών των σταθμών με στόχο τη μοντελοποίηση παραμέτρων που επηρεάζουν τον προσδιορισμό θέσης με GNSS (τροχιακά σφάλματα, τροποσφαιρικά και κυρίως ιονοσφαιρικές επιδράσεις). Η συνεχής χρήση τους έδειξε ότι αυτά τα μοντέλα μπορούν να βελτιώσουν το γεωδαιτικό δορυφορικό εντοπισμό.

Τα χαρακτηριστικά των μόνιμων σταθμών αναφοράς είναι:

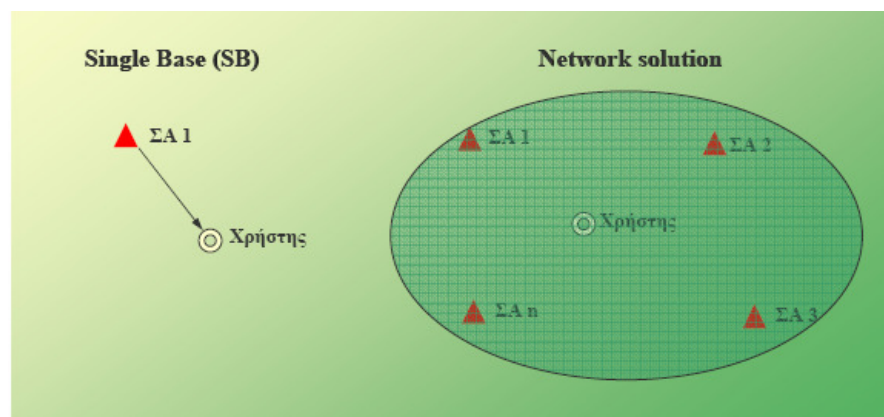
- Ελεύθερος ορίζοντας
- Απουσία αισθητών παρεμβολών Η/Μ παρεμβολών
- Σταθερότητα κεραίας
- «Απουσία» φαινομένου πολλαπλών διαδρομών (multipath)
- Αλεξικέραυνη προστασία (αλεξικέραυνο, κλωβός, surge arrestor)
- Ασφάλεια εξοπλισμού
- Ελεγχόμενη πρόσβαση σε μη εξουσιοδοτημένα άτομα
- Εύκολη και ταχεία πρόσβαση.

Προς τα τέλη της δεκαετίας του 1990 αρχίζουν να αναπτύσσονται στη Γερμανία οι πρώτες δικτυακές τεχνικές.

### 1.3.1 Αρχή λειτουργίας των δικτυακών τεχνικών

Από τις παρατηρήσεις μόνιμων σταθμών αναφοράς υπολογίζονται τα σφάλματα σε καθέναν από αυτούς και στη συνέχεια επιφάνειες που περιγράφουν τα σφάλματα αυτά εντός της περιοχής του δικτύου. Η πληροφορία αυτή διατίθεται στο χρήστη, σε μορφή που εξαρτάται από τη δικτυακή μορφή που χρησιμοποιείται.

Κατά τη χρήση των δικτυακών τεχνικών GPS (και γενικότερα GNSS) ο χρήστης δε χρησιμοποιεί στοιχεία (μετρήσεις ή διορθώσεις) που προέρχονται από ένα μόνο σταθμό αναφοράς (SB: Single-Base), αλλά επιπλέον πληροφορία που προέρχεται από ενιαία επεξεργασία μετρήσεων από περισσότερους σταθμούς οι οποίοι ανήκουν σε ένα δίκτυο.



Σχήμα 1.1 Σχηματική αναπαράσταση της διαφοράς των δικτυακών τεχνικών σε σχέση με τη χρήση ενός μόνο σταθμού

Τα πλεονεκτήματα της δικτυακής επίλυσης έναντι της επίλυσης από έναν σταθμό είναι σημαντικά, σε τεχνικό και τεχνολογικό επίπεδο.

Τα πιο βασικά από αυτά στην πράξη είναι:

- ✓ Μεγαλύτερο εύρος (εμβადόν) κάλυψης, με αποτέλεσμα ο χρήστης να μπορεί να δουλέψει σε όλη την επιφάνεια των επικαλυπτόμενων ακτινών των σταθμών.
- ✓ Μεγαλύτερη ακρίβεια σε RTK δεδομένα, λόγω επίλυσης περισσότερων βάσεων, επομένως επιτυγχάνεται καλύτερη γεωμετρία (τριγωνισμοί).
- ✓ Το δίκτυο προσφέρει καλύτερη αναίρεση στα ατμοσφαιρικά σφάλματα λόγω δημιουργίας ιονοσφαιρικών μοντέλων στην περιοχή κάλυψης των μόνιμων σταθμών αναφοράς. [Κατσάμπαλος, 2008]

#### 1.3.1.1 Τεχνική VRS- Virtual Reference Station

Στην περίπτωση του Εικονικού Σταθμού Αναφοράς (VRS: Virtual Reference Station) τα δεδομένα των (πραγματικών) σταθμών αναφοράς

και τα υπολογισμένα μοντέλα των σφαλμάτων χρησιμοποιούνται για να δημιουργηθούν από υπολογισμούς, παρατηρήσεις σε οποιοδήποτε σημείο εντός της περιοχής του δικτύου.

Σύμφωνα με τη θεωρία του VRS, οι παρατηρήσεις αυτές είναι ίδιες με αυτές που θα κατέγραφε ένας δέκτης εάν βρισκόταν σε λειτουργία στο σημείο αυτό κατά το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Το σημείο για το οποίο μπορεί να ζητηθεί δημιουργία VRS, μπορεί στη φυσική πραγματικότητα να είναι εντελώς ακατάλληλο για μετρήσεις: μέσα σε δάσος, σε κτίσμα, ή ακόμα και κάτω από το έδαφος. Οι μετρήσεις θα αντιστοιχούν στις μετρήσεις που θα είχε καταγράψει ένας δέκτης τοποθετημένος στο σημείο αυτό, εάν δεν υπήρχε κανένα εμπόδιο.

Οι εξ' υπολογισμού παρατηρήσεις VRS μπορούν να χρησιμοποιηθούν

- Για εφαρμογές μετεπεξεργασίας: με τη μορφή αρχείου Rinex
- Για εφαρμογές RTK ή DGPS με τη μορφή διορθώσεων RTCM

Στην περίπτωση εφαρμογών μετεπεξεργασίας, ο χρήστης ορίζει ένα σημείο στη βέλτιστη θέση που εξυπηρετεί τις μετρήσεις του και ζητά τη δημιουργία αρχείου VRS παρατηρήσεων στο συγκεκριμένο αυτό σημείο.

Στην περίπτωση εφαρμογών πραγματικού χρόνου το δίκτυο επιλέγει αυτόματα τη θέση του VRS ώστε να είναι κοντά στο χρήστη.

Η τεχνική VRS είναι η μόνη που μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για εφαρμογές μετεπεξεργασίας όσο και για εφαρμογές πραγματικού χρόνου. Οι τεχνικές FKP και MAC χρησιμοποιούνται μόνο για εφαρμογές πραγματικού χρόνου. [Κατσάμπαλος, 2008]

### **1.3.1.2 Τεχνική FKP**

Στην περίπτωση της τεχνικής FKP (Flächen Korrekturparameter ή Area Correction Parameter) το δίκτυο στέλνει στο χρήστη τις παραμέτρους μαθηματικών επιφανειών που περιγράφουν τα εκάστοτε σφάλματα που υπεισέρχονται στις μετρήσεις. Ο χρήστης χρησιμοποιεί αυτές τις επιφάνειες για να υπολογίσει τις τιμές των σφαλμάτων στο σημείο στο οποίο βρίσκεται και να κάνει τις ανάλογες διορθώσεις στις παρατηρήσεις. [Μ. Γιαννίου, 2008]

### **1.3.1.3 Τεχνική MAC**

Στην περίπτωση της τεχνικής MAC (Master Auxiliary Concept) το δίκτυο στέλνει στο χρήστη τις διορθώσεις (Corrections) ενός κύριου σταθμού αναφοράς (Master Station) καθώς και διαφορές διορθώσεων (correction differences) γειτονικών σταθμών αναφοράς (Auxiliary

Stations). Σύμφωνα με την τεχνική MAC, ο χρήστης λαμβάνει την πρωτογενή πληροφορία σχετικά με τα σφάλματα χωρίς να μεσολαβεί καμία μοντελοποίηση με το δίκτυο. Μπορεί να εφαρμόσει προηγμένους αλγόριθμους και να πετύχει μεγαλύτερη ακρίβεια. [Μ. Γιαννίου, 2008]

### 1.3.2 EUPOS

Το σύστημα *EUPOS* είναι μια ευρωπαϊκή πρωτοβουλία με στόχο την καθιέρωση ενός ενιαίου DGNSS (Διαφορικό Παγκόσμιο Δορυφορικό Σύστημα Πλοήγησης), βάσει των υποδομών των χωρών της Κεντρικής και Ανατολικής Ευρώπης. Ομοιόμορφοι DGNSS σταθμοί αναφοράς και οι υπηρεσίες θα πρέπει να δημιουργηθούν σε δεκατέσσερις συμμετέχουσες ευρωπαϊκές χώρες. Έχει προγραμματιστεί η δημιουργία 870 σταθμών αναφοράς.

Το *EUPOS* παρέχει DGNSS στοιχεία για διόρθωση σε πραγματικό χρόνο της θέσης και πλοήγησης καθώς και DGNSS στοιχεία για την παρατήρηση της θέσης μετά την επεξεργασία

Οι τεχνικές δυνατότητες που προσφέρονται από το Παγκόσμιο Δορυφορικό Σύστημα Πλοήγησης (GNSS) παρέχουν στις εθνικές υπηρεσίες την ευκαιρία να εκπληρώσουν την αποστολή τους για την παροχή γεωδαιτικών συστημάτων αναφοράς αποτελεσματικά και σε μεγάλο βαθμό, σύμφωνα με τις απαιτήσεις τους.

Πολλές ευρωπαϊκές χώρες έχουν συστήσει DGNSS υπηρεσίες από σταθμούς αναφοράς από τη δεκαετία του ενενήντα, παρέχοντας διαφορική διόρθωση δεδομένων GNSS σε πραγματικό χρόνο ή, τουλάχιστον, τα στοιχεία τους για την παρατήρηση μετά DGNSS-επεξεργασία. Το EUPOS παρέχει τη θεμελιώδη υποδομή για την παροχή χωρικών πληροφοριών. Έτσι δημιουργείται μια σημαντική βάση για τον προγραμματισμό και τη δράση των διοικητικών, νομικών, οικονομικών και επιστημονικών πεδίων. Με τον ορισμό του 1989 του Ευρωπαϊκού Γήινου Συστήματος Αναφοράς (ETRS89), έγινε σύνδεση χωρικών δεδομένων, τα οποία ενημερώνονται, ιδίως μέσω της EUREF μόνιμο δίκτυο (ΕΔΠ), το οποίο περιέχει τους Ευρωπαϊκούς σταθμούς της Διεθνούς Υπηρεσίας για GPS Γεωδυναμικό (IGS). [www.eupos.org]

### 1.3.3 HELLENIC POSITIONING SYSTEM (HEPOS)

Το Ελληνικό Σύστημα Εντοπισμού - HEPOS (HEllenic POsitioning System) είναι ένα δίκτυο μόνιμων σταθμών GPS στην Ελλάδα. Χρησιμοποιεί τεχνολογίες GPS για να προσδιορίσει σε μικρό χρονικό

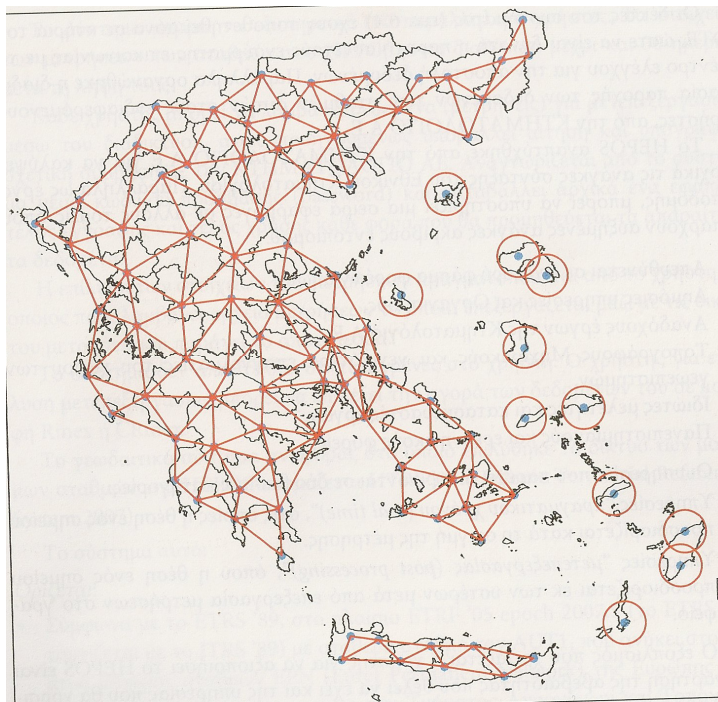
διάστημα, με μικρό κόστος και μικρή αβεβαιότητα (λίγων εκατοστών του μέτρου σε πραγματικό χρόνο) για κάθε μέτρηση που πραγματοποιείται με βάση το δίκτυο, τις συντεταγμένες σημείων σε όλη την Ελληνική Επικράτεια.

Το HEPOS αποτελείται από ένα δίκτυο μόνιμων σταθμών αναφοράς GPS, κατανεμημένων σε ολόκληρη τη χώρα, υλοποιώντας έτσι ένα σύστημα αντίστοιχο με αυτά που λειτουργούν τα τελευταία χρόνια στις περισσότερες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι μετρήσεις των σταθμών αυτών συγκεντρώνονται σε πραγματικό χρόνο στο Κέντρο Ελέγχου του Συστήματος, το οποίο τις επεξεργάζεται και αποστέλλει στους χρήστες τα δεδομένα που απαιτούνται για τον εντοπισμό της θέσης του χρήστη με μεγάλη ακρίβεια. Οι χρήστες θα μπορούν να παίρνουν τα δεδομένα είτε σε πραγματικό χρόνο, είτε μέσω διαδικτυακού εξυπηρετητή (web server) για εφαρμογές μετεπεξεργασίας (post-processing).

Το HEPOS υλοποιήθηκε από την ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε. για να καλύψει τις ανάγκες σύνταξης του Εθνικού Κτηματολογίου για τα επόμενα χρόνια. Με το σύστημα αυτό γίνονται ομοιογενείς και ακριβείς τοπογραφικές μετρήσεις στο σύνολο της χώρας, ταχύτερα και οικονομικότερα. Παράλληλα όμως έχει και πλήθος άλλων εφαρμογών στις οποίες απαιτείται είτε ακρίβεια εκατοστού είτε ακρίβεια της τάξης του μισού μέτρου. Τα κύρια πεδία εφαρμογών του συστήματος αποτελούν οι κτηματολογικές, τοπογραφικές και γεωδαιτικές εργασίες, τα μεγάλα κατασκευαστικά έργα, η επιστημονική έρευνα και η συλλογή δεδομένων για εφαρμογές GIS (Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών) με αυξημένες απαιτήσεις χωρικής ακρίβειας.

Το πιο σημαντικό είναι ότι, το Hepos φιλοδοξεί να άρει το μειονέκτημα της απαραίτητης χρήσης δύο δεκτών, προκειμένου να γίνει ο ακριβής προσδιορισμός της θέσης ενός σημείου της ΦΓΕ με τη μέθοδο του σχετικού εντοπισμού, αξιοποιώντας το υφιστάμενο παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα εντοπισμού.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το HEPOS αποτελείται από ένα σύστημα 98 σταθμών αναφοράς συνεχούς λειτουργίας, ομοιόμορφα κατανεμημένων σε όλη τη χώρα σε κατάλληλα επιλεγμένες θέσεις (φωτογραφία 1.1).



*Φωτογραφία 1.1 Σταθμοί αναφοράς Herpos*

Για τους σταθμούς αναφοράς του Herpos έχουν χρησιμοποιηθεί οι κεραιές Trimble Zephyr Geodetic με θόλο για προστασία από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές και πολυκλαδικά σφάλματα (φωτογραφία 1.2).



*Φωτογραφία 1.2: Μόνιμοι σταθμοί αναφοράς του Herpos*

Οι κεραιές έχουν τοποθετηθεί μόνο σε κτήρια του ΟΤΕ, ώστε να είναι δυνατή η παροχή συνεχούς ενσύρματης επικοινωνίας με το κέντρο ελέγχου για την αποστολή δεδομένων.

Οι συντεταγμένες κάθε μόνιμου σταθμού, αναφέρονται στη βάση της κεραιάς (bottom of antenna mount) του κάθε σταθμού. Το τελευταίο ψηφίο «Α» χρησιμοποιείται για να γίνει στο χρήστη άμεσα αντιληπτή η πιθανή αλλαγή θέσης της κεραιάς ενός ΣΑ. Για παράδειγμα εάν ο κωδικός του σταθμού αναφοράς 008Α μεταβληθεί σε 008Β τότε θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι νέες συντεταγμένες που αντιστοιχούν στη θέση της κεραιάς.



Το γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς στο οποίο επιλύθηκε το δίκτυο των μόνιμων σταθμών του Heros ονομάζεται HTRS'07 (Hellenic Terrestrial Reference System 2007). Αυτό αποτελεί υλοποίηση του ETRS89 στην Ελλάδα και ως προβολικό σύστημα χρησιμοποιεί την εγκάρσια μερκατορική προβολή TM07.

Ως δυσδιάστατο σύστημα συντεταγμένων (grid) ορίζεται η Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή με τα παρακάτω στοιχεία:

- ✓ Κεντρικός μεσημβρινός  $\lambda_0=24^{\circ}A$
- ✓ Συντελεστής κλίμακας σε  $\lambda=24^{\circ}A$   $K_0=0.9996$
- ✓ Πλάτος αναφοράς  $\phi_0 = 00^{\circ}00'00''.00$
- ✓ Προσθετική σταθερά στο x:  $x_0 = 500000.00m$
- ✓ Προσθετική σταθερά στο y:  $y_0 = -2000000.00m$

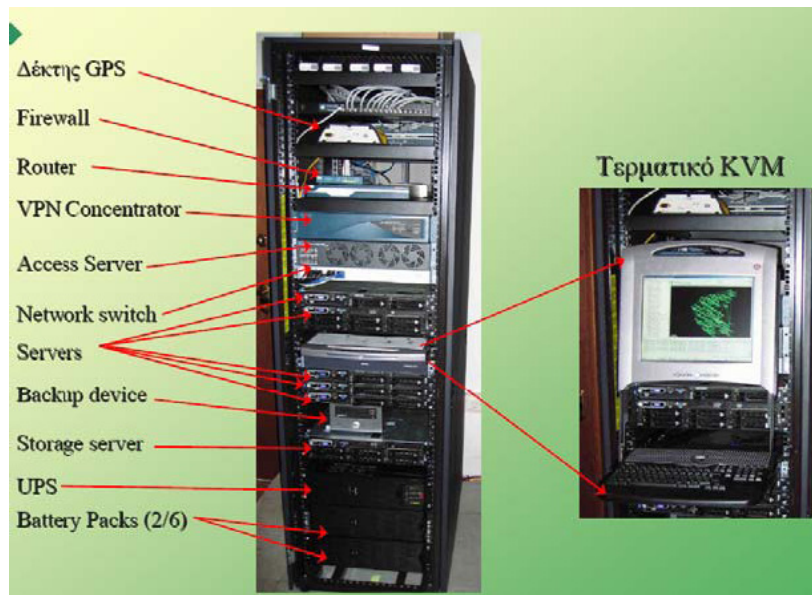
Καστελόριζο:

- ✓ Κεντρικός μεσημβρινός  $\lambda_0=30^{\circ}A$
- ✓ Συντελεστής κλίμακας σε  $\lambda=30^{\circ}A$   $K_0=1.000$
- ✓ Πλάτος αναφοράς  $\phi_0 = 00^{\circ}00'00''.00$
- ✓ Προσθετική σταθερά στο x:  $x_0 = 500000.00m$
- ✓ Προσθετική σταθερά στο y:  $y_0 = -2000000.00m$

Ως ελλειψοειδές αναφοράς χρησιμοποιείται το GRS80 (χωρίς καμία μετατόπιση), και ταυτίζεται με το ελλειψοειδές αναφοράς του ETRS89.

Το κέντρο ελέγχου των μόνιμων σταθμών αναφοράς του Heros διαθέτει:

- Λογισμικό Trimble GPSNet
- Έξι servers
- Υποστήριξη 150 παράλληλων χρηστών για εφαρμογές πραγματικού χρόνου με δυνατότητες επέκτασης
- Υποστήριξη 60 παράλληλων συνδέσεων GSM με δυνατότητες επέκτασης (φωτογραφία 1.3)



Φωτογραφία 1.3 Κέντρο ελέγχου σταθμών αναφοράς Herpos

Εκτός από τους 11 νησιωτικούς σταθμούς αναφοράς οι οποίοι είναι μεμονωμένοι, η λειτουργία των σταθμών αναφοράς του Herpos βασίζεται στις διεθνώς αποδεκτές και δόκιμες δικτυακές τεχνικές.

Ο εξοπλισμός που χρειάζεται ο χρήστης για να αξιοποιήσει το HEPOS είναι συνάρτηση της αβεβαιότητας που θέλει να επιτύχει και της υπηρεσίας που θα χρησιμοποιήσει. Έτσι:

- Για υπηρεσίες «μετεπεξεργασίας»
  - ✓ Για σφάλμα της τάξης των λίγων cm απαιτείται ένας γεωδαιτικός δέκτης του δορυφορικού συστήματος εντοπισμού μίας ή δύο συχνοτήτων.
  - ✓ Για σφάλμα της τάξης  $\pm 0.5$  m αρκεί ένας απλός δέκτης GPS αρκεί να παρέχει τη δυνατότητα λήψης των διαφορικών διορθώσεων του HEPOS.
  - ✓ Ένα εξειδικευμένο λογισμικό γραφείου με δυνατότητα επεξεργασίας αρχείων σε μορφή Rinex.
- Για υπηρεσίες «πραγματικού χρόνου» χρειάζονται:
  - ✓ Ένας δέκτης του δορυφορικού συστήματος εντοπισμού RTK με δυνατότητα χρήσης δικτυακών τεχνικών (VRS, FKP).
  - ✓ και ένα GSM ή GPRS modem για επικοινωνία με το κέντρο ελέγχου. Τα modems αυτά ενσωματώνονται στο δέκτη και ενεργοποιούνται μέσω διαδικτύου ή μέσω των κινητών τηλεφώνων των χρηστών.



### **1.3.3.1 Υπηρεσίες του HEPOS για εφαρμογές μετεπεξεργασίας**

Τα δεδομένα των μετρήσεων που έχουν συλλεχθεί στους σταθμούς αναφοράς του HEPOS είναι διαθέσιμα για 30 ημέρες μετά τη λήψη τους.

Όσον αφορά τα δεδομένα των εικονικών σταθμών αναφοράς (VRS), υπολογίζονται για οποιαδήποτε θέση ενδιαφέροντος του χρήστη η οποία είναι εντός της περιοχής του δικτύου των σταθμών που παρέχεται δικτυακή λύση.

Δημιουργούνται από τις πραγματικές μετρήσεις των σταθμών αναφοράς και τις υπολογισμένες μαθηματικές επιφάνειες των σφαλμάτων.

Η πρόσβαση γίνεται μέσω του HEPOS RINEX Shop, ένα e-κατάστημα που είναι προσβάσιμο από τον ιστοχώρο του HEPOS μόνο στους εγγεγραμμένους χρήστες.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΕΔΙΟΥ

#### 2.1 Αντικείμενο

Αντικείμενο της εργασίας είναι η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων προσδιορισμού της θέσης ενός σημείου με τη μέθοδο του στατικού εντοπισμού, με τη χρήση του Δικτύου μόνιμων σταθμών του Heros, με την εφαρμογή διαφορετικών συνθηκών μέτρησης.

- ✓ Επίλυση με μόνιμους σταθμούς σε διαφορετικές αποστάσεις
- ✓ Επίλυση με εικονικούς σταθμούς VRS
- ✓ Διαφορετικές ημέρες μέτρησης
- ✓ Μέτρηση με διαφορετικούς δέκτες
- ✓ Μέτρηση για διαφορετικά χρονικά διαστήματα από 5 min έως 2 ώρες.

Το σημείο για το οποίο υπολογίσθηκαν οι συντεταγμένες είναι το βορειοδυτικό βάθρο του κτηρίου Λαμπαδάριου.

#### 2.2 Διαδικασία

Ορίστηκαν και μετρήθηκαν τρεις βάσεις (Baselines):

- Η πρώτη είναι αυτή που σχηματίζεται μεταξύ του βάθρου του κτηρίου Λαμπαδάριου και του 008A μόνιμου σταθμού αναφοράς του Heros ο οποίος βρίσκεται στο Μαραθώνα Αττικής σε απόσταση περίπου 23 km με γεωκεντρικές συντεταγμένες  
 $X=4591018.7969$  m,  $Y=2042229.7137$  m,  $Z=3915330.2929$  m
- Η δεύτερη αυτή που σχηματίζεται μεταξύ του βάθρου του Λαμπαδάριου και του 098A μόνιμου σταθμού αναφοράς του Heros, ο οποίος βρίσκεται στο κτήριο της ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΑΕ στο Χολαργό Αττικής, σε απόσταση περίπου 4 km, με γεωκεντρικές συντεταγμένες  
 $X=4604061.5837$  m,  $Y=2030937.3396$  m,  $Z=3906256.4120$  m.
- Η τρίτη είναι αυτή που σχηματίζεται μεταξύ του βάθρου του Λαμπαδάριου και ενός εικονικού σταθμού αναφοράς που δημιουργήθηκε σε απόσταση περίπου 65 m με γεωκεντρικές συντεταγμένες  
 $X=4606854.169$  m,  $Y=2029949.716$  m,  $Z=3903435.853$  m.

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε τρεις διαφορετικές ημέρες, στις 21/10/2009, 24/11/2009 και στις 19/12/2009.

Η διαδικασία μέτρησης που ακολουθήθηκε και στις τρεις μέρες ήταν η εξής:

- ✓ Τοποθέτηση και οριζοντίωση του κάθε δέκτη πάνω στο βάθρο, στο οποίο είχε ήδη τοποθετηθεί ειδική βάση εξαναγκασμένης κέντρωσης και τρικόγλιο όμοιο με αυτό των γεωδαιτικών σταθμών. Η οριζοντίωση της κεραίας του κάθε δέκτη έγινε με τη σφαιρική αεροστάθμη που διαθέτει το τρικόγλιο.
- ✓ Μέτρηση ύψους της κεραίας. Η μέτρηση του ύψους έγινε από την επιφάνεια του βάρου μέχρι το σημείο του κάθε δέκτη που έχει υποδειχθεί από τον κατασκευαστή. Για κάθε μετρημένο ύψος γινόταν αναγωγή στο bottom of antenna mount αφαιρώντας από το μετρημένο ύψος μια ποσότητα που υποδεικνύονταν από τον κατασκευαστή. Αυτή η ποσότητα ήταν διαφορετική για κάθε δέκτη.
- ✓ Οι μετρήσεις έγιναν με τρεις διαφορετικούς δέκτες. Οι δύο από αυτούς ήταν μονής συχνότητας και ο τρίτος διπλής συχνότητας. Ως συχνότητα καταγραφής ορίστηκαν τα 10 sec και για τους τρεις δέκτες.
- ✓ Κάθε δέκτης μέτρησε για δύο ώρες κάθε φορά. Αυτός ο χρόνος παρατήρησης θεωρήθηκε κατάλληλος για να δημιουργηθούν πλεονάζουσες παρατηρήσεις, ώστε να προσδιορίζονται ικανοποιητικά οι ατμοσφαιρικές διορθώσεις και οι υπόλοιπες παράμετροι του συστήματος. Επίσης αυτός ο χρόνος παρατήρησης δίνει τη δυνατότητα για περαιτέρω επεξεργασία των μετρήσεων, όπως η κατάτμηση του κάθε δώρου σε 60, 30, 20, 15, 10 και 5 min και τη μελέτη των αποτελεσμάτων σε αυτά τα χρονικά διαστήματα.

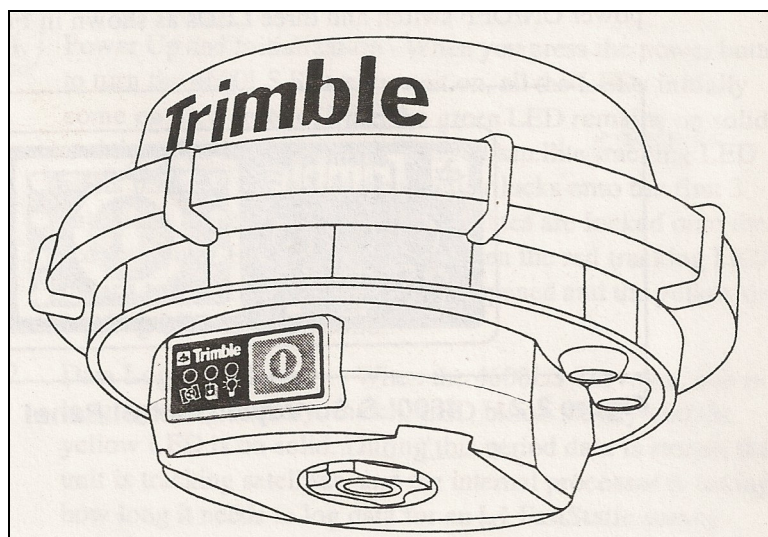
### 2.3 Εξοπλισμός

Οι δέκτες με τους οποίους έγιναν οι πειραματικές μετρήσεις είναι της εταιρείας Trimble, οι μονής συχνότητας 4600LS και ο R3 και ο διπλής συχνότητας 5800.

Το λογισμικό με το οποίο έγινε η επεξεργασία των μετρήσεων είναι το Trimble Geomatic Office.

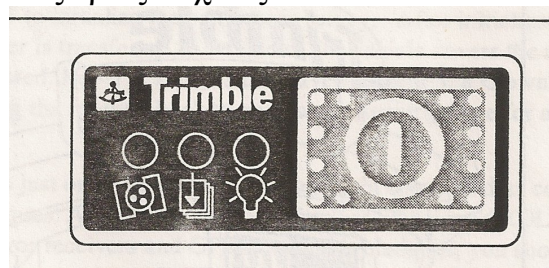
### 2.3.1 Δέκτης 4600LS

Ο δέκτης 4600LS (φωτογραφία 2.1) σχεδιάστηκε για τοπογραφικές και χαρτογραφικές εφαρμογές χρησιμοποιώντας στατικές, ταχείς στατικές και κινηματικές μεθόδους. Ο δέκτης 4600LS μονής συχνότητας L1, λαμβάνει δεδομένα από GPS δορυφόρους προκειμένου να «δώσει» ακριβή δεδομένα θέσης σε επίγειες γεωδαιτικές εφαρμογές.



Φωτογραφία 2.1: Δέκτης 4600LS

Ο χρήστης για να ανοίξει το δέκτη ενεργοποιεί μόνο το πλήκτρο ON/OFF και ελέγχει τις τρεις λυχνίες.



Φωτογραφία 2.2 Λυχνίες του δέκτη 4600LS

- Η πρώτη λυχνία από αριστερά δείχνει τον αριθμό των δορυφόρων που λαμβάνει ο δέκτης τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Αν ο δέκτης λαμβάνει κάτω από 4 δορυφόρους τότε η λυχνία αναβοσβήνει γρήγορα. Αν λαμβάνει πάνω από 4 αναβοσβήνει αργά.
- Η δεύτερη λυχνία δείχνει αν υπάρχει αρκετός χώρος μνήμης για την καταγραφή των μετρήσεων. Αν η λυχνία αναβοσβήνει αργά, σημαίνει ότι έχουν ληφθεί επαρκή δεδομένα για ταχύ στατικό εντοπισμό. Αν αναβοσβήνει γρήγορα σημαίνει ότι ο χώρος μνήμης εξαντλήθηκε.

- Η τρίτη λυχνία δείχνει αν ο δέκτης έχει επαρκή τροφοδοσία ρεύματος. Αν η λυχνία αναβοσβήνει γρήγορα σημαίνει ότι οι μπαταρίες πρέπει να αντικατασταθούν.

Ο συγκεκριμένος δέκτης λειτουργεί και με ενσωματωμένες μπαταρίες και με εξωτερική ξηρή μπαταρία 12V που παρέχει ενέργεια για περισσότερο χρόνο μετρήσεων.

Ορισμένα από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του δέκτη 4600LS είναι:

Λειτουργεί με 12 κανάλια στη συχνότητα L1 με C/A κώδικα. Έχει εσωτερική μνήμη 64 MB και μπορεί να αποθηκεύσει 65 ώρες συνεχούς καταγραφής ανά 15 sec από 5 δορυφόρους.

Τα σφάλματα που δίνονται από την κατασκευάστρια εταιρία για στατικό και ταχύ στατικό εντοπισμό είναι:

- Οριζοντιογραφικά  $\pm 5\text{mm} \pm 1\text{ppm}$
- Υψομετρικά  $\pm 10\text{mm} \pm 2\text{ppm}$

ενώ για τον κινηματικό εντοπισμό είναι:

- Οριζοντιογραφικά  $\pm 10\text{cm} \pm 1\text{ppm}$
- Υψομετρικά  $\pm 20\text{cm} \pm 1\text{ppm}$

### 2.3.2 Δέκτης R3

Το σύστημα GPS Trimble R3 αποτελεί μία ολοκληρωμένη λύση για συλλογή δεδομένων GPS L1 με εκ των υστέρων διαδικασία (φωτογραφία 2.3).



Φωτογραφία 2.3 Δέκτης R3 της Trimble

Αποτελείται από:

- ✓ Μία συμπαγή Multipath GPS κεραία

- ✓ Ένα χειριστήριο με μεγάλη οθόνη αφής με ενσωματωμένο το δέκτη.

Η συμπαγής Multipath GPS κεραία συμβάλλει στην αποφυγή του φαινομένου multipath το οποίο προκαλείται από σήματα που λαμβάνονται από ανάκλαση σε επιφάνειες όπως το έδαφος, περιβάλλουσα βλάστηση ή κτίρια.

Η μεγάλη έγχρωμη οθόνη του Trimble Recon διευκολύνει την παρακολούθηση δεδομένων και χαρτών ακόμα και σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού. Μέσω της οθόνης αφής η πλοήγηση στα διάφορα μέρη του λογισμικού, γίνεται με ταχύτητα και αποτελεσματικά. Το λειτουργικό σύστημα του Trimble R3 είναι το Microsoft Windows Mobile για Pocket PC.

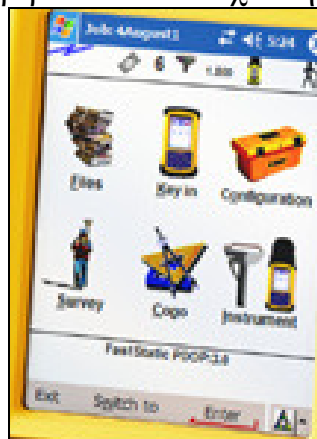
Στη συνέχεια περιγράφεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε στις συγκεκριμένες μετρήσεις και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του δέκτη.

Ο δέκτης ανάβει με το πλήκτρο που φαίνεται στη φωτογραφία 2.4

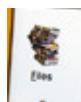


Φωτογραφία 2.4 Πληκτρολόγιο Δέκτη R3

Από το Start ο χρήστης επιλέγει στο Trimble Digital Fieldbook και τότε οδηγείται σε περιβάλλον που έχει την παρακάτω μορφή (φωτ. 2.5):




Φωτογραφία 2.5 Περιβάλλον εργασίας

Στη συνέχεια από το εικονίδιο  Files επιλέγεται το New Job και εμφανίζεται η θέση (Job name) για να οριστεί το όνομα του αρχείου. Αφού επιλέγει το ?, εμφανίζεται στην οθόνη ένα πληκτρολόγιο με

γράμματα και αριθμούς και γράφεται το όνομα του αρχείου. Τέλος επιλέγεται Enter και κατόπιν Accept.

Το επόμενο βήμα είναι:

Από το εικονίδιο Survey  επιλέγεται το είδος των μετρήσεων που έγιναν (Static).

Στη συνέχεια ο χρήστης αν βρίσκεται σε σταθερό βάθρο, ορίζει ότι ο δέκτης είναι Base Receiver και ορίζει το point name. Εκεί ορίζεται και το όνομα του σημείου που βρίσκεται ο δέκτης αφού επιλέγει το ?.

Τέλος πληκτρολογείται το ύψος της κεραίας το οποίο μετράται από το μεταλλικό άγκιστρο που έχει η κεραία και επιλέγεται ENTER.

Προσοχή !! Στο Measure to, πρέπει να είναι επιλεγμένο το Bottom of antenna mount.

Στο επάνω μέρος της οθόνης εμφανίζεται ο αριθμός των δορυφόρων που είναι ορατοί εκείνη τη στιγμή. Αν επιλεγεί το σύμβολο του δορυφόρου εμφανίζεται η γεωμετρία των δορυφόρων.

Στο Time so far, εμφανίζεται η διάρκεια μέτρησης.

Όταν ο χρήστης ολοκληρώσει τις μετρήσεις επιλέγει End και κλείνει το δέκτη πατώντας παρατεταμένα (για 5 sec) το πλήκτρο από το οποίο άνοιξε.

Λειτουργούν 12 κανάλια στη συχνότητα L1 με κώδικα C/A κώδικα. Έχει εσωτερική μνήμη 64 MB και μπορεί να αποθηκεύσει 900 ώρες συνεχούς καταγραφής L1 ανά 15 sec από 6 δορυφόρους.

Τα σφάλματα που δίνονται από την κατασκευάστρια εταιρεία για στατικό και ταχύ στατικό εντοπισμό είναι:

- Οριζοντιογραφικά  $\pm 5\text{mm} \pm 0.5\text{ppm}$
- Υψομετρικά  $\pm 5\text{mm} \pm 1\text{ppm}$

ενώ για τον κινηματικό εντοπισμό είναι:

- Οριζοντιογραφικά  $\pm 10\text{mm} \pm 1\text{ppm}$
- Υψομετρικά  $\pm 20\text{mm} \pm 1\text{ppm}$

### 2.3.3 Δέκτης 5800

Το σύστημα Trimble 5800 έχει δυνατότητα μέτρησης στις συχνότητες L1 και L2 του συστήματος GPS και ιδιαίτερο χαρακτηριστικό ότι ενσωματώνει σε μία και μόνη συμπαγή και ελαφριά συσκευή τον δέκτη GPS, το σύστημα ασύρματης επικοινωνίας καθώς και τις κεραίες αυτών.

Ο χρήστης ανοίγει το δέκτη από το πλήκτρο ON/OFF και ελέγχει τις τρεις λυχνίες.



- Πρώτη λυχνία από αριστερά → Όταν η λυχνία αναβοσβήνει γρήγορα δεν λαμβάνεται σήμα από αρκετούς δορυφόρους (4), ενώ όταν η λυχνία αναβοσβήνει αργά τότε ο δέκτης λαμβάνει σήμα από τουλάχιστον 4 δορυφόρους.
- Δεύτερη λυχνία από αριστερά → Η λυχνία αυτή αναβοσβήνει όταν είναι ενεργό το Radio Link.
- Τρίτη λυχνία από αριστερά → Η λυχνία αυτή έχει διττό ρόλο. Όταν η μπαταρία βρίσκεται σε χαμηλό επίπεδο ενέργειας, τότε η λυχνία αρχίζει να αναβοσβήνει γρήγορα. Παράλληλα παρέχεται πληροφορία σχετικά με την καταγραφή των παρατηρήσεων. Όταν η καταγραφή γίνεται κανονικά, τότε η λυχνία αναβοσβήνει μια φορά κάθε τρία δευτερόλεπτα.

Γενικά για τους δέκτες της Trimble όταν μια λυχνία αναβοσβήνει γρήγορα, σημαίνει ότι κάποιο πρόβλημα παρουσιάζεται στο επίπεδο των μετρήσεων.



Φωτογραφία 2.6 Δέκτης GPS Trimble 5800.

Στη συνέχεια δίνονται αναλυτικά, τα τεχνικά χαρακτηριστικά του δέκτη GPS Trimble 5800.

Το σύστημα δεκτών 5800 της Trimble είναι ένα ζεύγος σύγχρονων GPS δεκτών Base και Rover, που χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερη ευχρηστία, καθώς το βάρος τους είναι μικρό, και η μπαταρία είναι ενσωματωμένη στο δέκτη, οπότε δεν χρειάζεται η μεταφορά πολλών τμημάτων και καλωδίων.

Λειτουργούν με 24 κανάλια στη συχνότητα L1 με C/A κώδικα καθώς και την L2. Έχουν εσωτερική μνήμη 2MB, ικανή να αποθήκευση δεδομένα που αντιστοιχούν σε 55 ώρες καταγραφής, με μετρήσεις ανά 15 sec.

Τα σφάλματα που δίνονται από την κατασκευάστρια εταιρία για στατικό εντοπισμό είναι:

- $\pm 5\text{mm} \pm 0.5\text{ppm}$  οριζοντιογραφικά
- $\pm 5\text{mm} \pm 1\text{ppm}$  υψομετρικά,



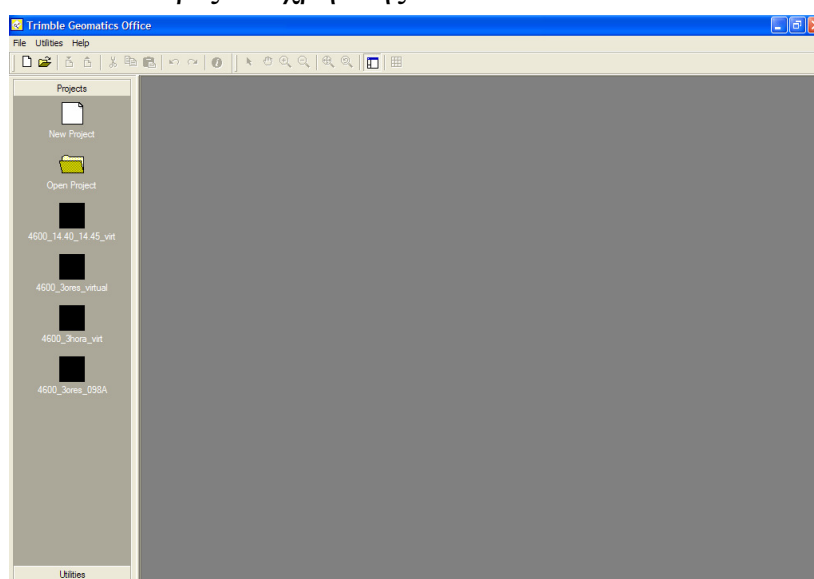
ενώ για σχετικό κινηματικό εντοπισμό σε πραγματικό χρόνο είναι:

- $\pm 10\text{mm} \pm 1\text{ppm}$  οριζοντιογραφικά,
- $\pm 20\text{mm} \pm 1\text{ppm}$  υψομετρικά.

## 2.4 Λογισμικό Trimble Geomatic Office

Το λογισμικό Trimble Geomatics Office™ (φωτο. 2.7) χρησιμοποιείται για την επεξεργασία των μετρήσεων στο γραφείο. Παρέχει δυνατότητα εισαγωγής, επεξεργασίας και συνόρθωσης δεδομένων από διαφορετικά συστήματα (GPS., γεωδαιτικούς σταθμούς και χωροβάτες) καθώς και γραφικής παρουσίασης και απόδοσης αυτών. Υποστηρίζει όλα τα γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς και προβολής και επιτρέπει την εξαγωγή των αποτελεσμάτων στην μορφή (format) γνωστών σχεδιαστικών και υπολογιστικών πακέτων. Ειδικότερα το λογισμικό Trimble Geomatics Office:

- Επεξεργάζεται δεδομένα GPS με όλες τις τεχνικές εντοπισμού (στατικό, κινηματικό και συνεχή κινηματικό σε πραγματικό χρόνο ή με εκ των υστέρων επεξεργασία). Παράλληλα μπορεί να επεξεργαστεί δεδομένα συμβατικών γεωδαιτικών σταθμών και χωροβατών της Trimble ή άλλων κατασκευαστών.
- Παρέχει απρόσκοπτη ροή και μεταφορά των δεδομένων από και προς γνωστά CAD και GIS λογισμικά, χωρίς να απαιτούνται ενδιάμεσες μετατροπές στην μορφή (format) τους. Επιπλέον επιτρέπει την μεταφορά των μετρήσεων και των αποτελεσμάτων σε format που ορίζει ο χρήστης.



Φωτογραφία 2.7 Περιβάλλον εργασίας του λογισμικού Trimble Geomatic Office

Τα δεδομένα αποθηκεύονται σε αρχεία Microsoft Access.

Το λογισμικό Trimble Geomatic Office (TGO) επεξεργάζεται και αποθηκεύει δεδομένα που έχουν τη μορφή:

- ✓ Δεδομένων GPS (.dat), αρχεία των δεκτών της εταιρείας Trimble
- ✓ Rinex (.ygo- Receiver Independent Exchange) αρχεία από σταθμούς αναφοράς.

Για τη συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιήθηκε η υπηρεσία GPS Baseline Processor. Η υπηρεσία αυτή παρέχει τέσσερις σημαντικές πληροφορίες για την αξιολόγηση κάθε βάσης.

- ✓ Ο τύπος λύσης που επιτεύχθηκε (Solution type)
- ✓ Ratio
- ✓ Reference Variance
- ✓ RMS

### ***Solution type***

Η λύση που μπορεί να επιτευχθεί είναι δύο τύπων fixed και float. Ως fixed θεωρείται η λύση κατά την οποία έχουν επιλυθεί οι ασάφειες φάσεις και έχουν προσδιοριστεί ορθοί ακέραιοι αριθμοί μηκών φέροντος κύματος του σήματος που έλαβε η κεραία του δέκτη. Ανάλογα με το είδος του δέκτη και το μήκος της βάσης το TGO δίνει Iono free fixed και L1 fixed.

Η Iono free fixed λύση προκύπτει από μετρήσεις με διπλής συχνότητας δέκτες για βάσεις μεταξύ 5 έως 2000 km. Οι λύσεις αυτές θεωρούνται οι βέλτιστες κάτω από ευρείς συνθήκες. Είναι απαλλαγμένες από σφάλματα της ιονόσφαιρας και δίνουν τα καλύτερα συνολικά αποτελέσματα.

Η L1 fixed λύση προκύπτει από μετρήσεις με μονής συχνότητας δέκτες αλλά και με διπλής για βάσεις μήκους μικρότερου από 5 km. Για βάσεις κάτω από 5 km η λύση L1 fixed είναι προτιμότερη γιατί υπάρχει μικρότερος θόρυβος στη λύση. [Ε. Λάμπρου, Γ. Πανταζής, 2010]

Float είναι η λύση όπου προσδιορίζεται μη ακέραιος αριθμός μηκών κύματος. Στη συγκεκριμένη εργασία εξετάστηκαν μόνο οι fixed λύσεις.

### ***Ratio***

Το Ratio είναι ο λόγος της μεταβλητότητας μεταξύ της δεύτερης καλύτερης υποψήφιας fixed λύσης ως προς τη μεταβλητότητα της αμέσως προηγούμενης καλύτερης. Πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

- ✓ Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του ratio τόσο καλύτερη είναι η λύση
- ✓ Μόνο οι λύσεις fixed παρέχουν τιμές ratio. [Ε. Λάμπρου,Γ. Πανταζής, 2010]

Ο baseline processor θεωρεί μια λύση fixed όταν έχει ratio πάνω από 1.5.

### **Reference variance**

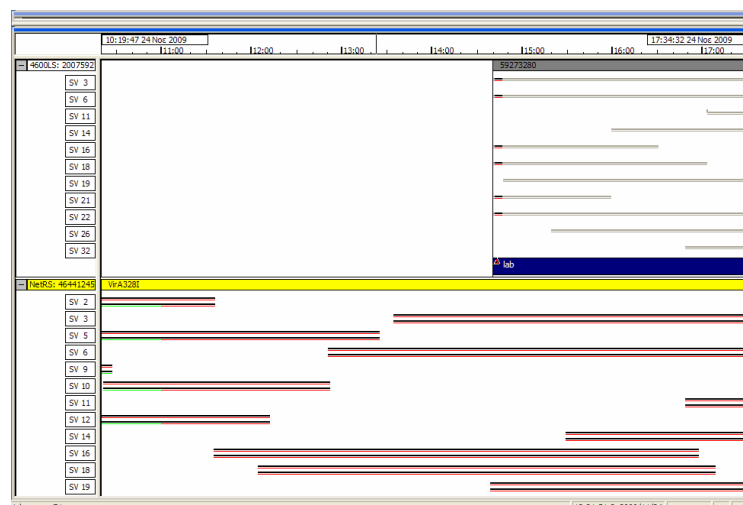
Η παράμετρος reference variance είναι ένας δείκτης που δείχνει πόσο πλησιάζουν οι μετρήσεις μιας βάσης την υπολογισμένη καλύτερη τιμή. Αποδεχτές είναι οι τιμές μικρότερες του 4. Όταν η τιμή της παραμέτρου πλησιάζει τη μονάδα η λύση και επομένως ο προσδιορισμός είναι καλύτερος. [Ε. Λάμπρου,Γ. Πανταζής, 2010]

### **RMS**

Η ποιότητα της λύσης της βάσης εξαρτάται από το θόρυβο μέτρησης και από τη γεωμετρία των δορυφόρων. Το RMS είναι αυτό που δείχνει την ποιότητα της λύσης. [Ε. Λάμπρου,Γ. Πανταζής, 2010]

Η υπηρεσία που χρησιμοποιήθηκε επίσης είναι η Timeline (φωτογραφία 2.8). Με τη συγκεκριμένη υπηρεσία φαίνονται τα εξής:

- ✓ Το χρονικό διάστημα που έχουν γίνει οι μετρήσεις (αν τα δεδομένα των μετρήσεων καλύπτουν μόνο μία μέρα).
- ✓ Μόνο το χρονικό διάστημα των μετρήσεων της τελευταίας μέρας (αν οι μετρήσεις έχουν γίνει σε παραπάνω από μία μέρα).



Φωτογραφία 2.8 Υπηρεσία Timeline του TGO

Για τη συγκεκριμένη εργασία η υπηρεσία χρησιμοποιήθηκε για να καταταμηθεί το δίωρο της κάθε μέτρησης σε 60, 30, 20, 15, 10 και 5 min. Επίσης τέθηκαν εκτός επεξεργασίας οι παρατηρήσεις των δορυφόρων που δεν είχαν συνεχές σήμα στα παραπάνω χρονικά διαστήματα.

Ακόμα μέσω της υπηρεσίας Timeline έγινε καταγραφή του αριθμού των δορυφόρων από τους οποίους λάμβανε σήμα ο κάθε δέκτης.

## 2.5 Πρώτη σειρά μετρήσεων

Η πρώτη σειρά μετρήσεων πραγματοποιήθηκε στις 21/10/2009 ημέρα Τετάρτη, στο χρονικό διάστημα 16:30μ.μ με 21:30 μ.μ. Το πρώτο δίωρο μετρήσεων έγινε με το δέκτη R3, το δεύτερο με το δέκτη 5800 και το τρίτο με το δέκτη 4600LS.

Μετά το πέρας των μετρήσεων, οι μετρήσεις του κάθε δέκτη μεταφέρθηκαν στο λογισμικό TGO και δημιουργήθηκαν τρία «projects» ένα για τις μετρήσεις κάθε δέκτη.

Στη συνέχεια παραλήφθηκαν από την ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε τρία Rinex αρχεία, ένα για κάθε σταθμό αναφοράς του Heros (008A, 098A και Virtual). Τα Rinex αρχεία αφορούσαν τις παρατηρήσεις κάθε σταθμού αναφοράς στο ίδιο χρονικό διάστημα που μέτρησαν οι δέκτες.

Αρχικά επιλύθηκε κάθε βάση χρησιμοποιώντας τις παρατηρήσεις ολόκληρου του δίωρου και για τους τρεις δέκτες. Στη συνέχεια για κάθε δέκτη, κάθε βάση επιλύθηκε στα διαστήματα των 60, 30, 20, 15, 10, και 5 min. Στον πίνακα 4.1 παρουσιάζονται οι λύσεις των δίωρων της κάθε βάσης από τις παρατηρήσεις του κάθε δέκτη. Συνολικά όλες οι λύσεις για όλα τα χρονικά διαστήματα βρίσκονται στο Παράρτημα.

<b>008A- Λαμπαδάριο</b>							
	Baseline length (m)	Ratio	Ref var	RMS (m)	X <sub>ΛΑΜΠ</sub> (m)	Υ <sub>ΛΑΜΠ</sub> (m)	h <sub>ΛΑΜΠ</sub> (m)
R3	23324.923	21	5.4	0.011	480547.766	4202792.150	220.815
5800	23324.932	6.5	1.5	0.014	480547.758	4202792.146	220.815
4600	23324.925	21.8	6.5	0.009	480547.762	4202792.151	220.770

<b>098A- Λαμπαδάριο</b>							
	Baseline length(m)	Ratio	Ref var	RMS (m)	X <sub>ΛΑΜΠ</sub> (m)	Υ <sub>ΛΑΜΠ</sub> (m)	h <sub>ΛΑΜΠ</sub> (m)
R3	4125.602	12.2	1.8	0.006	480547.765	4202792.144	220.840
5800	4125.606	6.3	2.1	0.005	480547.758	4202792.146	220.851
4600	4125.605	65.5	2.1	0.005	480547.759	4202792.144	220.800

<b>Virtual- Λαμπαδάριο</b>							
	Baseline	Ratio	Ref	RMS	X <sub>ΛΑΜΠ</sub>	Υ <sub>ΛΑΜΠ</sub>	h <sub>ΛΑΜΠ</sub>

	length(m)		var	(m)	(m)	(m)	(m)
R3	64.673	11.8	1.8	0.006	480547.764	4202792.142	220.840
5800	64.676	6.3	2.1	0.005	480547.757	4202792.144	220.850
4600	64.644	62.5	2.1	0.005	480547.758	4202792.142	220.798

*Πίνακας 2.1: Επιλύσεις των βάσεων για παρατήρηση διάρκειας δύο ωρών στις 21/10/2009*

Ο αριθμός των δορυφόρων ανά δέκτη και ανά χρονικό διάστημα στις 21/10/2010 ήταν:

- Ο αριθμός των δορυφόρων για το δέκτη R3 ήταν:
  - ✓ Στο διάστημα των 120 min ο αριθμός των δορυφόρων ήταν 11
  - ✓ Στο διάστημα των 60 min ο αριθμός των δορυφόρων ήταν 8 με 9
  - ✓ Στα διαστήματα 30, 20, 15, 10 και 5 min ο αριθμός των δορυφόρων ήταν 7 με 8.
- Ο αριθμός των δορυφόρων για το δέκτη 5800 ήταν:
  - ✓ Στο διάστημα των 120 min ο αριθμός των δορυφόρων ήταν 10
  - ✓ Στο διάστημα των 60 min ο αριθμός των δορυφόρων ήταν 8 με 9
  - ✓ Στα διαστήματα 30, 20, 15, 10 και 5 min ο αριθμός των δορυφόρων ήταν 7 με 9.
- Ο αριθμός των δορυφόρων για το δέκτη 4600LS ήταν:
  - ✓ Στο διάστημα των 120 min ο αριθμός των δορυφόρων ήταν 10
  - ✓ Στο διάστημα των 60 min ο αριθμός των δορυφόρων ήταν 8 με 9
  - ✓ Στο διάστημα 30 min ο αριθμός των δορυφόρων ήταν 7 με 9
  - ✓ Στα διαστήματα 20, 15, 10 και 5 min ο αριθμός των δορυφόρων ήταν 7 με 8.

Σημείωση: Οι συντεταγμένες του βάθρου του Λαμπαδαρίου είναι στο ΕΓΣΑ' 87 και το υψόμετρο που δίνεται είναι το γεωμετρικό. Ο προσδιορισμός των συντεταγμένων έγινε αφού επιλύθηκαν όλες οι βάσεις. Έγινε επιλογή στο TGO του συστήματος αναφοράς (ΕΓΣΑ 87-μέσω της δυνατότητας Change properties). Οι συντεταγμένες υπολογισθήκαν αυτόματα σε ΕΓΣΑ' 87 γιατί το πρόγραμμα έχει ενσωματωμένο τον επταπαραμετρικό μετασχηματισμό.

Για τη βάση βάθρο Λαμπαδαρίου-008A (μήκος πάνω από 23 Km) ο διπλής συχνότητας δέκτης 5800 έδωσε Ionο free λύσεις ενώ για τις άλλες δύο μικρότερες βάσεις L1 λύσεις. Για τη συγκεκριμένη εργασία λήφθηκαν υπόψη μόνο οι fixed λύσεις.

## 2.6 Δεύτερη σειρά μετρήσεων

Η δεύτερη σειρά μετρήσεων πραγματοποιήθηκε στις 24/11/2009 ημέρα Τρίτη στο χρονικό διάστημα 10:20 π.μ με 17:30 μ.μ. Το πρώτο δίωρο μετρήσεων έγινε με το δέκτη R3, το δεύτερο με το δέκτη 5800 ενώ ο δέκτης 4600LS μέτρησε για τρεις ώρες.

Στη συνέχεια ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία με αυτή της πρώτης σειράς μετρήσεων. Στον πίνακα 4.2 παρουσιάζονται οι λύσεις των δίωρων (εκτός από τον 4600LS που μέτρησε για τρεις ώρες) της κάθε βάσης από τις παρατηρήσεις του κάθε δέκτη. Συνολικά όλες οι λύσεις για όλα τα χρονικά διαστήματα βρίσκονται στο Παράρτημα.

<b>008Α- Λαμπαδάριο</b>							
	Baseline length (m)	Ratio	Ref var	RMS (m)	$\chi_{\text{ΛΑΜΠ}}$ (m)	$\gamma_{\text{ΛΑΜΠ}}$ (m)	$h_{\text{ΛΑΜΠ}}$ (m)
R3	23324.919	10.2	6.3	0.013	480547.768	4202792.153	220.818
5800	23324.919	8.1	1.5	0.018	480547.763	4202792.142	220.819
4600	23324.927	11.5	3.1	0.006	480547.762	4202792.150	220.884

<b>098Α- Λαμπαδάριο</b>							
	Baseline length(m)	Ratio	Ref var	RMS (m)	$\chi_{\text{ΛΑΜΠ}}$ (m)	$\gamma_{\text{ΛΑΜΠ}}$ (m)	$h_{\text{ΛΑΜΠ}}$ (m)
R3	4125.603	33.7	1.7	0.006	480547.762	4202792.145	220.853
5800	4125.606	6.3	2.1	0.005	480547.763	4202792.139	220.857
4600	4125.607	26.3	1.3	0.004	480547.757	4202792.143	220.867

<b>Virtual- Λαμπαδάριο</b>							
	Baseline length(m)	Ratio	Ref var	RMS (m)	$\chi_{\text{ΛΑΜΠ}}$ (m)	$\gamma_{\text{ΛΑΜΠ}}$ (m)	$h_{\text{ΛΑΜΠ}}$ (m)
R3	64.679	39.1	1.6	0.006	480547.760	4202792.143	220.854
5800	64.683	14.1	2.4	0.006	480547.761	4202792.141	220.857
4600	64.689	33.6	1.1	0.004	480547.756	4202792.140	220.867

Πίνακας 2.2: Επιλύσεις των βάσεων για παρατήρηση διάρκειας δύο ωρών στις 24/11/2009

Ο αριθμός των δορυφόρων ανά δέκτη και ανά χρονικό διάστημα στις 24/11/2010 ήταν:

- Ο αριθμός των δορυφόρων για το δέκτη R3 ήταν:
  - ✓ Στο διάστημα των 120 min ο αριθμός των δορυφόρων ήταν 13
  - ✓ Στο διάστημα των 60 min ο αριθμός των δορυφόρων ήταν 8 με 9
  - ✓ Στα διαστήματα 30, 20, 15, 10 και 5 min ο αριθμός των δορυφόρων ήταν 6 με 8.
- Ο αριθμός των δορυφόρων για το δέκτη 5800 ήταν:

- ✓ Στο διάστημα των 120 min ο αριθμός των δορυφόρων ήταν 10
- ✓ Στο διάστημα των 60 min ο αριθμός των δορυφόρων ήταν 8
- ✓ Στα διαστήματα 30, 20, 15, 10 και 5 min ο αριθμός των δορυφόρων ήταν 7 με 8.
- Ο αριθμός των δορυφόρων για το δέκτη 4600LS ήταν:
  - ✓ Στο διάστημα των 120 min ο αριθμός των δορυφόρων ήταν 9
  - ✓ Στο διάστημα των 60 min ο αριθμός των δορυφόρων ήταν 6 με 8
  - ✓ Στο διάστημα 30 min ο αριθμός των δορυφόρων ήταν 6 με 8
  - ✓ Στα διαστήματα 20, 15, 10 και 5 min ο αριθμός των δορυφόρων ήταν 6 με 9.

## 2.7 Τρίτη σειρά μετρήσεων

Η τρίτη σειρά μετρήσεων πραγματοποιήθηκε στις 19/12/2009 ημέρα Σάββατο στο χρονικό διάστημα 8:10 π.μ με 14:20 μ.μ. Η σειρά με την οποία μέτρησαν οι δέκτες είναι η ίδια με αυτή των δύο προηγούμενων σειρών μετρήσεων (R3, 5800, 4600LS).

Στον πίνακα 4.3 παρουσιάζονται οι επιλύσεις των δίωρων της κάθε βάσης από τις παρατηρήσεις του κάθε δέκτη. Συνολικά όλες οι λύσεις για όλα τα χρονικά διαστήματα βρίσκονται στο Παράρτημα.

<b>008A- Λαμπαδάριο</b>							
	Baseline length (m)	Ratio	Ref var	RMS (m)	X <sub>ΛΑΜΠ</sub> (m)	Y <sub>ΛΑΜΠ</sub> (m)	h <sub>ΛΑΜΠ</sub> (m)
R3	23324.921	22.7	5.6	0.011	480547.773	4202792.147	220.798
5800	23324.933	10.6	1.7	0.017	480547.761	4202792.143	220.840
4600	23324.928	9.3	18.4	0.015	480547.768	4202792.142	220.850

<b>098A- Λαμπαδάριο</b>							
	Baseline length(m)	Ratio	Ref var	RMS (m)	X <sub>ΛΑΜΠ</sub> (m)	Y <sub>ΛΑΜΠ</sub> (m)	h <sub>ΛΑΜΠ</sub> (m)
R3	4125.606	36	2.1	0.007	480547.761	4202792.142	220.786
5800	4125.608	3.4	2.9	0.008	480547.758	4202792.141	220.853
4600	4125.606	41.9	4.2	0.007	480547.760	4202792.142	220.869

<b>Virtual- Λαμπαδάριο</b>							
	Baseline length(m)	Ratio	Ref var	RMS (m)	X <sub>ΛΑΜΠ</sub> (m)	Y <sub>ΛΑΜΠ</sub> (m)	h <sub>ΛΑΜΠ</sub> (m)
R3	64.637	38.8	2.1	0.007	480547.760	4202792.141	220.783

5800	64.679	4.4	3.1	0.007	480547.757	4202792.140	220.851
4600	64.687	48.2	3.7	0.006	480547.760	4202792.141	220.866

*Πίνακας 2.3: Επιλύσεις των βάσεων για παρατήρηση διάρκειας δύο ωρών στις 19/12/2009*

Ο αριθμός των δορυφόρων ανά δέκτη και ανά χρονικό διάστημα στις 19/12/2010 ήταν:

- Ο αριθμός των δορυφόρων για το δέκτη R3 ήταν:
  - ✓ Στο διάστημα των 120 min ο αριθμός των δορυφόρων ήταν 8
  - ✓ Στο διάστημα των 60 min ο αριθμός των δορυφόρων ήταν 8 με 11
  - ✓ Στα διαστήματα 30, 20, 15, 10 και 5 min ο αριθμός των δορυφόρων ήταν 6 με 9.
- Ο αριθμός των δορυφόρων για το δέκτη 5800 ήταν:
  - ✓ Στο διάστημα των 120 min ο αριθμός των δορυφόρων ήταν 7
  - ✓ Στο διάστημα των 60 min ο αριθμός των δορυφόρων ήταν 6
  - ✓ Στα διαστήματα 30, 20, 15, 10 και 5 min ο αριθμός των δορυφόρων ήταν 6 με 9.
- Ο αριθμός των δορυφόρων για το δέκτη 4600LS ήταν:
  - ✓ Στο διάστημα των 120 min ο αριθμός των δορυφόρων ήταν 6
  - ✓ Στο διαστήματα των 60, 30, 20, 15, 10 και 5 min ο αριθμός των δορυφόρων ήταν 6 με 8.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

#### 3.1 Υπολογισμοί

Όπως αναφέρθηκε για κάθε βάση έγινε κατάτμηση του χρόνου παρατήρησης σε 5, 10, 15, 20, 30 και 60 min. Αφού επιλύθηκε κάθε βάση σε όλα τα χρονικά διαστήματα παρατήρησης στο TGO, προσδιορίστηκαν οι συντεταγμένες του βάθρου του Λαμπαδαρίου ( x, y σε ΕΓΣΑ' 87 και γεωμετρικό υψόμετρο h).

Για κάθε βάση μελετήθηκε η συμπεριφορά επτά παραμέτρων για κάθε ένα από τα παραπάνω χρονικά διαστήματα. Οι παράμετροι είναι οι εξής:

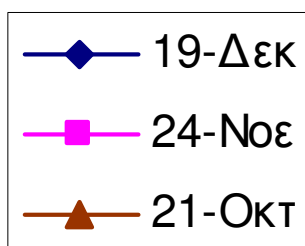
- ✓ Ο δείκτης Ratio
- ✓ Ο δείκτης Reference variance
- ✓ Ο δείκτης RMS
- ✓ Η διακύμανση του μήκους της βάσης
- ✓ Η διακύμανση των καρτεσιανών συντεταγμένων x και y και
- ✓ Η διακύμανση του γεωμετρικού υψομέτρου h.

Οι υπολογισμοί που έγιναν ήταν οι εξής:

- Όσον αφορά τους δείκτες Ratio, Reference Variance και RMS, για κάθε μέρα και για κάθε δέκτη ξεχωριστά, υπολογίσθηκαν οι μέσοι όροι κάθε μιας από τις τρεις παραμέτρους ανά χρονικό διάστημα 5, 10, 15, 20, 30, 60 και 120 min.
- Για το μήκος της βάσης, τις συντεταγμένες x και y και το γεωμετρικό υψόμετρο h, υπολογίσθηκε η μέγιστη τιμή για κάθε ένα από τα παραπάνω μεγέθη όπως αυτή προέκυψε από τη λύση της κάθε βάσης για κάθε ένα χρονικό διάστημα. Στη συνέχεια αφαιρέθηκαν από τη μέγιστη τιμή του εκάστοτε μεγέθους οι υπόλοιπες τιμές και υπολογίσθηκαν οι μέσοι όροι αυτών των διαφορών ανά χρονικό διάστημα. Έτσι υπολογίσθηκε το εύρος και η διακύμανση κάθε παραμέτρου ανά χρονικό διάστημα.
- Αφού ολοκληρώθηκαν οι παραπάνω υπολογισμοί, υπολογίσθηκαν οι μέσοι όροι κάθε μίας από τις επτά παραμέτρους, ανά χρονικό διάστημα για όλες τις ημέρες για κάθε δέκτη
- Τέλος κατασκευάστηκαν διαγράμματα για τη μελέτη και την αξιολόγηση των παραπάνω αποτελεσμάτων.

#### 3.2 Αξιολόγηση

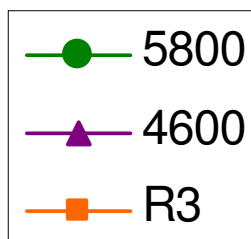
Η αξιολόγηση των παραπάνω αποτελεσμάτων έγινε με τη βοήθεια των διαγραμμάτων στα οποία αποτυπώνεται η συμπεριφορά κάθε παραμέτρου της κάθε βάσης σε σχέση με το χρόνο. Τα διαγράμματα αφορούν κάθε βάση μετρημένη από κάθε δέκτη ξεχωριστά. Συνολικά για κάθε βάση κατασκευάστηκαν 28 διαγράμματα. Στα 21 διαγράμματα αποτυπώνεται η διακύμανση της τιμής κάθε παραμέτρου στα χρονικά διαστήματα 120, 60, 30, 20, 15, 10, και 5 min σε κάθε μία από τις τρεις μέρες των μετρήσεων για κάθε δέκτη. (7 παράμετροι x 3 δέκτες =21 διαγράμματα). Το υπόμνημα αυτών των διαγραμμάτων παρουσιάζεται στο σχήμα 3.1.



Σχήμα 3.1: Υπόμνημα διαγραμμάτων που αφορούν τη διακύμανση της τιμής κάθε παραμέτρου σε σχέση με το χρόνο για μία μέρα ξεχωριστά

Το εύρος της μεταβολής των τιμών των  $x$ ,  $y$ ,  $h$  και του μήκους της βάσης για κάθε μια μέρα εξαρτάται από τη γεωμετρία και τον αριθμό των δορυφόρων καθώς και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες (εξωτερική ακρίβεια).

Στα υπόλοιπα 7 απεικονίζεται η συνολική συμπεριφορά κάθε παραμέτρου στα χρονικά διαστήματα 120, 60, 30, 20, 15, 10, και 5 min ανάλογα με το δέκτη με τον οποίο έγιναν οι μετρήσεις. Το υπόμνημα αυτών των διαγραμμάτων παρουσιάζεται στο σχήμα 3.2.



Σχήμα 3.2: Υπόμνημα διαγραμμάτων που αφορούν τη διακύμανση της τιμής κάθε παραμέτρου ανάλογα με το δέκτη με τον οποίο μετρήθηκε η βάση

Στα γενικά διαγράμματα το εύρος μεταξύ των δεκτών δείχνει την αβεβαιότητα με την οποία προσδιορίζονται οι συντεταγμένες του και η μεταβολή του μήκους, ενώ η διακύμανση του καθενός δείχνει την

αξιοπιστία του σε οποιοσδήποτε καιρικές συνθήκες (εσωτερική ακρίβεια).

### 3.2.1 Βάση «Βάθρο Λαμπαδάριου-008Α»

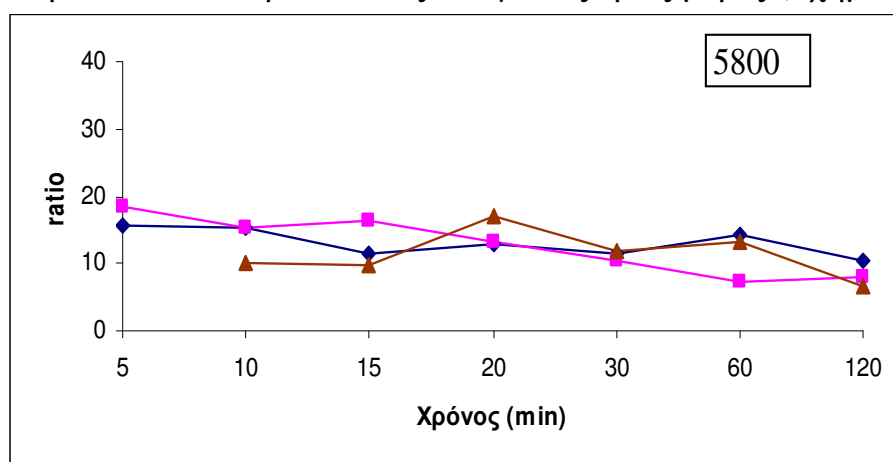
Η βάση «βάθρο Λαμπαδάριου- 008Α» έχει μήκος 23324.928 m (μέση τιμή όλων των αποστάσεων που έδωσαν όλες οι λύσεις της βάσης).

Οι δύο δέκτες μονής συχνότητας που χρησιμοποιήθηκαν δεν έδωσαν λύσεις για το διάστημα των 5 min.

Ο διπλής συχνότητας δέκτης έδωσε λύσεις και για τα 5 min(εκτός από τις 21/10/2009). Παρακάτω αναλύεται η συμπεριφορά κάθε παραμέτρου σε σχέση με το χρόνο για κάθε λύση της βάσης.

#### *Ratio*

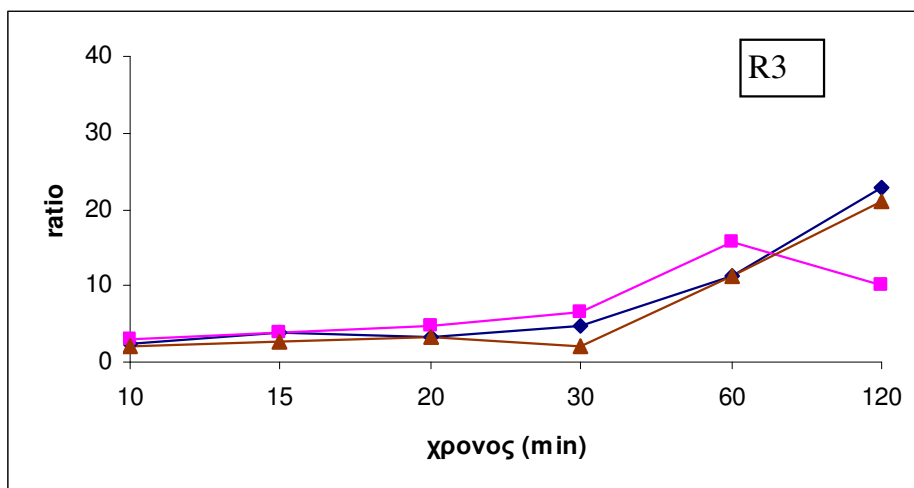
Οι τιμές του Ratio που έδωσαν οι λύσεις της βάσης από τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 είναι περίπου ίδιες και για τις τρεις μέρες (σχήμα 3.3)



Σχήμα 3.3: Διακύμανση της τιμής Ratio σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α»

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα η μικρότερη τιμή είναι περίπου 6 (στις 21/10/2009 για τα 10 min) και η μεγαλύτερη περίπου 20 (στις 24/10/2009 για τα 5 min). Καλύτερες τιμές για το Ratio έδωσαν οι λύσεις των βάσεων στα χρονικά διαστήματα 15 και 20 min. Παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται ο χρόνος παρατήρησης μειώνεται και η τιμή του Ratio.

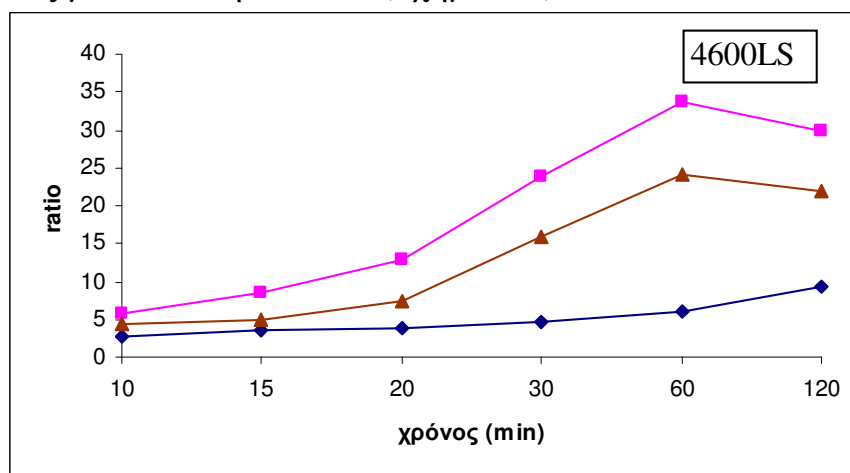
Αντίθετα οι τιμές του Ratio από τις μετρήσεις με το δέκτη R3 παρουσιάζουν μεγαλύτερη διακύμανση (σχήμα 3.4).



Σχήμα 3.4: Διακύμανση της τιμής Ratio σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α»

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα οι τιμές του Ratio κυμαίνονται και για τις τρεις ημέρες από το 2.5 περίπου για τα 10 min μέχρι και το 20 για τα 60 και 120 min. Παρατηρείται επίσης ότι όσο αυξάνεται ο χρόνος παρατήρησης (με εξαίρεση το δίωρο της 24/11/2009 όπου η τιμή του Ratio από 15.75 που ήταν στα 60 min μειώνεται στο 10.2 ) αυξάνεται (άρα βελτιώνεται) η τιμή του Ratio.

Την ίδια συμπεριφορά έχουν οι τιμές του Ratio όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS (σχήμα 3.5)

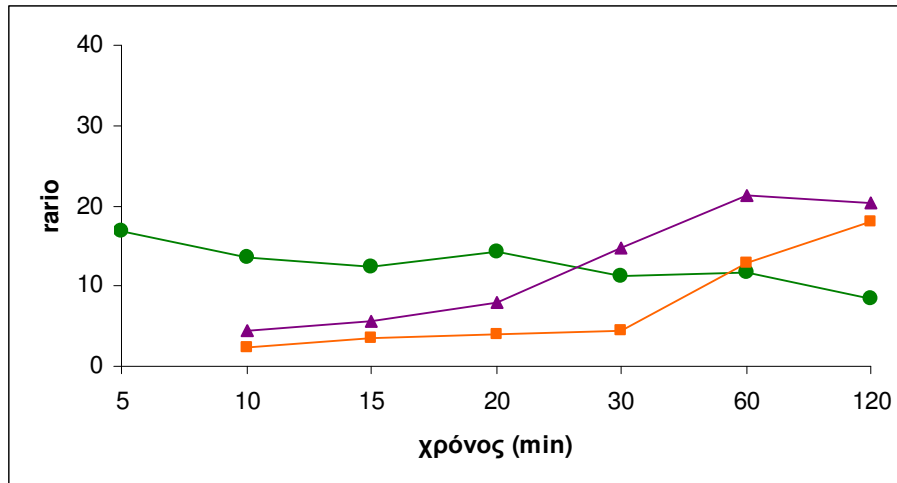


Σχήμα 3.5: Διακύμανση της τιμής Ratio σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α»

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα οι τιμές του Ratio κυμαίνονται και για τις τρεις ημέρες από το 2.5 περίπου για τα 10 min μέχρι και 25 με 30 για τα 60 και 120 min. Επίσης παρατηρείται ότι στις μέρες 21/10 και

24/11/2009 η τιμή του Ratio είναι υψηλότερη για τα 60 min από τα 120 min.

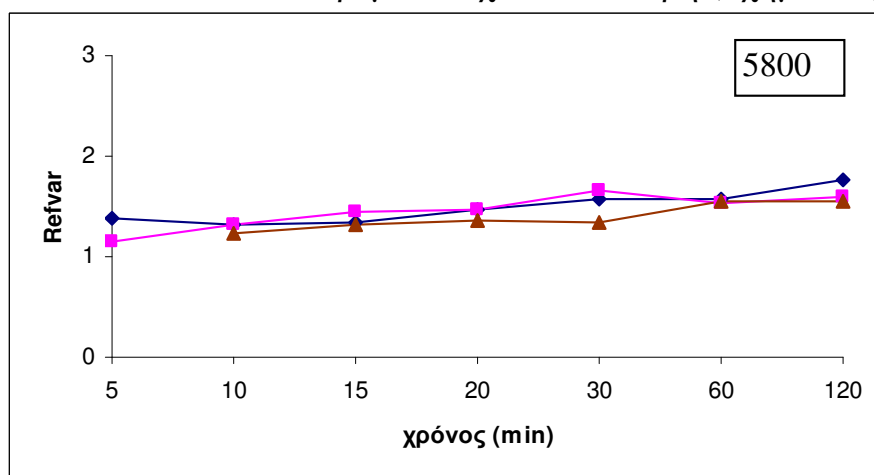
Όπως αποτυπώνεται στο γενικό διάγραμμα για κάθε δέκτη, οι τιμές του Ratio αυξάνονται όσο αυξάνεται ο χρόνος παρατήρησης για τους δύο δέκτες μονής συχνότητας. Αντίθετα, για τον διπλής συχνότητας το εύρος της τιμής του Ratio δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλο, ενώ μειώνεται όσο αυξάνεται ο χρόνος παρατήρησης (σχήμα 3.6)



Σχήμα 3.6: Διακύμανση της τιμής του Ratio σε σχέση με το χρόνο για κάθε δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδαρίου-008Α».

### Reference variance

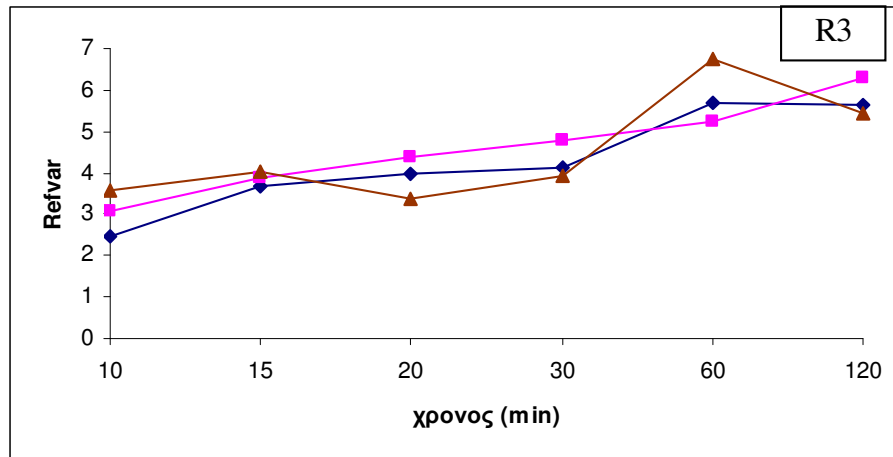
Για τις μετρήσεις με το δέκτη Trimble 5800 το εύρος των τιμών του Reference Variance είναι πάρα πολύ μικρό (από 1.3 έως 1.7) και για τις τρεις ημέρες. Αυτό σημαίνει ότι με τις μετρήσεις του 5800 η τιμή του δείκτη Reference variance παρέμεινε σχεδόν σταθερή (σχήμα 3.7).



Σχήμα 3.7: Διακύμανση της τιμής Reference Variance σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδαρίου-008Α»

Όπως φαίνεται και στο σχήμα οι τιμές του δείκτη Reference Variance αποτυπώνονται και για τις τρεις μέρες σε τρεις σχεδόν ευθείες γραμμές οι οποίες σχεδόν ταυτίζονται.

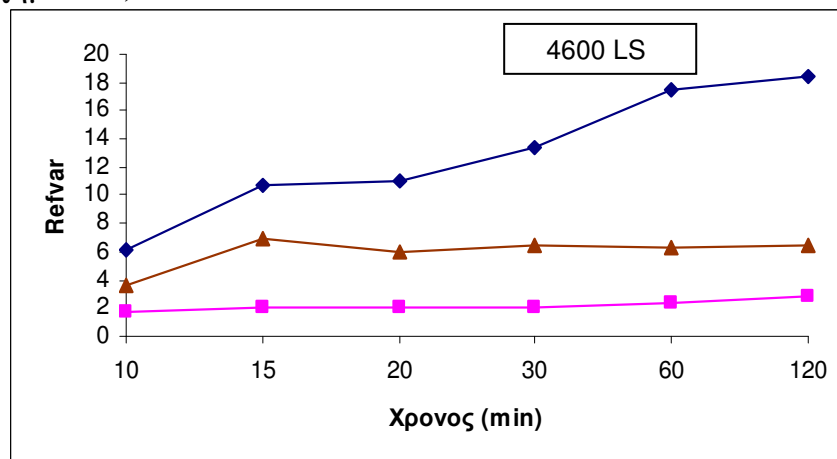
Αντίθετα μεγαλύτερο εύρος παρουσιάζουν οι τιμές στις λύσεις που προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη Trimble R3. Οι τιμές ξεκινούν από το 2.5 και φτάνουν μέχρι το 6.5 περίπου (σχήμα 3.8).



Σχήμα 3.8: Διακύμανση της τιμής Reference Variance σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α»

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα και για τις τρεις ημέρες οι τιμές του Reference Variance παρουσιάζουν ανοδική πορεία όσο αυξάνεται ο χρόνος παρατήρησης.

Το ίδιο συμβαίνει με τις τιμές από τις μετρήσεις με το δέκτη Trimble 4600LS (σχήμα 3.9).

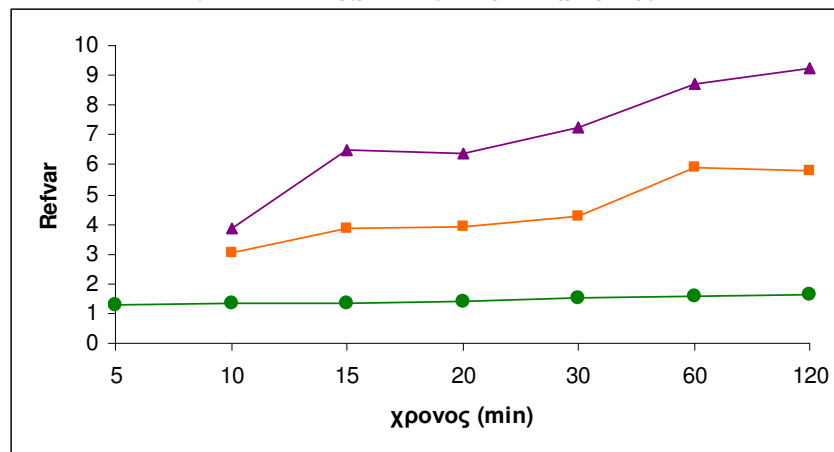


Σχήμα 3.9: Διακύμανση της τιμής Reference Variance σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α»

Παρατηρείται ότι οι τιμές στις 24/11 είναι κοντά στη μονάδα. Οι λύσεις της βάσης στη συγκεκριμένη ημέρα έδωσαν και καλύτερο Ratio

(σχήμα 4.5). Αντίθετα στις 19/12 οι τιμές του Reference Variance ξεπέρασαν το 18 στο χρονικό διάστημα των 120 min. Η τιμή της συγκεκριμένης παραμέτρου πρέπει να είναι κοντά στη μονάδα, ενώ αποδεκτές θεωρούνται επίσης οι τιμές μικρότερες του 4. Άρα οι τιμές του Reference Variance που προέκυψαν από τις λύσεις των μετρήσεων στις 19/12 από το συγκεκριμένο δέκτη είναι μη αποδεκτές.

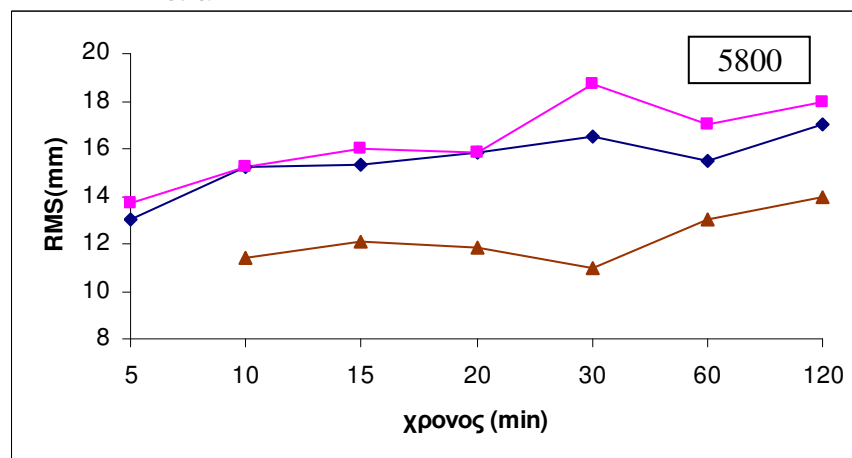
Γενικά όπως προκύπτει και από το συγκεντρωτικό διάγραμμα (σχήμα 3.10), τιμές σταθερές για όλους τους χρόνους και κοντά στη μονάδα έδωσαν οι μετρήσεις του δέκτη 5800, ενώ για τους άλλους δύο δέκτες διαπιστώνεται ότι η τιμή του Reference Variance απομακρύνεται αρκετά από τη μονάδα όσο αυξάνεται ο χρόνος παρατήρησης.



Σχήμα 3.10: Διακύμανση της τιμής του Reference Variance σε σχέση με το χρόνο για κάθε δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α».

### RMS

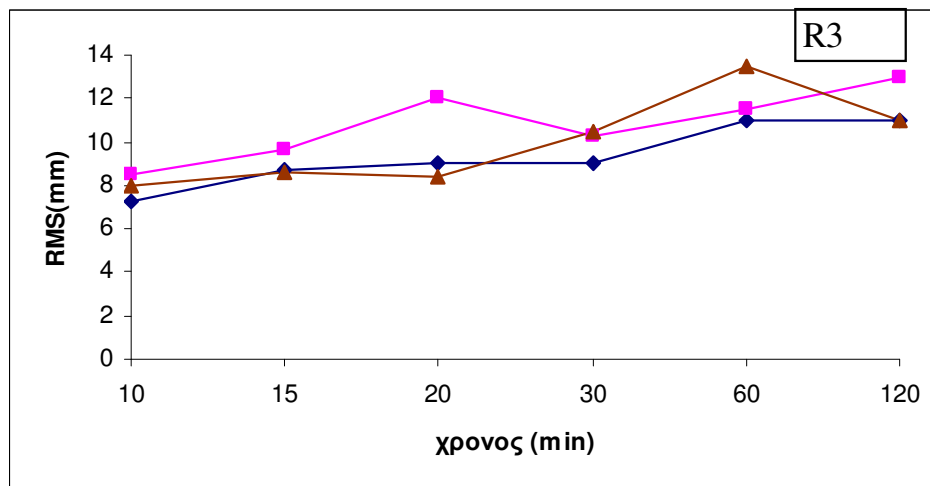
Το RMS των λύσεων από τις μετρήσεις του δέκτη 5800 είναι της τάξης των 15 mm (σχήμα 3.11).



Σχήμα 3.11: Διακύμανση του RMS σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α»

Το μικρότερο RMS είναι 11 mm (ο μέσος όρος των 10 min στις 21/10) και το μεγαλύτερο 18.7 mm (ο μέσος όρος των 30 min στις 24/11).

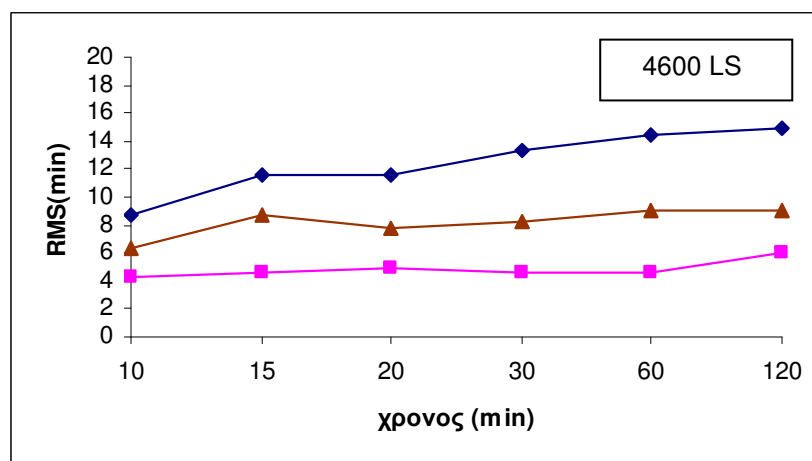
Το RMS των λύσεων από τις μετρήσεις του δέκτη R3 για κάθε ημέρα παρουσιάζεται στο σχήμα 3.12.



Σχήμα 3.12: Διακύμανση του RMS σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α»

Το μικρότερο RMS είναι 7.3 mm (ο μέσος όρος των 10 min στις 19/12) και το μεγαλύτερο 13.5 (ο μέσος όρος των 60 min στις 21/10).

Το RMS των λύσεων από τις μετρήσεις του δέκτη 4600LS για κάθε ημέρα παρουσιάζεται στο σχήμα 3.13.

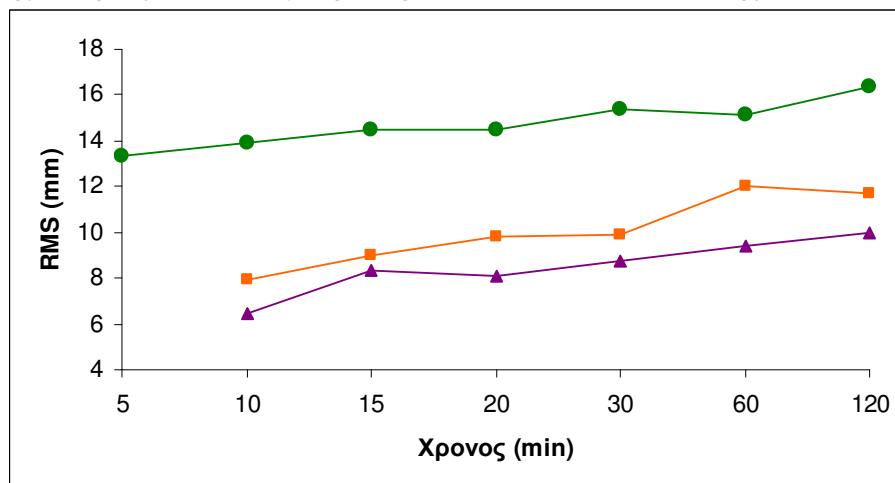


Σχήμα 3.13: Διακύμανση του RMS σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α»

Το μικρότερο RMS είναι 4.3 mm (ο μέσος όρος των 10 min στις 24/11) και το μεγαλύτερο 15 (τα 120 min στις 19/12).



Όπως φαίνεται στα παραπάνω διαγράμματα αλλά και στο συγκεντρωτικό (σχήμα 3.14), το μικρότερο RMS έχουν οι λύσεις που προέκυψαν από τις μετρήσεις του δέκτη 4600LS ενώ το μεγαλύτερο οι λύσεις που προέκυψαν από τις μετρήσεις του δέκτη 5800. Παρόλο που πρόκειται για μεγάλου μήκους βάση οι μετρήσεις από τους δέκτες δύο μονής συχνότητας έδωσαν μικρότερο RMS από τον διπλής.

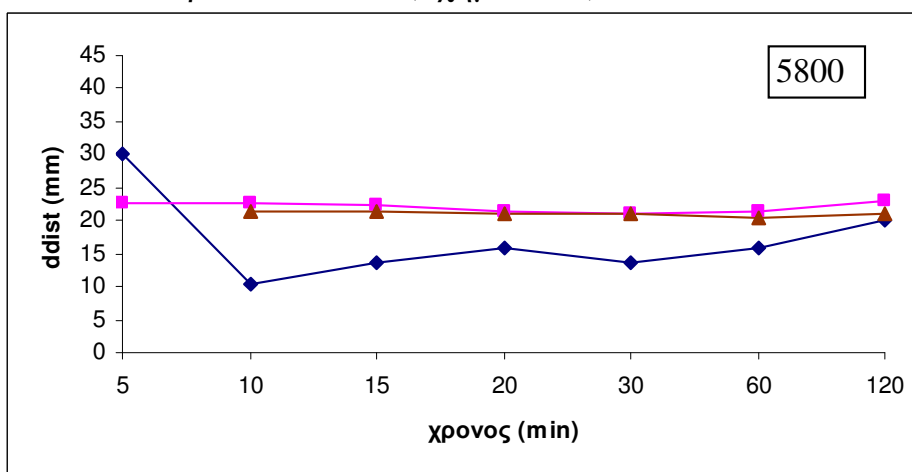


Σχήμα 3.14: Διακύμανση της τιμής του RMS σε σχέση με το χρόνο για κάθε δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α».

### Μεταβολή του μήκους της βάσης

Ως τιμή αναφοράς για τον προσδιορισμό της μεταβολής του μήκους της βάσης ορίστηκε η μέγιστη τιμή όλων των μηκών όπως προέκυψε από τις λύσεις της βάσης ανά όλα τα χρονικά διαστήματα από τις μετρήσεις όλων των δεκτών. Το μήκος της βάσης αυτό είναι **23324.953 m**.

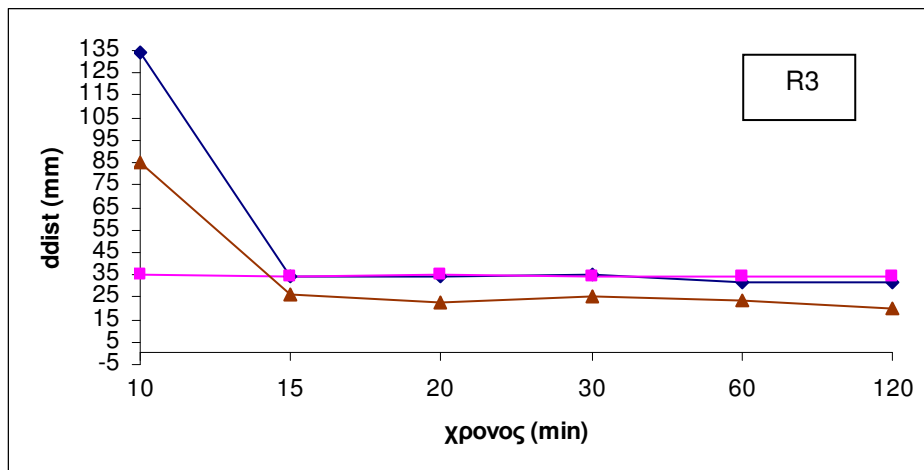
Το εύρος της μεταβολής του μήκους της βάσης με τις μετρήσεις του δέκτη 5800 είναι περίπου 20 mm. (σχήμα 3.15)



Σχήμα 3.15 Διάγραμμα μεταβολής του μήκους της βάσης από τις μετρήσεις για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α».

Μεγαλύτερη διακύμανση του μήκους της βάσης παρουσιάζουν οι μετρήσεις στις 19/12 η οποία είναι περίπου 20 mm ενώ για τις άλλες δύο ημέρες η διακύμανση είναι περίπου 2 mm.

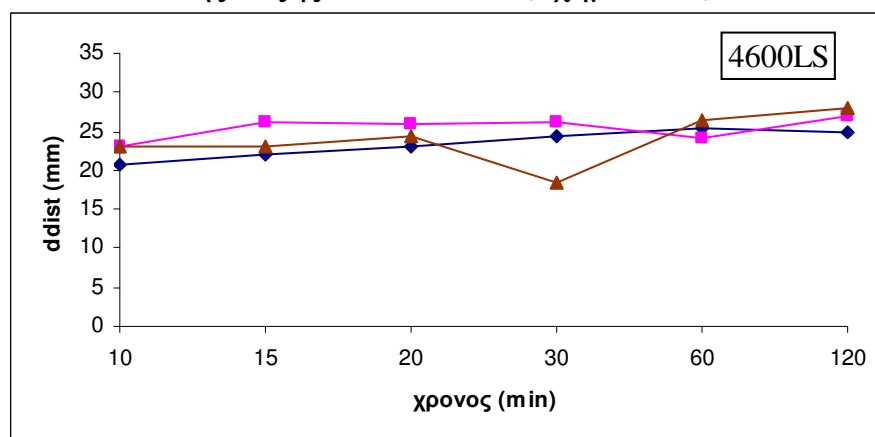
Το εύρος της μεταβολής με τις μετρήσεις του δέκτη R3 είναι πολύ μεγαλύτερο σε σχέση με τις μετρήσεις του δέκτη 5800 (σχήμα 3.16).



Σχήμα 3.16 Διάγραμμα μεταβολής του μήκους της βάσης από τις μετρήσεις για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α»

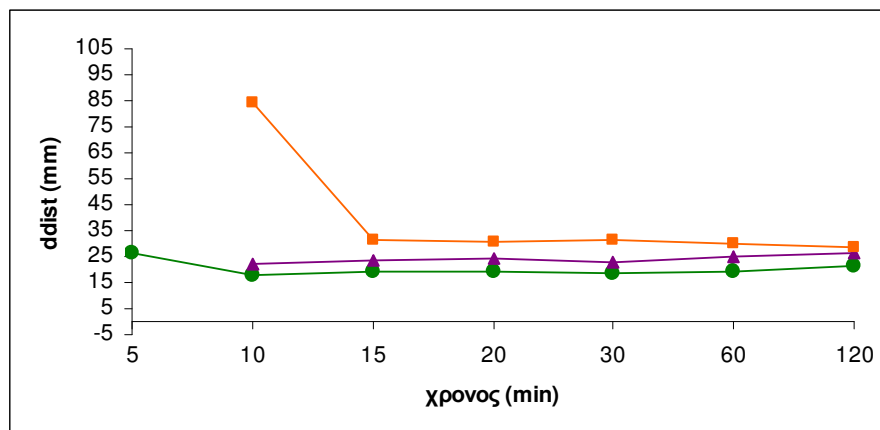
Τη μικρότερη διακύμανση της μεταβολής του μήκους της βάσης έχουν οι μετρήσεις στις 24/11 η οποία είναι της τάξης του 1 mm. Αντίθετα μεγαλύτερη διακύμανση παρουσιάζεται στις 19/12 και είναι 15 mm.

Το εύρος της μεταβολής του μήκους της βάσης από τις μετρήσεις του δέκτη 4600LS είναι της τάξης των 10 mm (σχήμα 3.17).



Σχήμα 3.17 Διάγραμμα μεταβολής του μήκους της βάσης από τις μετρήσεις για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α»

Όπως αποτυπώνεται και στο γενικό διάγραμμα το μήκος της βάσης που προέκυψε από τις λύσεις από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS παρουσιάζει τη μικρότερη διακύμανση. Μεγαλύτερη διακύμανση παρουσιάζει το μήκος της βάσης από τις μετρήσεις με το δέκτη R3 (σχήμα 3.18).

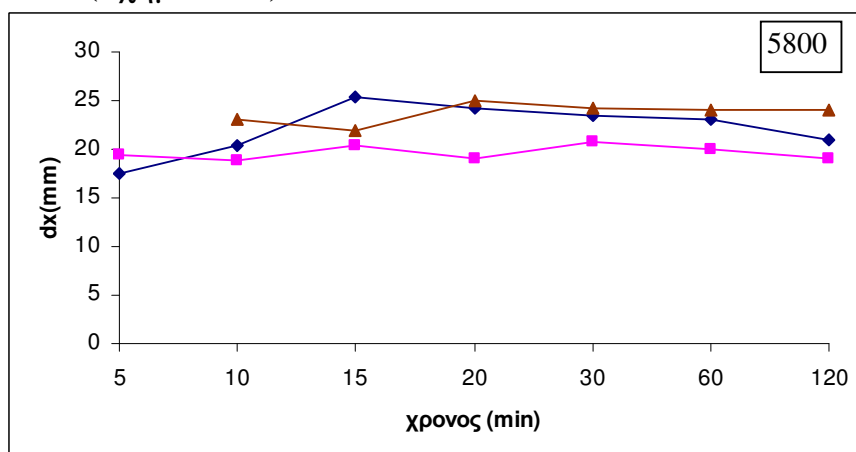


Σχήμα 3.18: Διάγραμμα μεταβολής του μήκους της βάσης από τις μετρήσεις για κάθε ένα από τους τρεις δέκτες για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α»

### Μεταβολή της συντεταγμένης $x_{\text{ΛΑΜΠ}}$

Ως τιμή αναφοράς για τον προσδιορισμό της μεταβολής της συντεταγμένης  $x$  ορίστηκε η μέγιστη τιμή όλων των  $x$  συντεταγμένων όπως αυτή προέκυψε από τις λύσεις της βάσης ανά όλα τα χρονικά διαστήματα από τις μετρήσεις όλων των δεκτών. Αυτή η  $x$  συντεταγμένη είναι **480547.782 m**.

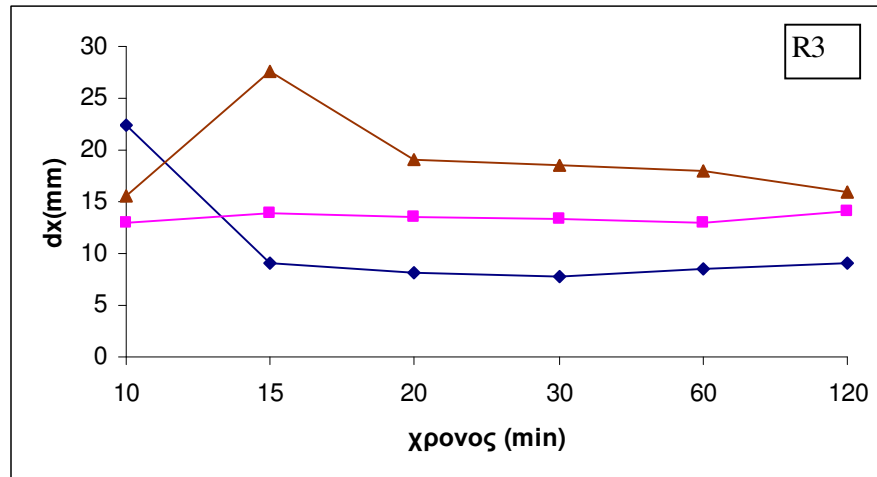
Το εύρος της μεταβολής από τις μετρήσεις του δέκτη 5800 είναι περίπου 6 mm (σχήμα 3.19).



Σχήμα 3.19: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης  $x$  σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α».

Η διακύμανση της μεταβολής της συντεταγμένης  $x$  είναι της τάξης των 3 mm και για τις τρεις ημέρες.

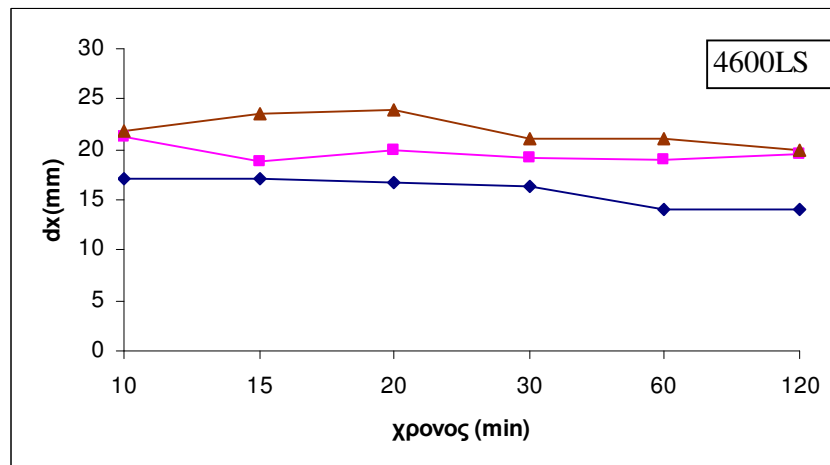
Το εύρος της μεταβολής της συντεταγμένης  $x$  από τις μετρήσεις του δέκτη R3 είναι πολύ μεγαλύτερο από αυτό που έδωσαν οι μετρήσεις με το δέκτη 5800 και είναι της τάξης των 20 mm (σχήμα 3.20).



Σχήμα 3.20: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης  $x$  σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδαρίου-008Α»

Τη μικρότερη διακύμανση της μεταβολής της συντεταγμένης  $x$  παρουσιάζουν οι μετρήσεις στις 24/11, η οποία είναι της τάξης του 1 mm.

Το εύρος της μεταβολής της συντεταγμένης  $x$  από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS είναι 10 mm (σχήμα 3.21)

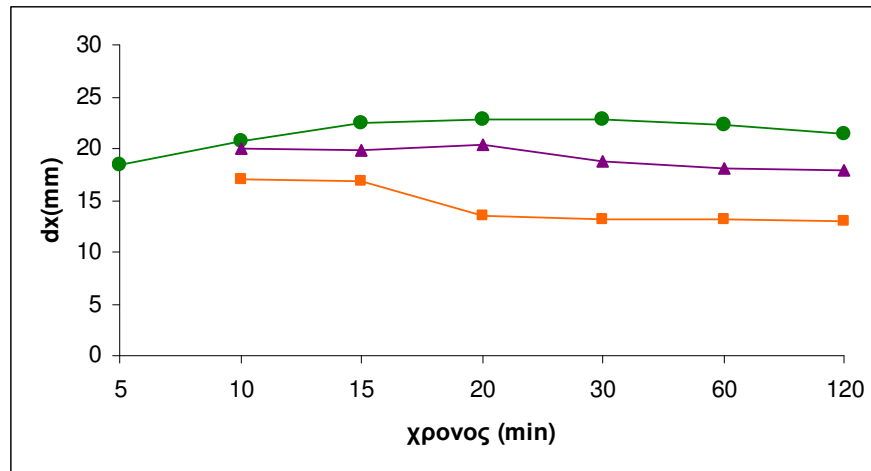


Σχήμα 3.21: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης  $x$  σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδαρίου-008Α»

Η διακύμανση της μεταβολής και για τις τρεις ημέρες είναι περίπου της τάξης των 3 mm .

Από το γενικό διάγραμμα προκύπτει ότι μικρότερο εύρος παρουσιάζει η μεταβολή της συντεταγμένης από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS

ενώ οι μετρήσεις με το δέκτη 5800 και το δέκτη R3 έχουν σχεδόν την ίδια διακύμανση (σχήμα 3.22).

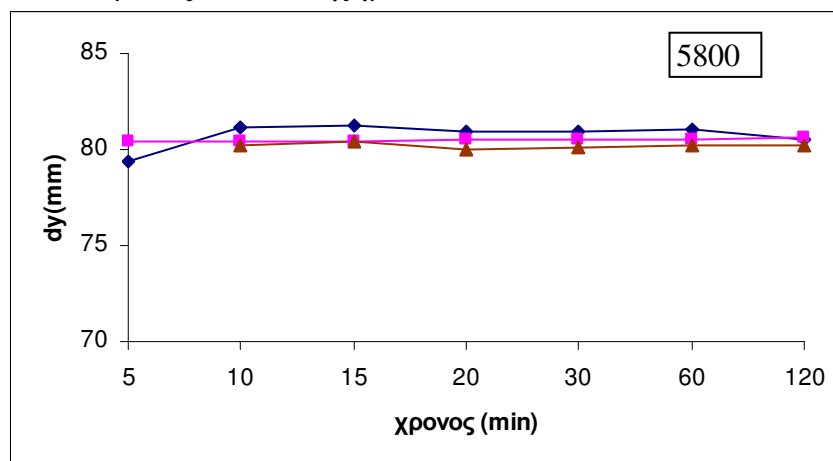


Σχήμα 3.22: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης  $x$  σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων καθενός δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α»

### Μεταβολή της συντεταγμένης $y_{\text{LAMP}}$

Ως τιμή αναφοράς για τον προσδιορισμό της μεταβολής της συντεταγμένης  $y$  ορίστηκε η μέγιστη τιμή όλων των  $y$  συντεταγμένων όπως αυτή προέκυψε από τις λύσεις της βάσης ανά όλα τα χρονικά διαστήματα από τις μετρήσεις όλων των δεκτών. Αυτή η  $y$  συντεταγμένη είναι **4202792.948 m**.

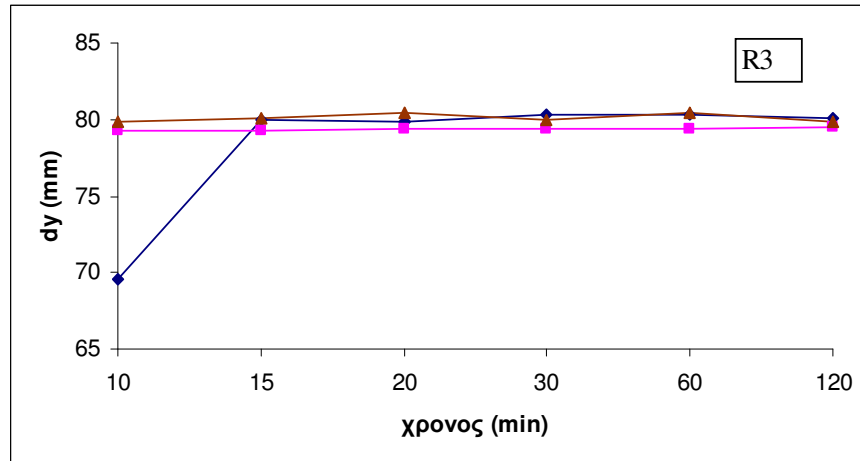
Το εύρος της μεταβολής της συντεταγμένης  $y$  από τις μετρήσεις του δέκτη 5800 είναι μόλις 3 mm (σχήμα 3.23).



Σχήμα 3.23: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης  $y$  σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α»

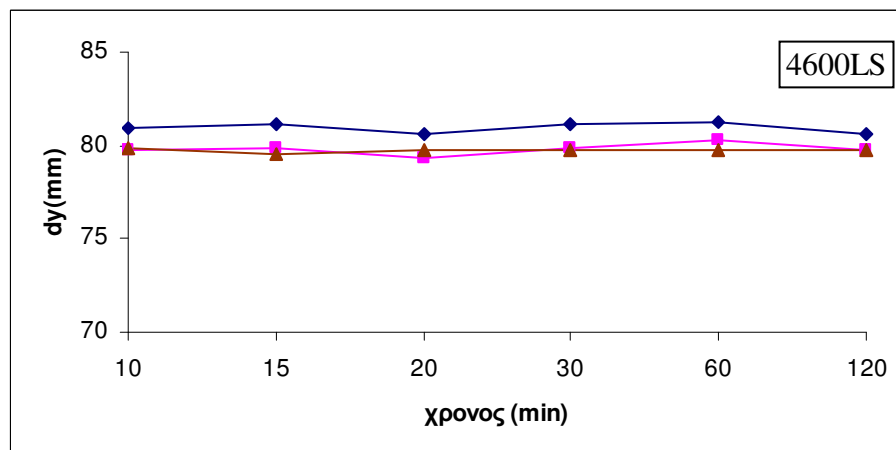
Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα η διακύμανση της μεταβολής στις 24/11 είναι σχεδόν μηδενική. Αυτό σημαίνει ότι όλες οι λύσεις της βάσης για εκείνη την ημέρα έδωσαν σταθερό  $y$ .

Το εύρος της μεταβολής της συντεταγμένης  $y$  από τις μετρήσεις του δέκτη R3 είναι 10.8 mm. Με εξαίρεση τη διακύμανση της μεταβολής στις 19/12 η συμπεριφορά της μεταβολής της συντεταγμένης δεν παρουσιάζει ιδιαίτερη διαφοροποίηση (σχήμα 3.24).



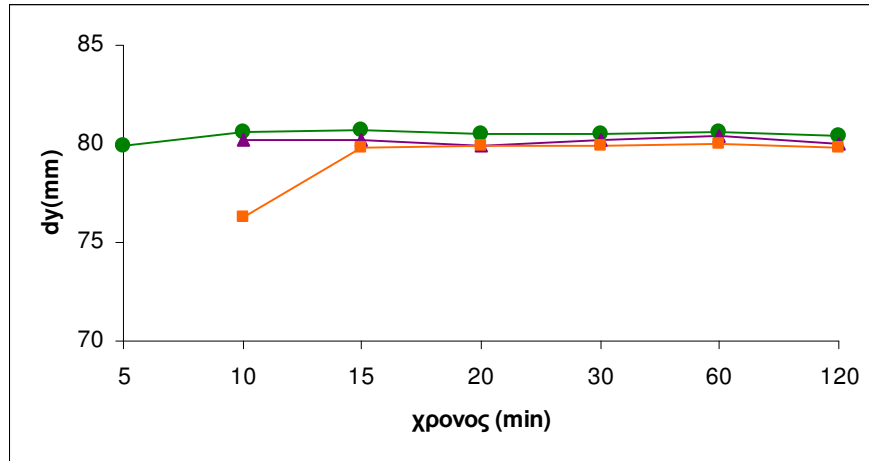
Σχήμα 3.24: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης  $y$  σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008A»

Από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS έδωσαν μεταβολή της συντεταγμένης  $y$  πολύ μικρού εύρους, της τάξης του 1 mm (σχήμα 3.25)



Σχήμα 3.25: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης  $y$  σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008A»

Από το γενικό διάγραμμα προκύπτει ότι ο προσδιορισμός της συντεταγμένης  $y$  είναι ιδιαίτερα σταθερός με εξαίρεση τη διακύμανση της μεταβολής από τις μετρήσεις με το δέκτη R3 (σχήμα 3.26).

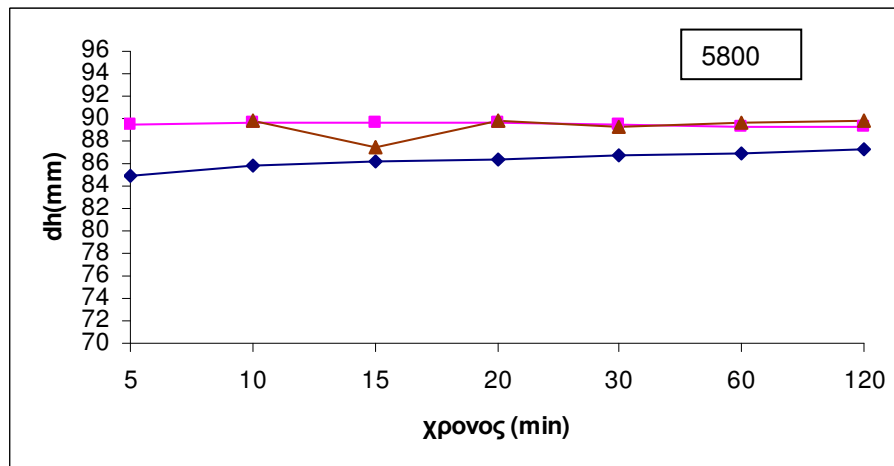


Σχήμα 3.26: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης  $y$  σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων καθενός δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α»

### Μεταβολή γεωμετρικού υψομέτρου $h$

Ως τιμή αναφοράς για τον προσδιορισμό της μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου ορίστηκε η μέγιστη τιμή όλων των γεωμετρικών υψομέτρων όπως αυτή προέκυψε από τις λύσεις της βάσης ανά όλα τα χρονικά διαστήματα από τις μετρήσεις όλων των δεκτών. Το υψόμετρο αυτό είναι **221.712 m**.

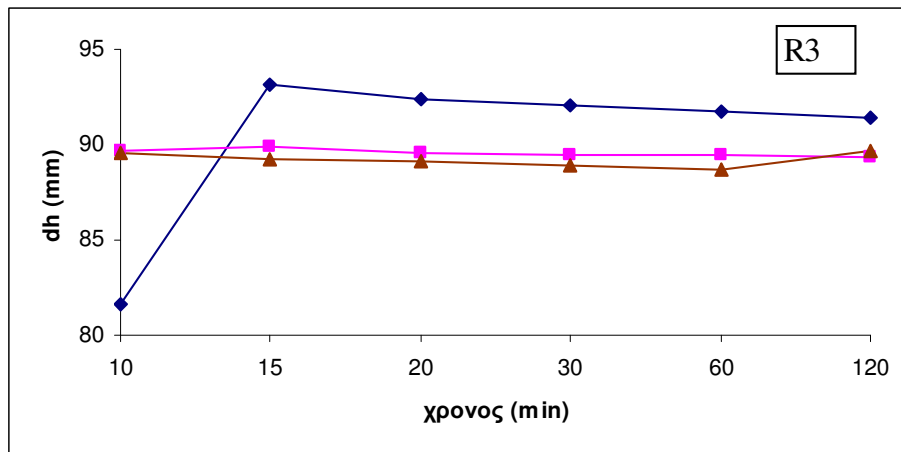
Το εύρος της μεταβολής από τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 είναι περίπου 5 mm (σχήμα 3.27).



Σχήμα 3.27: Διάγραμμα μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου  $h$  σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α»

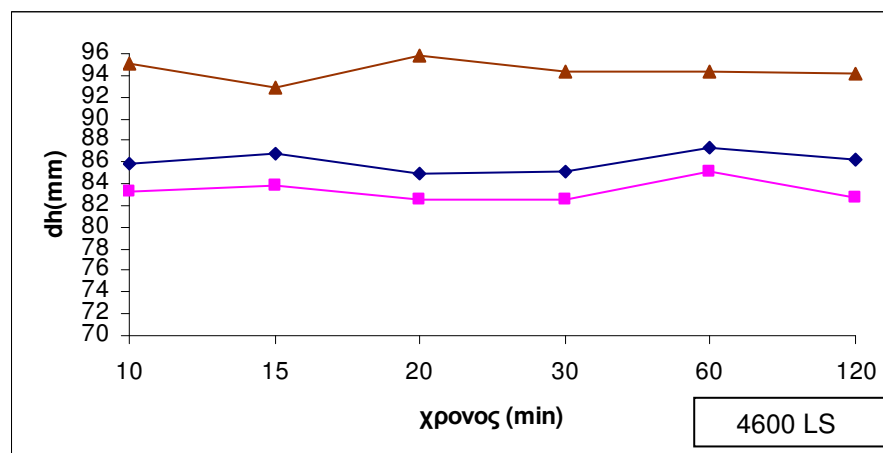
Οι μετρήσεις με το δέκτη R3 έδωσαν μεταβολή εύρους 11.6 mm. Με εξαίρεση τη διακύμανση της μεταβολής στις 19/12 η οποία είναι 11.6

mm, στις άλλες δύο ημέρες η μεταβολή του γεωμετρικού υψομέτρου είναι σταθερή αφού η διακύμανση είναι σχεδόν μηδενική (σχήμα 3.28).



Σχήμα 3.28: Διάγραμμα μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου  $h$  σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α»

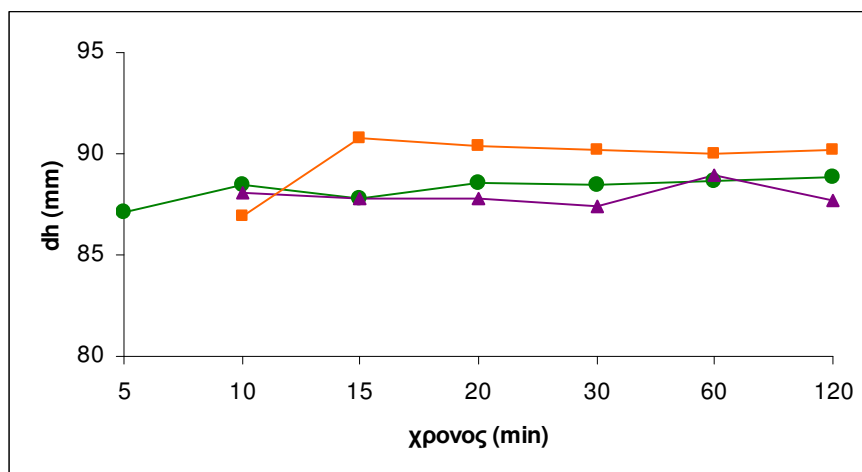
Οι μετρήσεις με τον 4600LS έδωσαν μεταβολή του γεωμετρικού υψομέτρου  $h$  εύρους 13 mm. Παρατηρείται επίσης ότι η καμπύλη διακύμανσης για τις 24/11 και για τις 21/10 είναι παράλληλες (σχήμα 3.29).



Σχήμα 3.29: Διάγραμμα μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου  $h$  σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α»

Από το γενικό διάγραμμα προκύπτει οι μετρήσεις των δεκτών 5800 και 4600LS δίνουν μεταβολή σταθερότερης διακύμανσης σε σχέση με το δέκτη R3.





Σχήμα 3.30: Διάγραμμα μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου  $h$  σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων καθενός δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α»

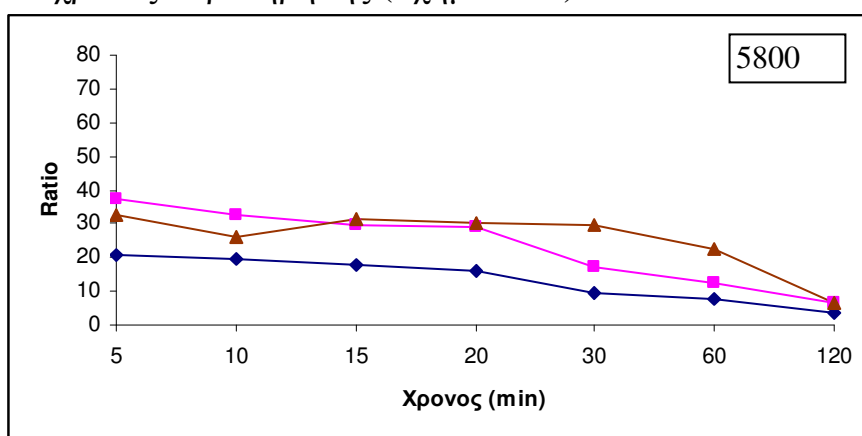
### 3.2.2 Βάση « Βάθρο Λαμπαδάριου-098Α»

Η βάση «Βάθρο Λαμπαδάριου-098Α» έχει μήκος 4125.605 m (μέση τιμή όλων των αποστάσεων που έδωσαν οι λύσεις της βάσης).

Και οι τρεις δέκτες έδωσαν λύσεις για όλα τα χρονικά διαστήματα παρακάτω αναλύεται η συμπεριφορά κάθε παραμέτρου σε σχέση με το χρόνο για κάθε λύση της βάσης.

#### Ratio

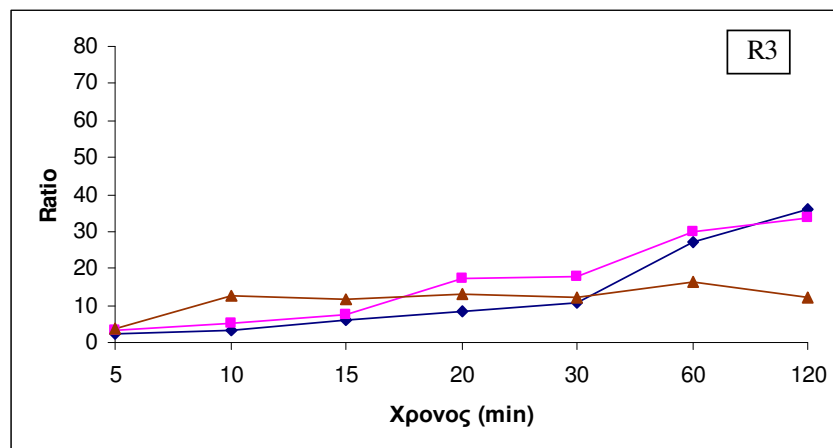
Από τις τιμές του Ratio που έδωσαν οι λύσεις της βάσης από τις μετρήσεις με το δέκτη 5800, διαπιστώνεται ότι το Ratio μειώνεται όσο αυξάνεται ο χρόνος παρατήρησης (σχήμα 3.31).



Σχήμα 3.31: Διακίνηση της τιμής Ratio σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098Α»

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα η μικρότερη τιμή είναι περίπου 3 (στις 19/12/2009 για 120 min) και η μεγαλύτερη περίπου 40 (στις 24/11/2009 για τα 5 min).

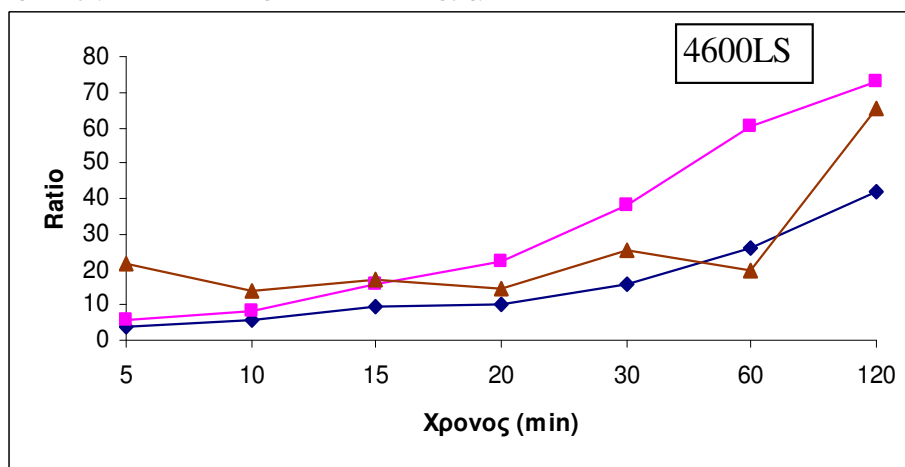
Αντίθετα οι τιμές του Ratio από τις λύσεις που έδωσαν οι μετρήσεις με το δέκτη R3 αυξάνονται όσο αυξάνεται ο χρόνος παρατήρησης (σχήμα 3.32).



Σχήμα 3.32: Διακύμανση της τιμής Ratio σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098Α»

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα οι τιμές του ratio είναι ανάλογες με το χρόνο με εξαίρεση το δίωρο της 21/10/2009 όπου η τιμή του ratio από 16.4 που ήταν στα 60 min μειώνεται στα 12.2). Το ratio παρουσιάζει μεγαλύτερη διακύμανση στις 19/12/2009 όπου η μικρότερη τιμή είναι 2.3 τα 5 min και 36 τα 120 min.

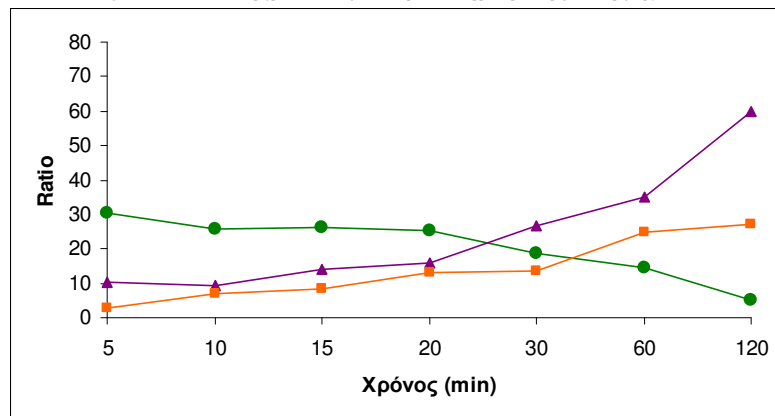
Την ίδια συμπεριφορά έχουν οι τιμές του Ratio όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS (σχήμα 3.33).



Σχήμα 3.33: Διακύμανση της τιμής Ratio σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098Α»

Όπως και με τις μετρήσεις του δέκτη R3, οι τιμές του Ratio με τις μετρήσεις του δέκτη 4600LS αυξάνονται όσο αυξάνεται ο χρόνος παρατήρησης με εξαίρεση τα 60 min της 21/10 όπου η τιμή του ratio από 25.5 που ήταν στα 30 min μειώνεται σε 19.7). Η μικρότερη τιμή που παρουσιάζει το Ratio είναι 3.6 ( στις 19/12 για τα 5 min) και η μεγαλύτερη 72.8 (στις 24/11 για τα 120 min).

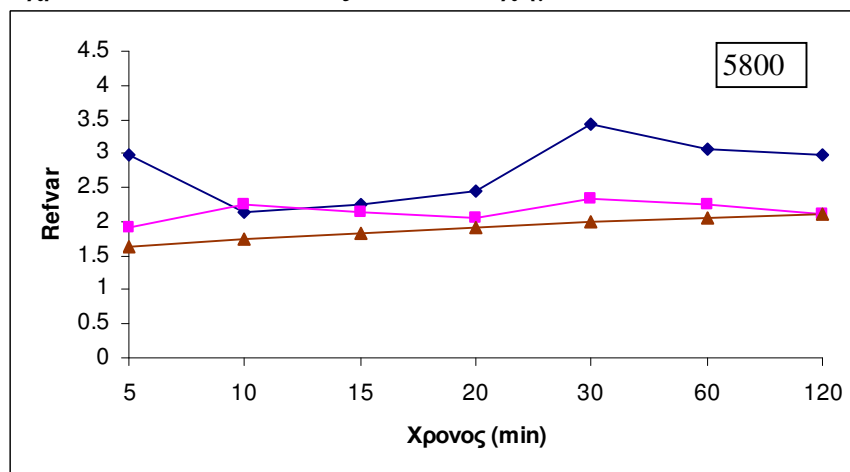
Όπως αποτυπώνεται στο γενικό διάγραμμα για κάθε δέκτη οι τιμές του Ratio αυξάνονται όσο αυξάνεται ο χρόνος παρατήρησης για τους δύο δέκτες μονής συχνότητας. Αντίθετα, όπως και στη βάση «Βάθρο Λαμπαδάριου-008Α», για το δέκτη διπλής συχνότητας οι τιμές μειώνονται όσο αυξάνεται ο χρόνος παρατήρησης (σχήμα 3.34)



Σχήμα 3.34: Διακύμανση της τιμής του Ratio σε σχέση με το χρόνο για κάθε δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098Α»

### Reference variance

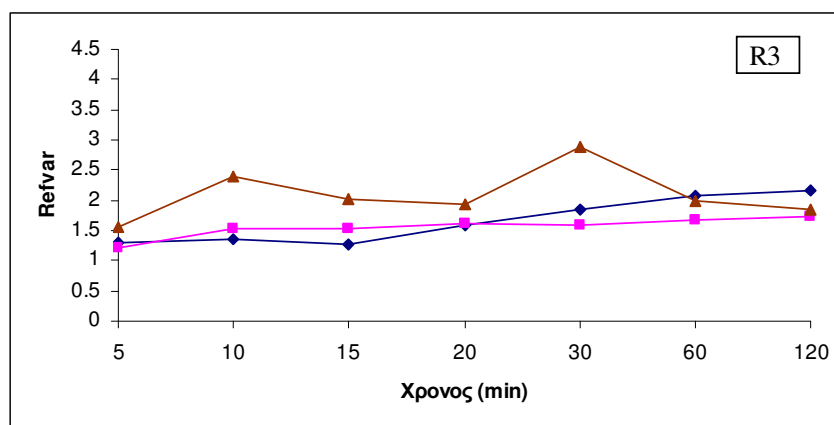
Οι μετρήσεις με το δέκτη 5800 έδωσαν τιμές από 1.63 (5 min στις 21/10) μέχρι 3.42 (30 min στις 19/12) (σχήμα 3.35).



Σχήμα 3.35: Διακύμανση της τιμής Reference Variance σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098Α»

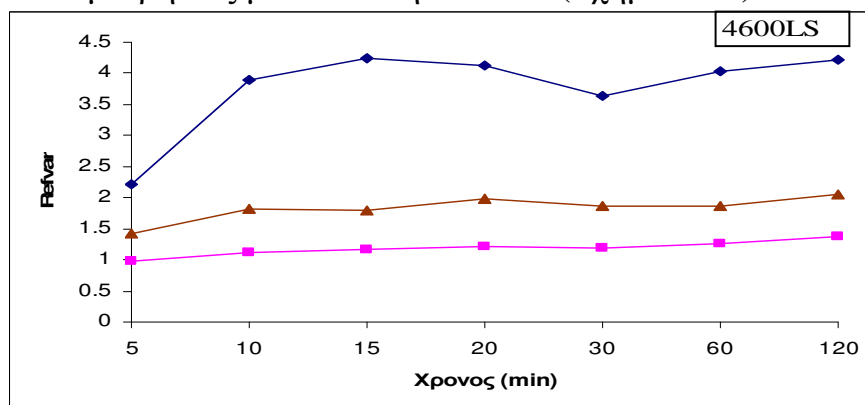
Σε σύγκριση με τα αποτελέσματα του δείκτη reference variance που έδωσαν οι μετρήσεις με το δέκτη Trimble 5800 για τη βάση «Βάθρο Λαμπαδάριου-008Α», διαπιστώνεται ότι για τη βάση « Βάθρο Λαμπαδάριου-098Α» το εύρος των τιμών του reference variance αυξάνεται και οι τιμές είναι μεγαλύτερες από 1.5.

Αντίθετα μικρότερο εύρος παρουσιάζουν οι τιμές στις λύσεις που προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη Trimble R3. Οι τιμές ξεκινούν από το 1.22 (5 min στις 24/11) μέχρι το 2.89 (30 min στις 21/10) (σχήμα 3.36)



Σχήμα 3.36: Διακύμανση της τιμής Reference Variance σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098Α»

Καλύτερα αποτελέσματα του Reference variance σε σύγκριση με τα αποτελέσματα των λύσεων της βάσης «Βάθρο Λαμπαδάριου-008Α» έδωσαν και οι μετρήσεις με το δέκτη 4600LS (σχήμα 3.37).

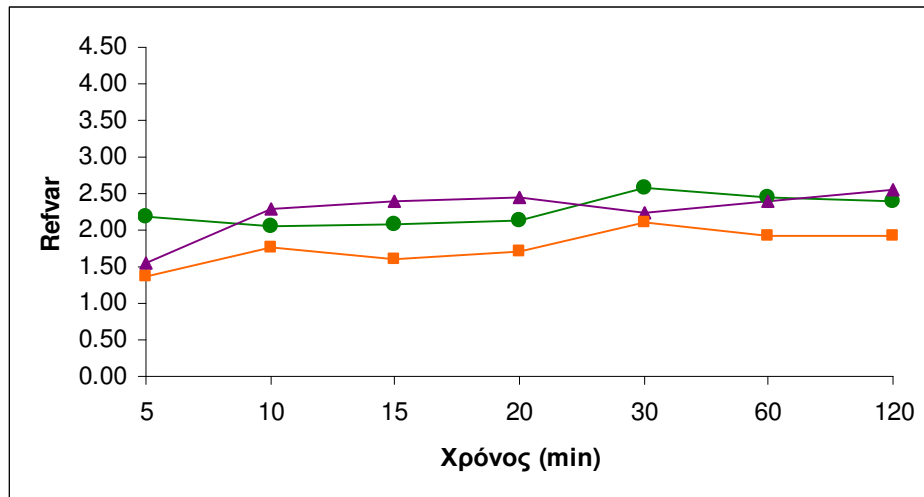


Σχήμα 3.37: Διακύμανση της τιμής Reference Variance σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδαρίου-098Α»

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται ότι οι τιμές του RV στις 21/10 και 24/11 είναι κοντά στη μονάδα. Αντίθετα στις 19/12 οι τιμές του

Reference Variance ξεκινούν από 2.22 και καταλήγουν σε 4.2. Παρόλο ότι στη συγκεκριμένη ημερομηνία οι τιμές του Reference Variance είναι αυξημένες, εντός των αποδεκτών ορίων, σε αντίθεση με τη βάση «Βάθρο Λαμπαδάριου-008Α» που οι τιμές που έδωσαν οι λύσεις από τις μετρήσεις του δέκτη Trimble 4600LS είναι μη αποδεκτές.

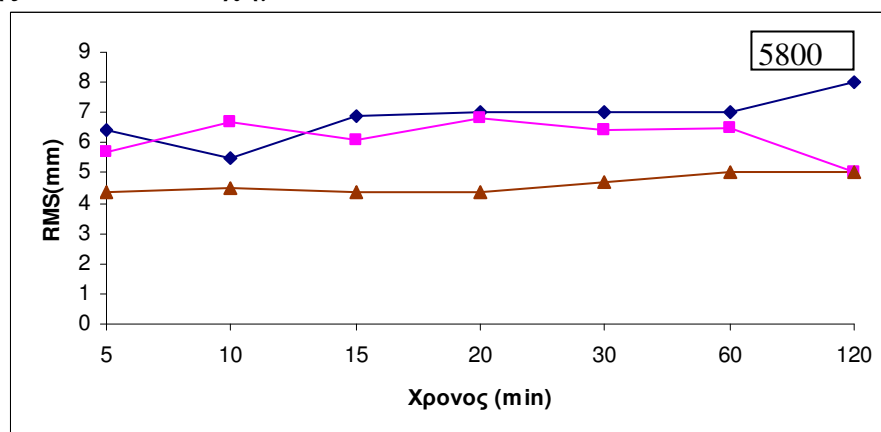
Γενικά όπως προκύπτει από το συγκεντρωτικό διάγραμμα (σχήμα 3.38), τιμές σταθερές για όλους τους χρόνους και κοντά στη μονάδα έδωσαν οι μετρήσεις με το δέκτη R3, αντίθετα οι τιμές από τις μετρήσεις του δέκτη 5800 είναι της τάξης του 2.



Σχήμα 3.38: Διακύμανση της τιμής του Reference Variance σε σχέση με το χρόνο για κάθε δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098Α»

### RMS

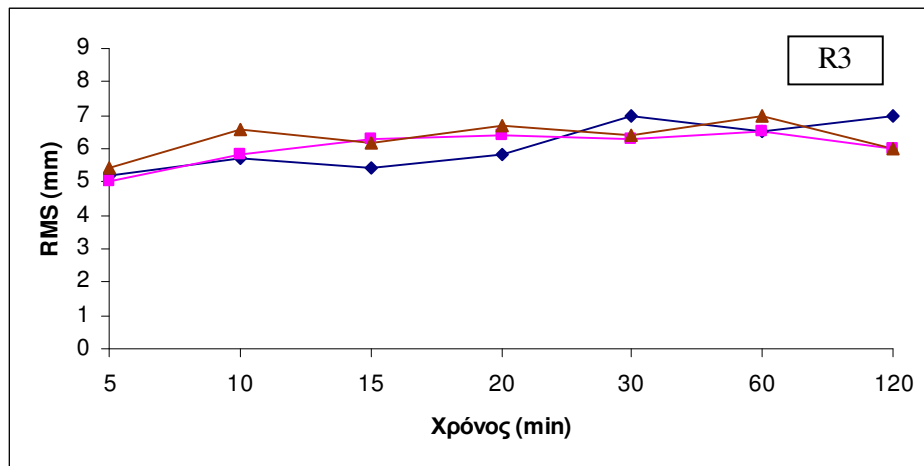
Το RMS των λύσεων από τις μετρήσεις του δέκτη Trimble 5800 είναι της τάξης των 6 mm (σχήμα 3.39).



Σχήμα 3.39: Διακύμανση του RMS σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδαρίου-098Α»

Το μικρότερο RMS είναι 4.4 mm (ο μέσος όρος των 15 και 20 min στις 21/10) και το μεγαλύτερο 8 mm (120 min στις 19/12).

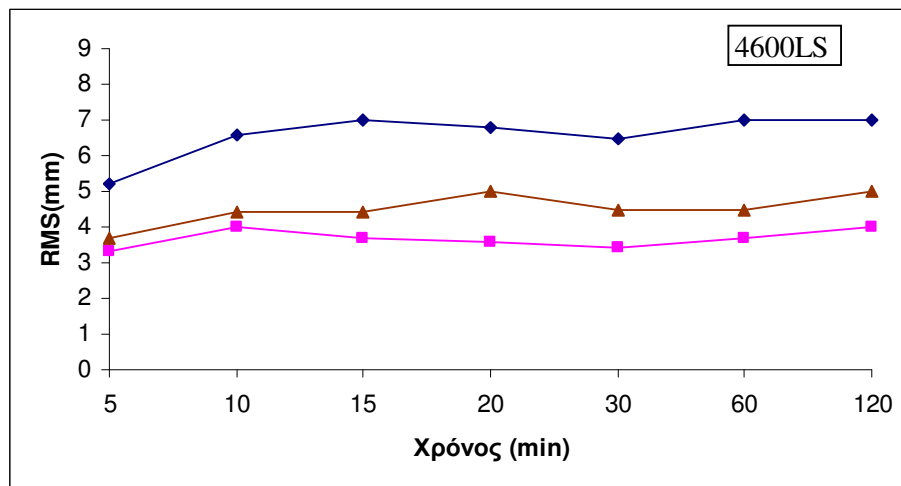
Το RMS των λύσεων από τις μετρήσεις του δέκτη R3 για κάθε μία ημέρα παρουσιάζεται στο σχήμα 3.40.



Σχήμα 3.40: Διακύμανση του RMS σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098Α»

Το μικρότερο RMS είναι 5 mm (μέσος όρος των 5 min στις 24/11) και το μεγαλύτερο είναι 7 mm (μέσος όρος των 30 min στις 19/12 και των 60 min στις 21/10).

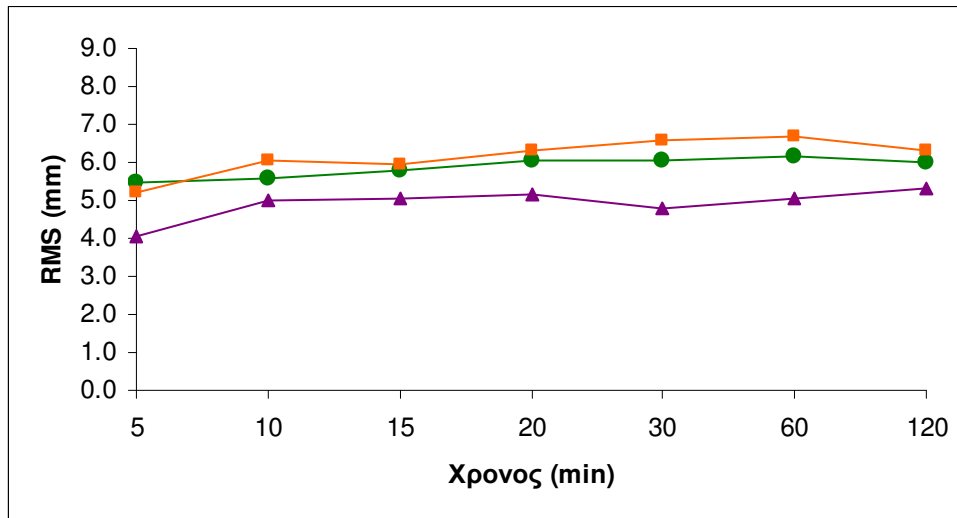
Το RMS των λύσεων από τις μετρήσεις του δέκτη 4600LS για κάθε ημέρα παρουσιάζεται στο σχήμα 3.41.



Σχήμα 3.41: Διακύμανση του RMS σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098Α»

Το μικρότερο RMS είναι 3.3 mm (ο μέσος όρος 5 min στις 24/11) και το μεγαλύτερο 7 mm (ο όρος των 60 min και τα 120 min στις 19/12).

Όπως παρατηρείται στο συγκεντρωτικό διάγραμμα (σχήμα 3.42) το μικρότερο RMS έδωσαν οι λύσεις που προέκυψαν από τις μετρήσεις του δέκτη 4600LS (όπως και στη βάση «Βάθρο Λαμπαδάριου-008Α») ενώ το μεγαλύτερο οι λύσεις που προέκυψαν από τις μετρήσεις του R3.

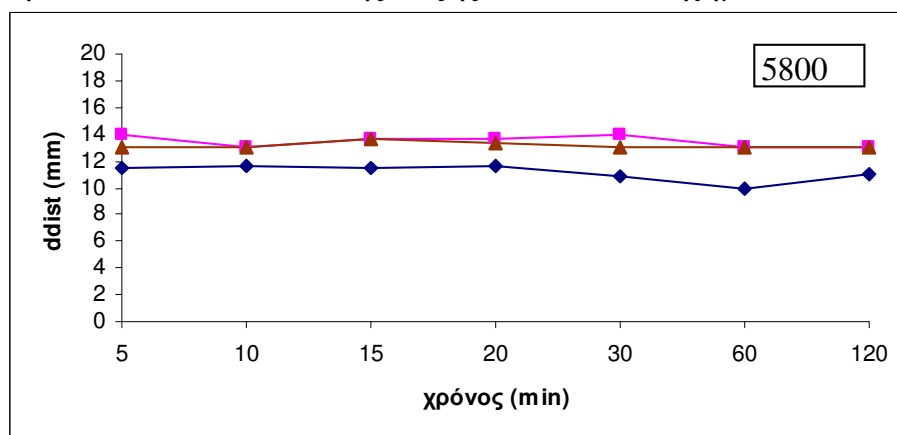


Σχήμα 3.42: Διακόμανση της τιμής του RMS σε σχέση με το χρόνο για κάθε δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098Α».

### Μεταβολή του μήκους της βάσης

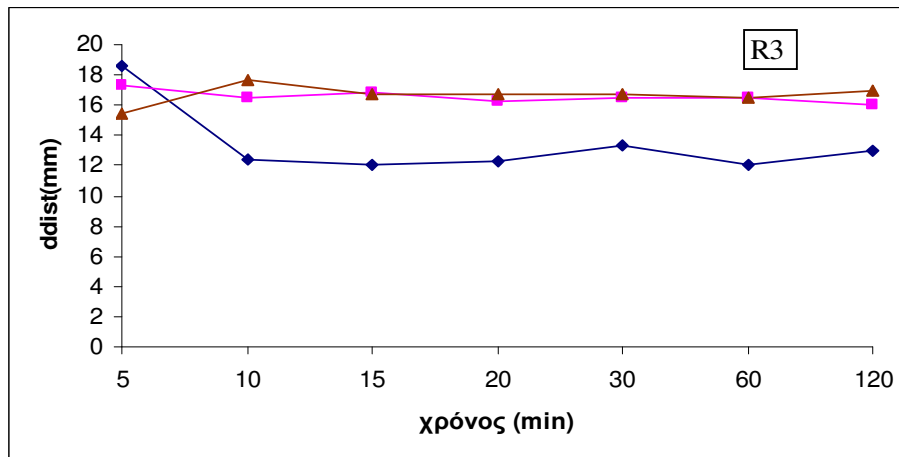
Ως τιμή αναφοράς για τον προσδιορισμό της μεταβολής του μήκους της βάσης ορίστηκε η μέγιστη τιμή όλων των μηκών της βάσης όπως προέκυψε από τις λύσεις της βάσης σε όλα τα χρονικά διαστήματα από τις μετρήσεις όλων των δεκτών. Το μήκος της βάσης αυτό είναι **4125.619 m**.

Το εύρος της μεταβολής του μήκους της βάσης από τις μετρήσεις του δέκτη Trimble 5800 είναι της τάξης των 4 mm (σχήμα 3.43).



Σχήμα 3.43: Διάγραμμα μεταβολής του μήκους της βάσης από τις μετρήσεις για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098Α»

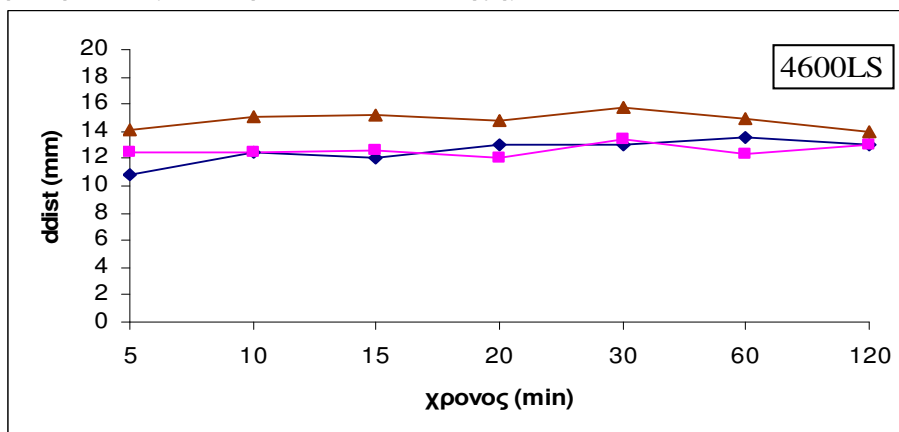
Το εύρος της μεταβολής του μήκους της βάσης από τις μετρήσεις του δέκτη R3 είναι της τάξης των 7 mm, πολύ μικρότερο από αυτό της μεταβολής του μήκους της βάσης που έδωσαν οι μετρήσεις του ίδιου δέκτη για τη βάση «Βάθρο Λαμπαδάριου-008Α» (σχήμα 3.44)



Σχήμα 3.44: Διάγραμμα μεταβολής του μήκους της βάσης από τις μετρήσεις για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098Α»

Όπως και στη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α» η διακύμανση της μεταβολής του μήκους στις 19/12 είναι αυξημένη σε σχέση με αυτή των άλλων δύο ημερών.

Οι μετρήσεις του δέκτη 4600LS έδωσαν μεταβολή εύρους 5 mm το μισό από ότι έδωσαν οι μετρήσεις του ίδιου δέκτη για το μήκος της βάσης «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α» (σχήμα 3.45).

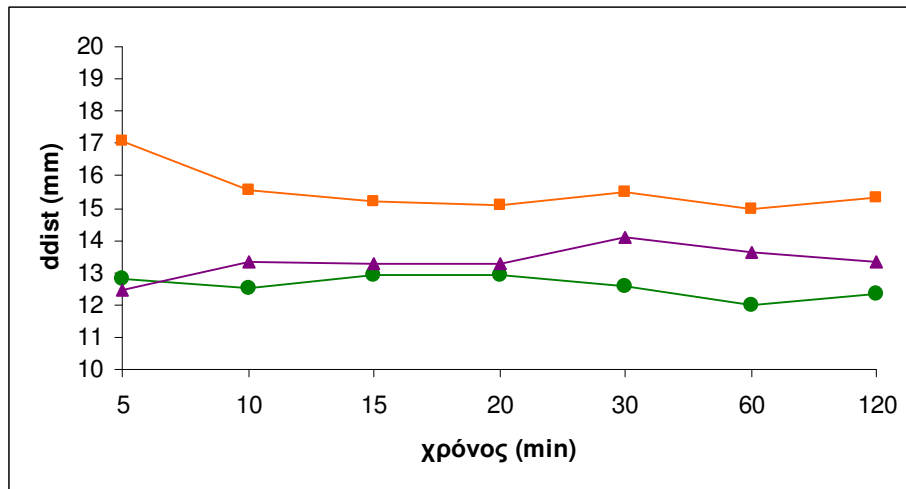


Σχήμα 3.45: Διάγραμμα μεταβολής του μήκους της βάσης από τις μετρήσεις για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδαρίου-098Α»

Όπως αποτυπώνεται και στο γενικό διάγραμμα, τη μικρότερη διακύμανση (της τάξης του 1 mm) την παρουσιάζουν οι μετρήσεις του δέκτη 5800 ενώ τη μεγαλύτερη (3 mm περίπου) οι μετρήσεις του δέκτη



R3. Την ίδια συμπεριφορά έχει και η μεταβολή του μήκους και στη βάση «Βάθρο Λαμπαδάριου-008Α». (σχήμα 3.46).

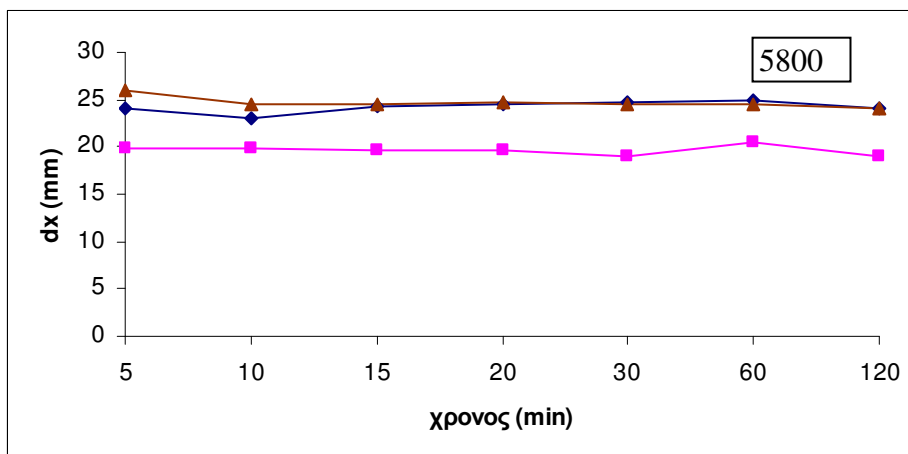


Σχήμα 3.46: Διάγραμμα μεταβολής του μήκους της βάσης από τις μετρήσεις για κάθε ένα από τους τρεις δέκτες για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098Α»

### Μεταβολή της συντεταγμένης $x_{\text{ΛΑΜΠ}}$

Ως τιμή αναφοράς για τον προσδιορισμό της μεταβολής της συντεταγμένης  $x$  ορίστηκε η μέγιστη τιμή όλων των  $x$  συντεταγμένων όπως αυτή προέκυψε από τις λύσεις της βάσης ανά όλα τα χρονικά διαστήματα από τις μετρήσεις όλων των δεκτών. Αυτή η  $x$  συντεταγμένη έχει τιμή **480547.782 m**.

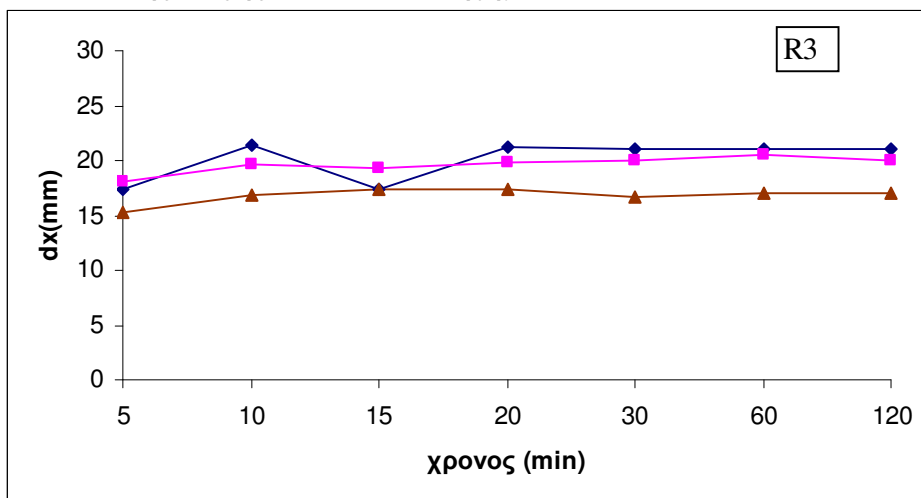
Το εύρος της μεταβολής της συντεταγμένης  $x$  από τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 είναι περίπου 7 mm. (σχήμα 3.47)



Σχήμα 3.47: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης  $x$  σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098Α»

Και για τις τρεις ημέρες η διακύμανση της συντεταγμένης  $x$  είναι της τάξης των 2 mm.

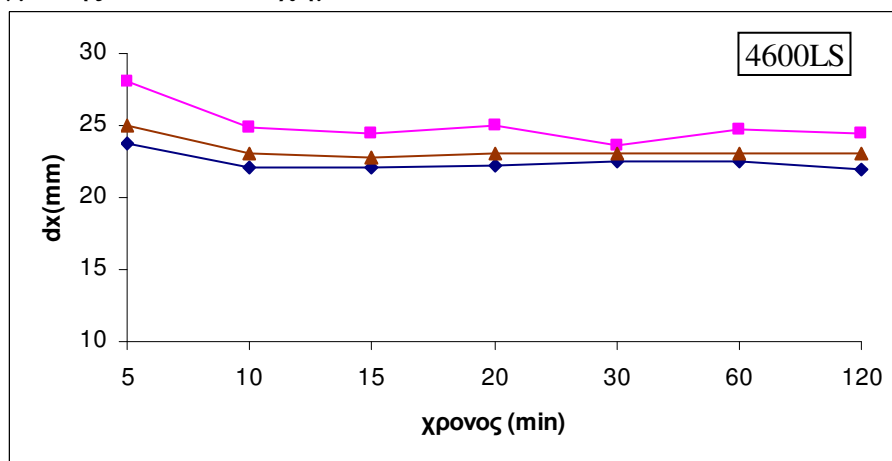
Το εύρος της μεταβολής της συντεταγμένης  $x$  από τις μετρήσεις του δέκτη R3 είναι της τάξης του 6 mm (σχήμα 3.48).



Σχήμα 3.48: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης  $x$  σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098Α»

Όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα μεγαλύτερη διακύμανση της μεταβολής της συντεταγμένης  $x$  παρουσιάζεται στις 19/12 και είναι της τάξης των 4 mm.

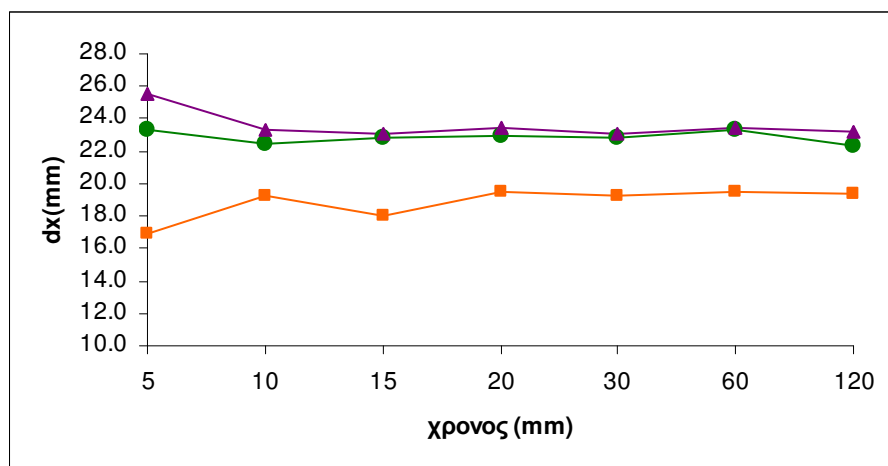
Οι μετρήσεις με το δέκτη 4600LS έδωσαν εύρος μεταβολής της συντεταγμένης  $x$  6 mm (σχήμα 3.49).



Σχήμα 3.49: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης  $x$  σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098Α»

Μεγαλύτερη διακύμανση της μεταβολής της συντεταγμένης  $x$  παρουσιάζεται στις 24/11 και είναι 4.4 mm.

Από το γενικό διάγραμμα προκύπτει ότι σχεδόν σταθερή μεταβολή δίνουν οι μετρήσεις με το δέκτη 5800 ενώ τη μεγαλύτερη διακύμανση παρουσιάζουν οι μετρήσεις του δέκτη R3 (σχήμα 3.50).

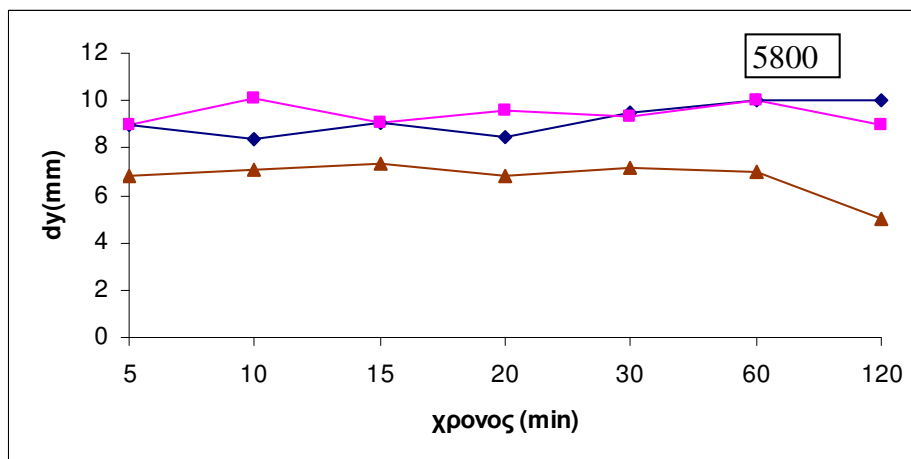


Σχήμα 3.50: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης  $x$  σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων καθενός δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098Α»

### Μεταβολή της συντεταγμένης $y_{\text{LAMP}}$

Ως τιμή αναφοράς για τον προσδιορισμό της μεταβολής της συντεταγμένης  $y$  ορίστηκε η μέγιστη τιμή όλων των  $y$  συντεταγμένων όπως αυτή προέκυψε από τις λύσεις της βάσης ανά όλα τα χρονικά διαστήματα από τις μετρήσεις όλων των δεκτών. Αυτή η  $y$  συντεταγμένη έχει τιμή **4202792.151 m**.

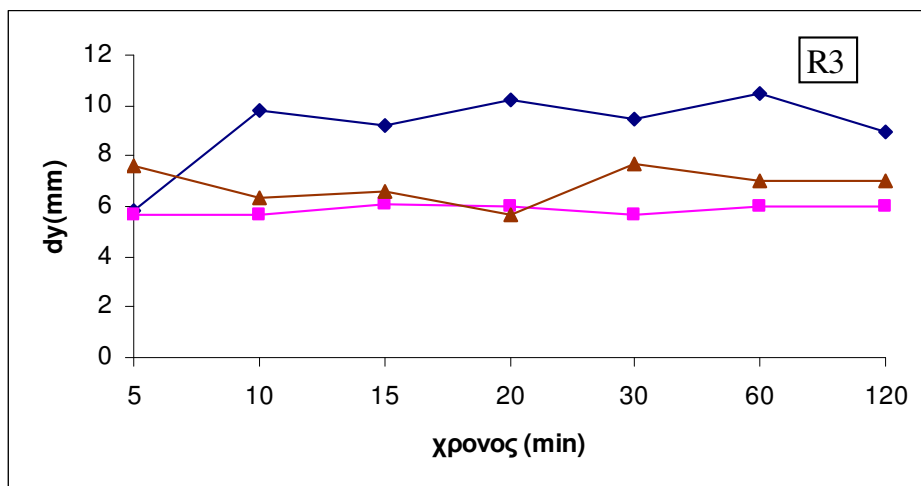
Το εύρος της μεταβολής της συντεταγμένης  $y$  από τις μετρήσεις του δέκτη Trimble 5800 είναι 5 mm .(σχήμα 3.51)



Σχήμα 3.51: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης  $y$  σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098Α»

Η διακύμανση της μεταβολής και για τις τρεις ημέρες είναι περίπου 2 mm.

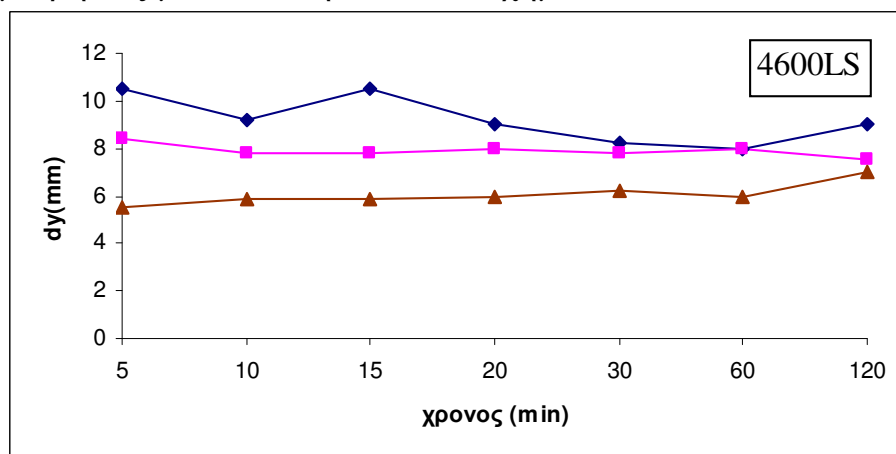
Οι μετρήσεις με το δέκτη R3 έδωσαν μεταβολή εύρους περίπου 5 mm, ίδιο με αυτό που έδωσαν οι μετρήσεις με το δέκτη 5800.(σχήμα 3.52).



Σχήμα 3.52: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης  $y$  σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδαρίου-098A»

Ωστόσο παρατηρείται στο παραπάνω διάγραμμα ότι η μεταβολή της συντεταγμένης  $y$  παρουσιάζει διακύμανση ως και 5 mm στις 19/12.

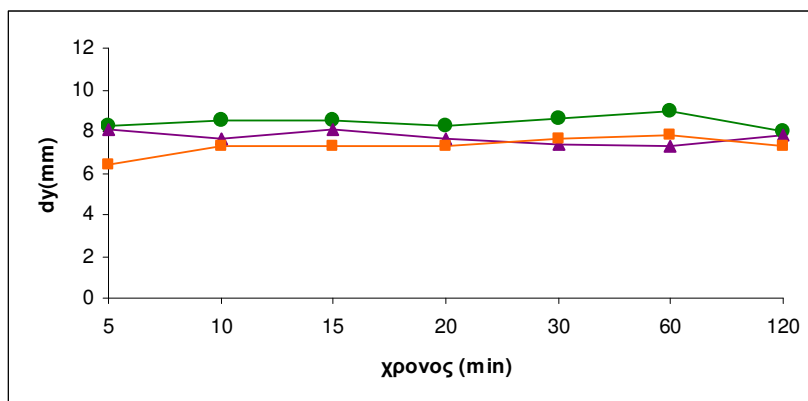
Ίδιο εύρος έχει και η μεταβολή της συντεταγμένης  $y$  που προέκυψε από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS (σχήμα 3.53).



Σχήμα 3.53: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης  $y$  σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδαρίου-098A»

Μεγαλύτερη διακύμανση της τάξης των 4 mm παρουσιάζεται στις 19/12.

Από το γενικό διάγραμμα όπως και στη βάση «βάθρο Λαμπαδαρίου-008A» ο προσδιορισμός της συντεταγμένης  $y$  παρουσιάζεται ιδιαίτερα σταθερός και για τους τρεις δέκτες.

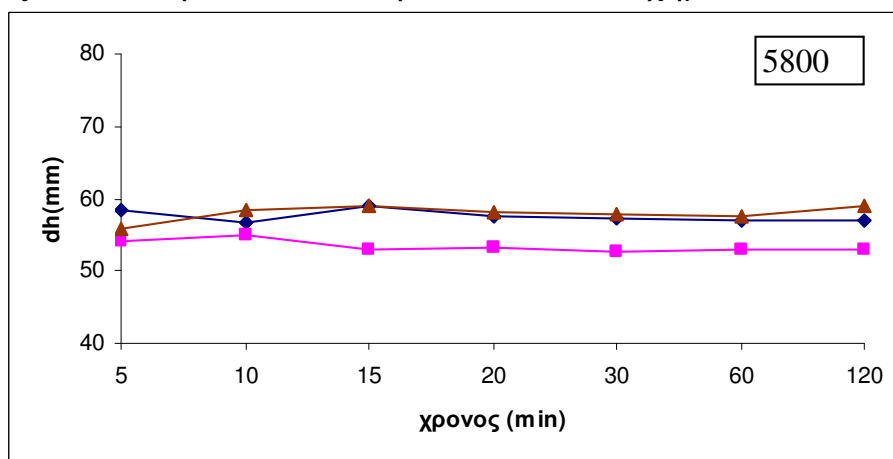


Σχήμα 3.54: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης  $y$  σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων καθενός δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδαρίου-098Α»

### Μεταβολή του γεωμετρικού υψομέτρου $h$

Ως τιμή αναφοράς για τον προσδιορισμό της μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου ορίστηκε η μέγιστη τιμή όλων των γεωμετρικών υψομέτρων όπως αυτό προέκυψε από τις λύσεις της βάσης ανά όλα τα χρονικά διαστήματα από τις μετρήσεις όλων των δεκτών. Το υψόμετρο αυτό είναι **220.910 m**.

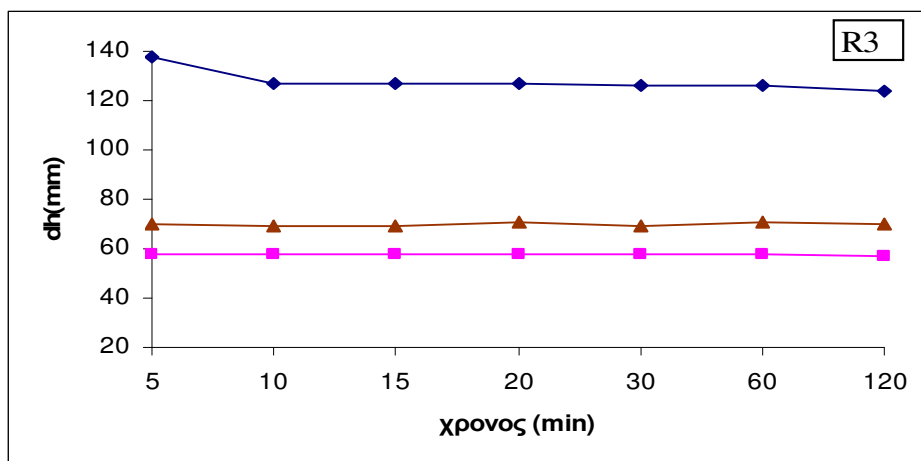
Το εύρος της μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου από τις μετρήσεις του δέκτη 5800 είναι περίπου 6.5 mm (σχήμα 3.55).



Σχήμα 3.55: Διάγραμμα μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου  $h$  σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδαρίου-098Α»

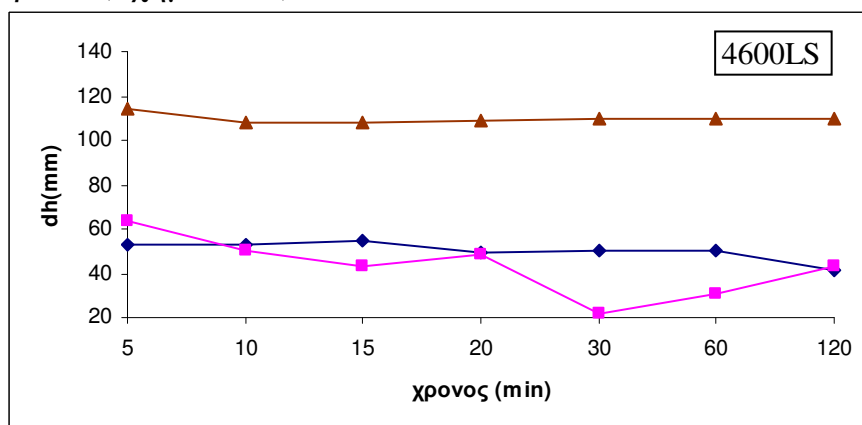
Η διακύμανση και για τις τρεις ημέρες είναι της τάξης των 3 mm.

Οι μετρήσεις με το δέκτη R3 έδωσαν μεταβολή εύρους περίπου 81 mm. (σχήμα 3.56). Ιδιαίτερα υψηλή είναι η διακύμανση στις 19/12 η οποία φτάνει στα 13 mm. Αντίθετα παρατηρείται ότι η διακύμανση της μεταβολής για τις 24/11 και 21/10 είναι της τάξης του 1 mm.



Σχήμα 3.56: Διάγραμμα μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου  $h$  σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098Α»

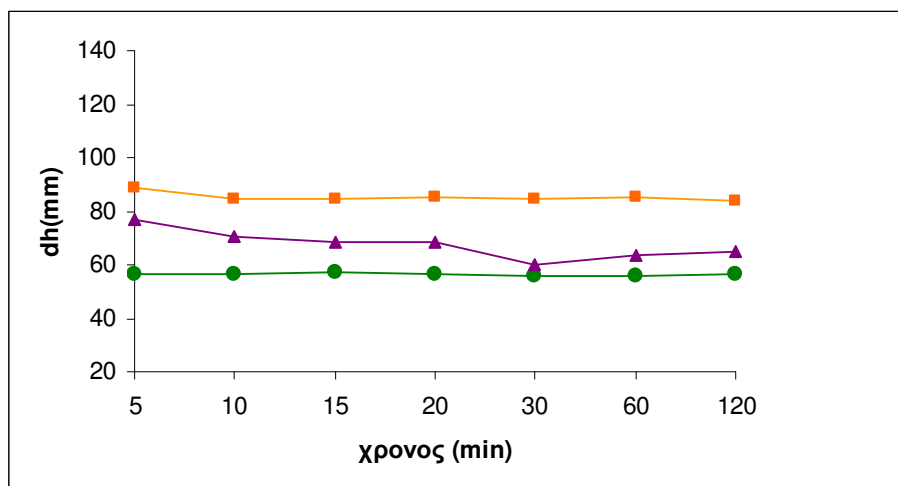
Ιδιαίτερα αυξημένο εύρος παρουσιάζει η μεταβολή του γεωμετρικού υψομέτρου που έδωσαν οι μετρήσεις του δέκτη 4600LS. Το εύρος είναι 93 mm περίπου(σχήμα 3.57).



Σχήμα 3.57: Διάγραμμα μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου  $h$  σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098Α»

Ιδιαίτερα αυξημένη είναι η διακύμανση στις 24/11 η οποία φτάνει τα 43 mm.

Από το γενικό διάγραμμα (σχήμα 3.58) προκύπτει ότι τη μικρότερη διακύμανση στη μεταβολή του γεωμετρικού υψομέτρου τη δίνουν οι μετρήσεις με το δέκτη 5800 η οποία είναι σχεδόν μηδενική. Γενικά και οι μετρήσεις με τους τρεις δέκτες έχουν μία σταθερότητα σε σχέση τον προσδιορισμό του γεωμετρικού υψομέτρου.



Σχήμα 3.58: Διάγραμμα μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου  $h$  σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων καθενός δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098Α»

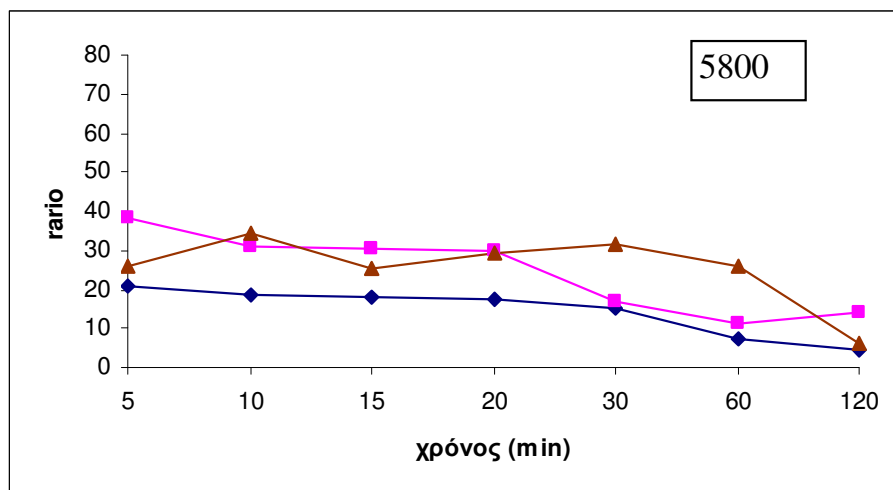
### 3.2.3 Βάση «Βάθρο Λαμπαδάριου- σταθμός virtual»

Η βάση «Βάθρο Λαμπαδάριου- σταθμός virtual» έχει μήκος 64.667 m (μέση τιμή όλων των αποστάσεων που έδωσαν οι λύσεις της βάσης).

Και οι τρεις δέκτες έδωσαν λύσεις για όλα τα χρονικά διαστήματα. Παρακάτω αναλύεται η συμπεριφορά κάθε παραμέτρου σε σχέση με το χρόνο για κάθε λύση της βάσης.

#### **Ratio**

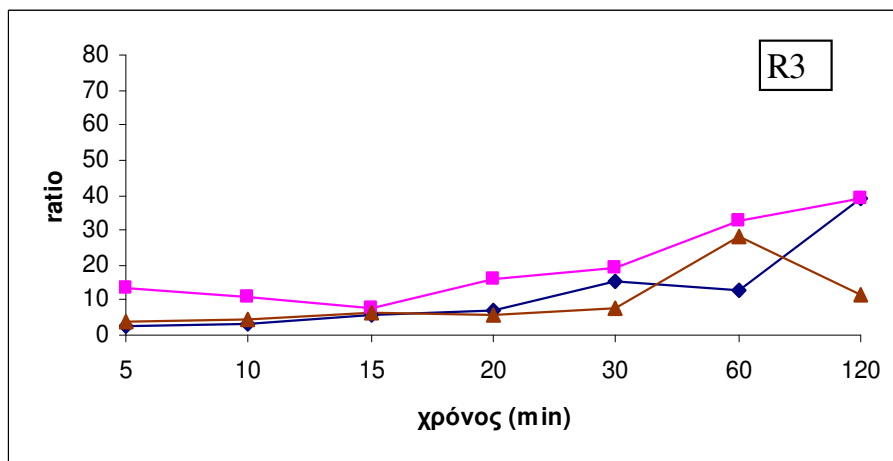
Από τις τιμές του Ratio που έδωσαν οι λύσεις της βάσης από τις μετρήσεις με το δέκτη 5800, διαπιστώνεται ότι το Ratio μειώνεται όσο αυξάνεται ο χρόνος παρατήρησης (σχήμα 3.59).



Σχήμα 3.59: Διακόμανση της τιμής Ratio σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual»

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα η μεγαλύτερη τιμή είναι περίπου 40 (μέσος όρος των 5 min στις 24/11) και η μικρότερη είναι περίπου 4. Παρατηρείται ότι οι μετρήσεις του δέκτη 5800 δίνουν σχεδόν το ίδιο αποτέλεσμα στο ratio για τις δύο μικρότερες βάσεις «βάθρο Λαμπαδάριου-098Α» και «βάθρο Λαμπαδάριου – virtual».

Αντίθετα οι τιμές του Ratio από τις λύσεις που έδωσαν οι μετρήσεις με το δέκτη R3 αυξάνονται όσο αυξάνεται ο χρόνος παρατήρησης (σχήμα 3.60).

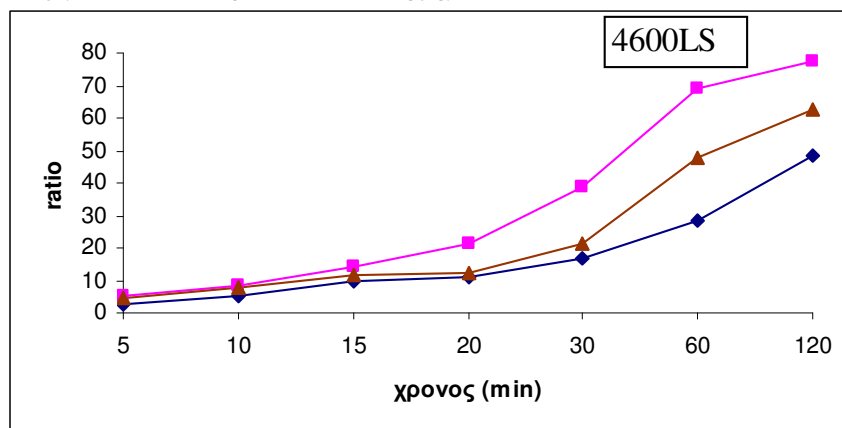


Σχήμα 3.60: Διακόμανση της τιμής Ratio σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual»

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα οι τιμές του ratio αυξάνονται όσο αυξάνεται ο χρόνος παρατήρησης με εξαίρεση το δίωρο της 21/10/2009 όπου η τιμή του ratio από 28.3 που ήταν στα 60 min μειώθηκε στο 11.8.



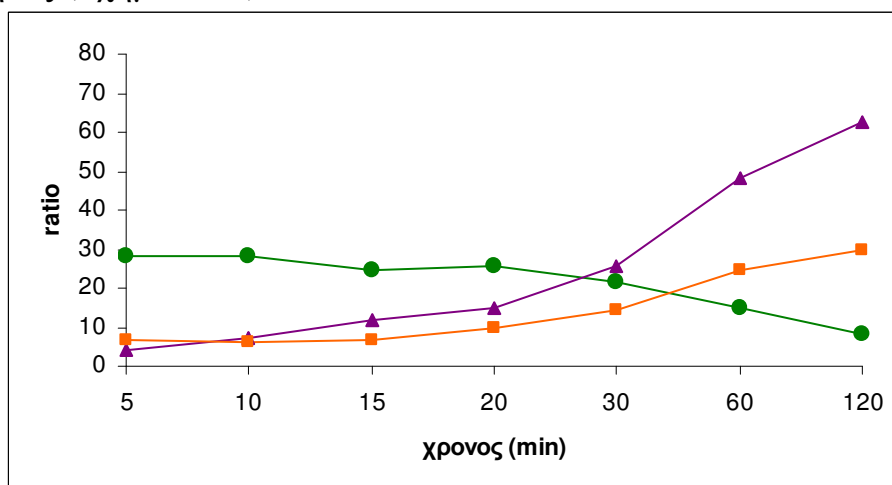
Την ίδια συμπεριφορά έχουν οι τιμές του Ratio όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS (σχήμα 3.61).



Σχήμα 3.61: Διακύμανση της τιμής Ratio σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual»

Στο διάγραμμα παρατηρείται ότι η διακύμανση του ratio είναι ίδια και για τις τρεις μέρες αφού οι γραμμές είναι σχεδόν παράλληλες. Τις πιο υψηλές τιμές παρουσιάζει το ratio στις 24/11 όπου ο δέκτης Trimble 4600LS μέτρησε για τρεις ώρες αντί για δύο που είναι ο συνήθης χρόνος μέτρησης.

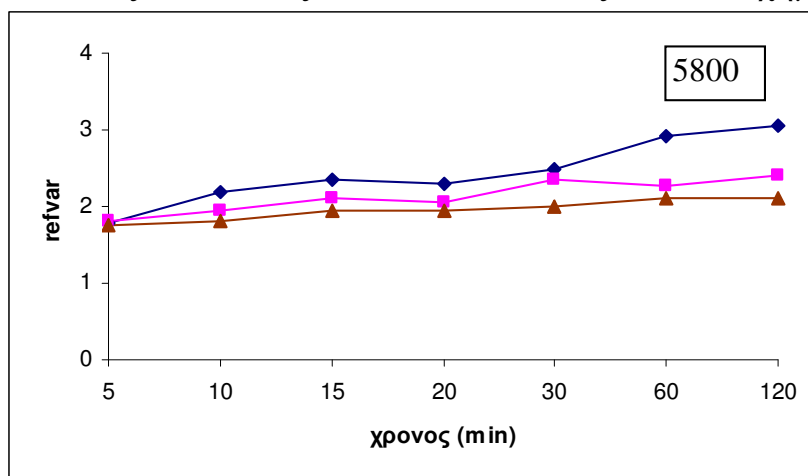
Όπως αποτυπώνεται στο γενικό διάγραμμα για κάθε δέκτη, οι τιμές του Ratio αυξάνονται όσο αυξάνεται ο χρόνος παρατήρησης για τους δύο δέκτες μονής συχνότητας. Αντίθετα, για το δέκτη 5800 η τιμή του ratio μειώνεται όσο αυξάνεται ο χρόνος παρατήρησης. Επομένως και για τις τρεις βάσεις ο δέκτης διπλής συχνότητας δίνει χαμηλότερο ratio όσο αυξάνεται ο χρόνος μέτρησης σε αντίθεση με τους δέκτες μονής συχνότητας (σχήμα 3.62).



Σχήμα 3.62: Διακύμανση της τιμής του Ratio σε σχέση με το χρόνο για κάθε δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual»

### Reference variance

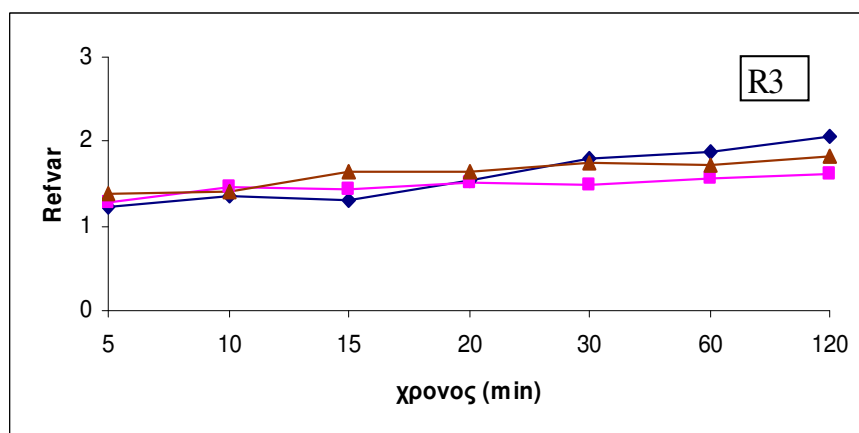
Οι μετρήσεις με το δέκτη Trimble 5800 έδωσαν τιμές από 1.76 (μέσος όρος των 5 min στις 21/10) έως 3.06 (120 min στις 19/12) (σχήμα 3.63)



Σχήμα 3.63: Διακύμανση της τιμής Reference Variance σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual»

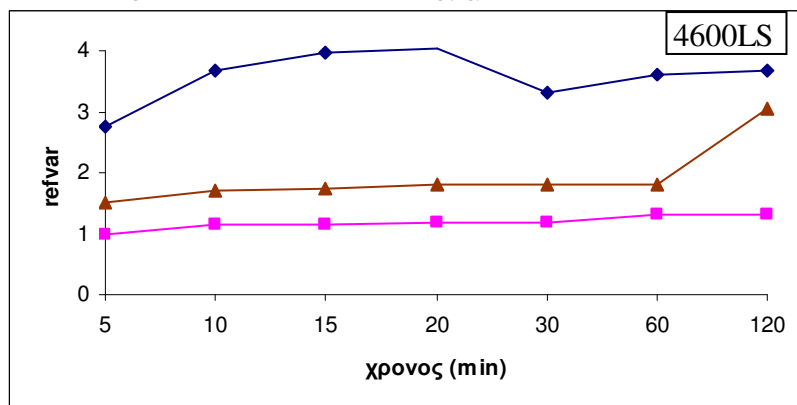
Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι η διακύμανση του reference variance είναι ίδια και για τις τρεις ημέρες αφού οι γραμμές είναι σχεδόν παράλληλες. Παρατηρείται ότι οι τιμές του reference variance παρουσιάζονται αυξημένες για τις δύο μικρότερες βάσεις σε σχέση με αυτές που έδωσαν οι μετρήσεις του δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α».

Αντίθετα μικρότερο εύρος παρουσιάζουν οι τιμές στις λύσεις που προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη R3. Οι τιμές ξεκινούν από 1.23 (μέσος όρος των 5 min στις 19/12) έως 2.04 (120 min στις 19/12) (σχήμα 3.64).



Σχήμα 3.64: Διακύμανση της τιμής Reference Variance σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual»

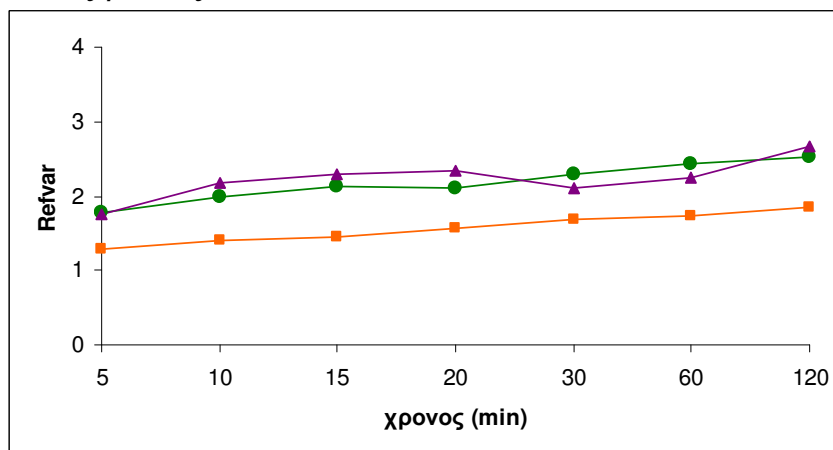
Μεγαλύτερο εύρος παρουσιάζουν οι λύσεις που προέκυψαν από τις μετρήσεις του δέκτη Trimble 4600LS (σχήμα 3.65).



Σχήμα 3.65: Διακύμανση της τιμής Reference Variance σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδαρίου-virtual»

Όπως παρατηρείται στο διάγραμμα οι τιμές του reference variance στις 24/11 παραμένουν σταθερές και κοντά στη μονάδα (στις 24/11 ο δέκτης 4600LS μέτρησε για τρεις ώρες αντί για δύο). Αντίθετα στις 19/12 οι τιμές του reference variance παρουσιάζονται αυξημένες, (από 2.7 έως 4.03) αλλά μέσα στα αποδεκτά όρια.

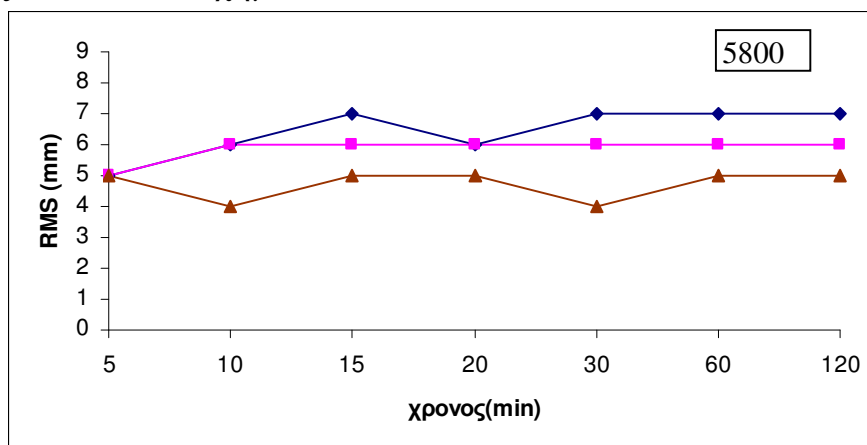
Όπως προκύπτει από το γενικό διάγραμμα (σχήμα 3.66) καλύτερες τιμές για το reference variance έδωσαν οι μετρήσεις με το δέκτη R3 ενώ τα ίδια επίπεδα τιμών έδωσαν οι μετρήσεις με το δέκτη 5800 και με το δέκτη 4600LS. Ενώ και για τους τρεις δέκτες το reference variance παρουσιάζει ανοδική πορεία σε σχέση με το χρόνο. Το ίδιο συμβαίνει και με τις δύο άλλες βάσεις.



Σχήμα 3.66: Διακύμανση της τιμής του Reference Variance σε σχέση με το χρόνο για κάθε δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδαρίου-virtual»

## RMS

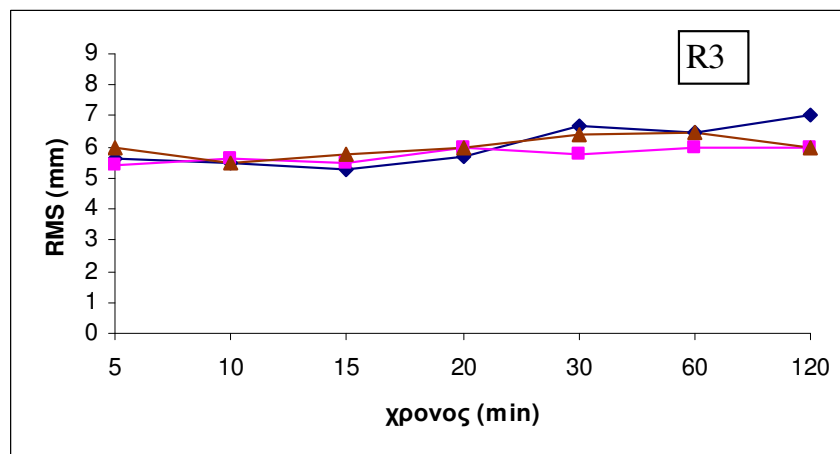
Το RMS των λύσεων από τις μετρήσεις του δέκτη Trimble 5800 είναι της τάξης των 6 mm (σχήμα 3.67).



Σχήμα 3.67: Διακύμανση του RMS σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual»

Το μικρότερο RMS είναι 4 mm και το μεγαλύτερο είναι 7 mm.

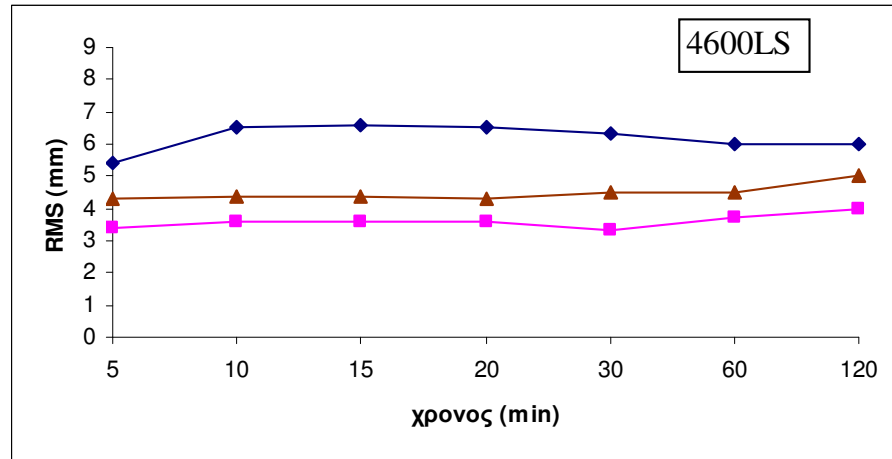
Το RMS των λύσεων από τις μετρήσεις του δέκτη R3 για κάθε μία ημέρα παρουσιάζεται στο σχήμα 3.68.



Σχήμα 3.68: Διακύμανση του RMS σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual»

Παρατηρείται ότι το RMS είναι της τάξης των 6 mm. Το μικρότερο RMS είναι 5.3 (μέσος όρος των 15 min στις 19/12) και το μεγαλύτερο 7 mm (120 min στις 19/12).

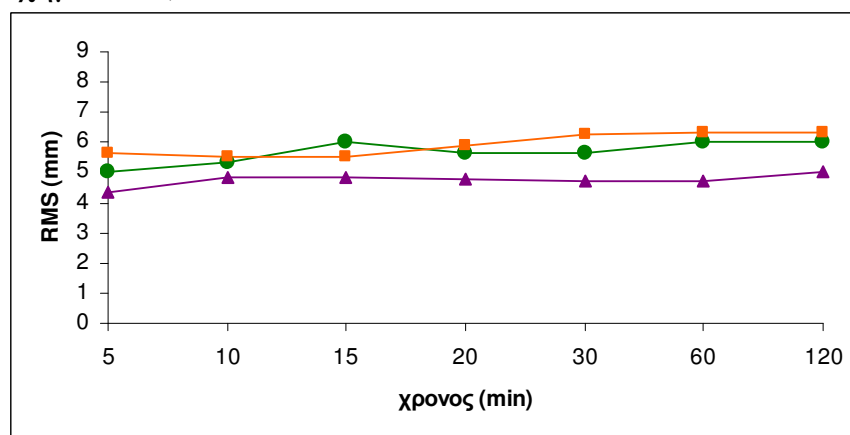
Το RMS των λύσεων από τις μετρήσεις του δέκτη 4600LS για κάθε ημέρα παρουσιάζεται στο σχήμα 3.69.



Σχήμα 3.69: Διακύμανση του RMS σε σχέση με το χρόνο για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual»

Το μικρότερο RMS είναι 3.3 mm (μέσος όρος των 30 min στις 24/11) και το μεγαλύτερο 6.6 mm (μέσος όρος των 15 min στις 19/12). Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι και για τις τρεις βάσεις οι μετρήσεις με το δέκτη Trimble 4600LS έδωσαν καλύτερες τιμές για τα μεγέθη ratio, reference variance και rms στις 24/11. Την ημέρα αυτή ο δέκτης 4600LS μέτρησε για τρεις ώρες αντί για δύο που είναι ο συνηθής χρόνος μέτρησης.

Οι μετρήσεις και με τους τρεις δέκτες έδωσαν την ίδια τάξη μεγέθους RMS για τις δύο μικρότερες βάσεις. Όπως αποτυπώνεται στο γενικό διάγραμμα το μικρότερο RMS έχουν οι λύσεις που προέκυψαν από τις μετρήσεις του δέκτη 4600LS (και για τις τρεις βάσεις), ενώ το RMS των λύσεων από τις μετρήσεις των δεκτών 5800 και R3 κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα (σχήμα 3.70).

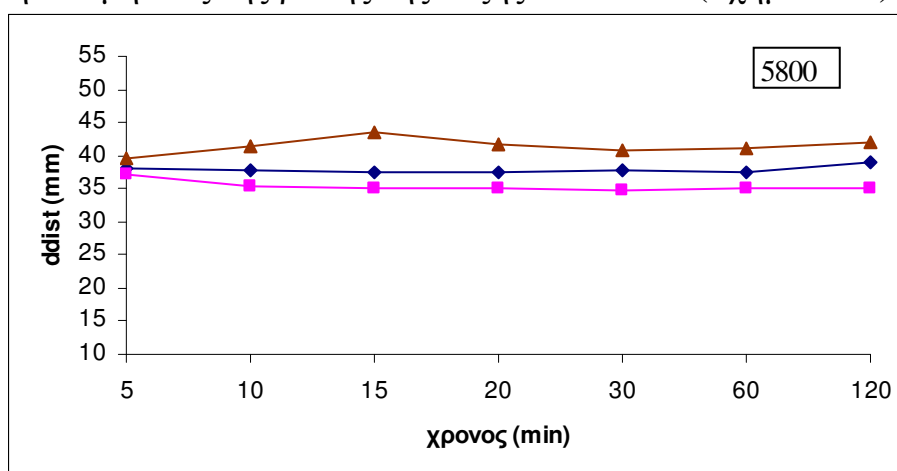


Σχήμα 3.70: Διακύμανση της τιμής του RMS σε σχέση με το χρόνο για κάθε δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual»

## Μεταβολή του μήκους της βάσης

Ως τιμή αναφοράς για τον προσδιορισμό της μεταβολής του μήκους της βάσης ορίστηκε η μέγιστη τιμή όλων των μηκών όπως προέκυψε από τις λύσεις της βάσης ανά όλα τα χρονικά διαστήματα από τις μετρήσεις όλων των δεκτών. Το μήκος της βάσης αυτό είναι **64.718 m**.

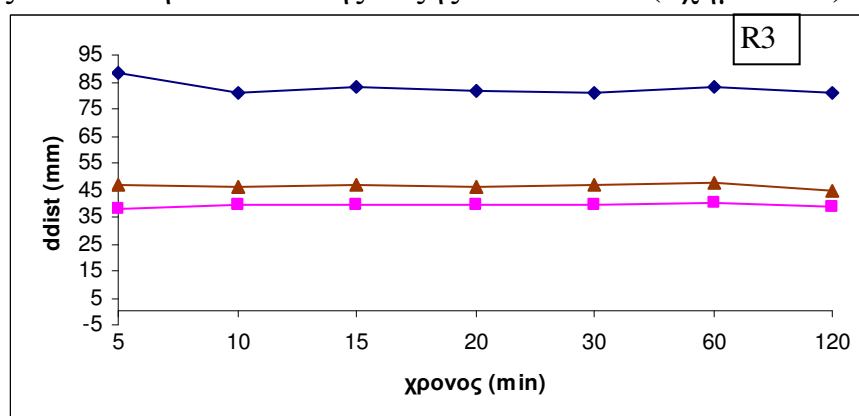
Οι λύσεις από τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 έδωσαν εύρος μεταβολή του μήκους της βάσης της τάξης των 9 mm (σχήμα 3.71).



Σχήμα 3.71: Διάγραμμα μεταβολής του μήκους της βάσης από τις μετρήσεις για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual»

Παρατηρείται ότι η διακύμανση και για τις τρεις ημέρες είναι της τάξης του 1 mm. Αυτό σημαίνει ότι ο προσδιορισμός του μήκους της βάσης από τις παρατηρήσεις του δέκτη 5800 είναι σχεδόν σταθερός.

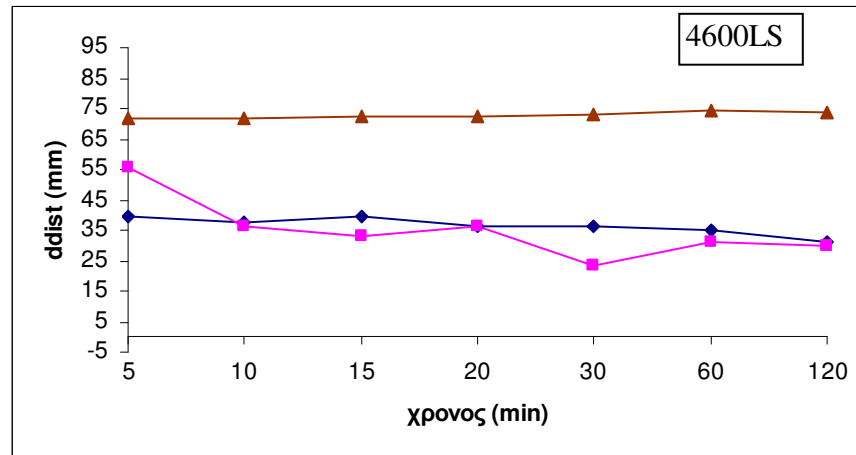
Το εύρος της μεταβολής του μήκους της βάσης σύμφωνα με τις μετρήσεις του δέκτη R3 είναι της τάξης των 51 mm (σχήμα 3.72).



Σχήμα 3.72: Διάγραμμα μεταβολής του μήκους της βάσης από τις μετρήσεις για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual»

Στο διάγραμμα παρατηρείται ότι η διακύμανση της μεταβολής είναι περίπου σταθερή αφού οι γραμμές είναι σχεδόν παράλληλες και τις τρεις ημέρες.

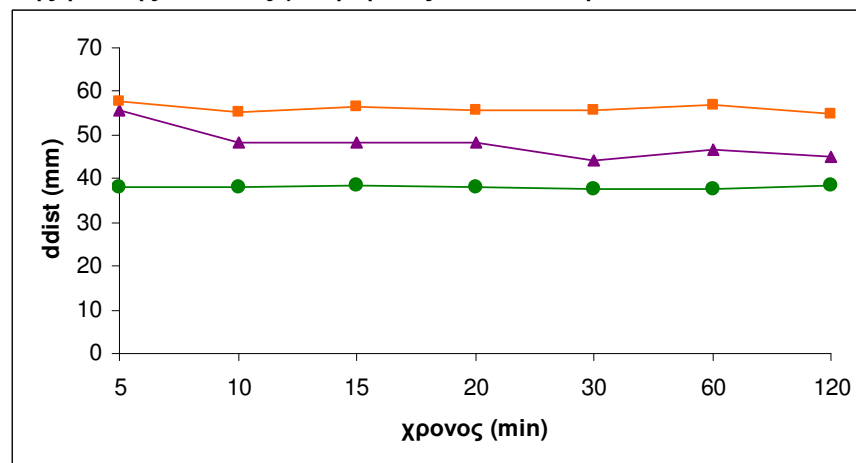
Το εύρος της μεταβολής του μήκους της βάσης από τις μετρήσεις του δέκτη Trimble 4600LS είναι της τάξης των 50 mm (σχήμα 3.73)



Σχήμα 3.73: Διάγραμμα μεταβολής του μήκους της βάσης από τις μετρήσεις για κάθε μία μέρα όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual»

Η διακύμανση της μεταβολής του μήκους της βάσης στις 24/11 είναι της τάξης των 32 mm ενώ για τις 19/12 είναι 8.4 mm και στις 21/10 είναι 2.7 mm.

Από το γενικό διάγραμμα προκύπτει ότι ο προσδιορισμός του μήκους της βάσης από τις μετρήσεις του δέκτη 5800 είναι σχεδόν σταθερός, όπως και στις άλλες δύο βάσεις. Μεγαλύτερη διακύμανση παρουσιάζει το μήκος της βάσης από τις μετρήσεις του δέκτη 4600LS.

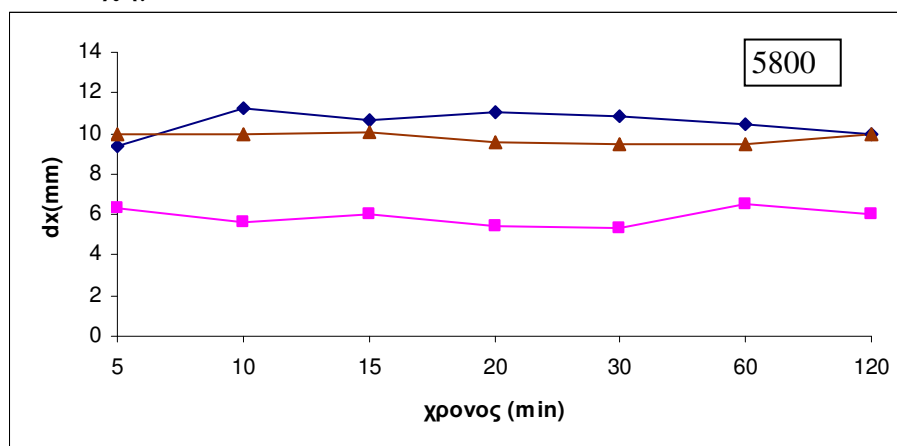


Σχήμα 3.74: Διάγραμμα μεταβολής του μήκους της βάσης από τις μετρήσεις για κάθε ένα από τους τρεις δέκτες για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual»

### Μεταβολή της συντεταγμένης $x_{\text{ΛΑΜΠΗ}}$

Ως τιμή αναφοράς για τον προσδιορισμό της μεταβολής της συντεταγμένης  $x$  ορίστηκε η μέγιστη τιμή όλων των  $x$  συντεταγμένων όπως αυτή προέκυψε από τις λύσεις της βάσης ανά όλα τα χρονικά διαστήματα από τις μετρήσεις όλων των δεκτών. Αυτή η  $x$  συντεταγμένη έχει τιμή **480547.767 m**.

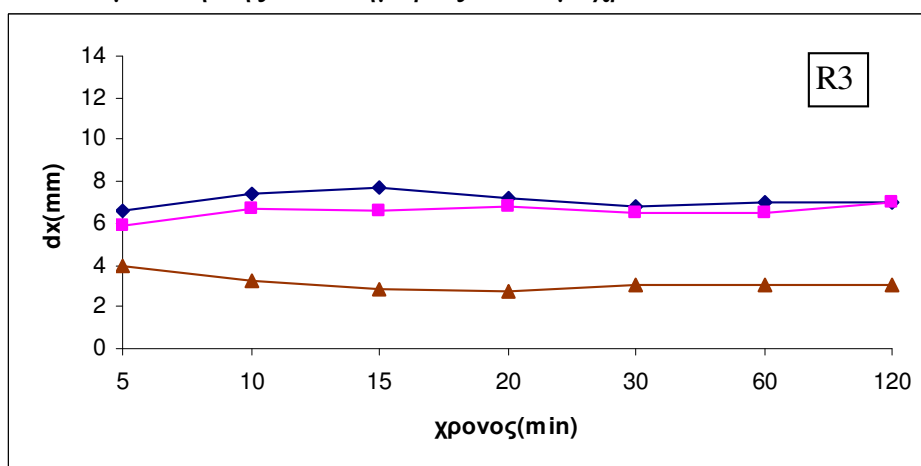
Το εύρος της μεταβολής  $x$  από τις μετρήσεις του δέκτη Trimble 5800 είναι 6 mm (σχήμα 3.75)



Σχήμα 3.75: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης  $x$  σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual»

Η διακύμανση της κάθε ημέρας είναι μέχρι 1.5 mm.

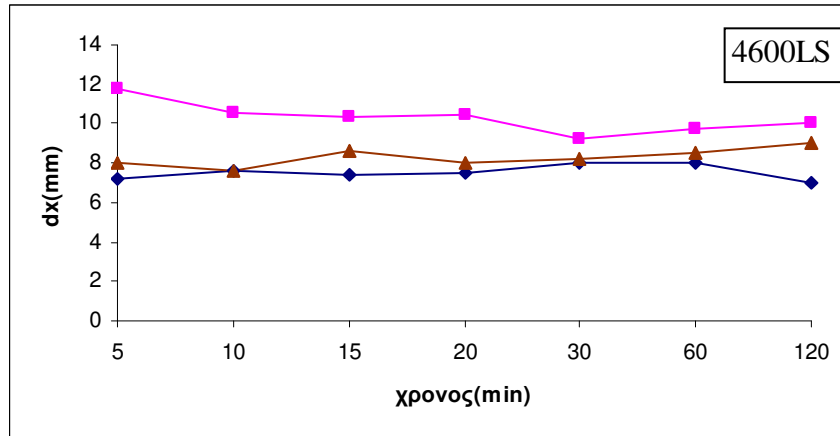
Οι μετρήσεις με το δέκτη R3 έδωσαν μεταβολή εύρους 5 mm (σχήμα 3.76). Η διακύμανση της κάθε ημέρας είναι μέχρι 1.5 mm



Σχήμα 3.76: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης  $x$  σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual»

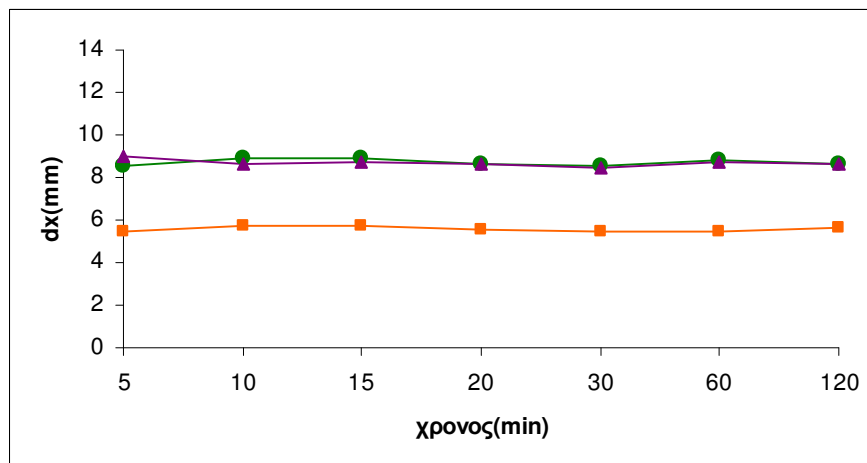
Το εύρος της μεταβολής από τις μετρήσεις του δέκτη 4600LS είναι της τάξης των 5 mm (σχήμα 3.77).





Σχήμα 3.77: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης  $x$  σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual»

Στη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual» παρατηρείται ότι ο προσδιορισμός της συντεταγμένης  $x$  είναι σταθερός και για τους τρεις δέκτες, αφού όπως φαίνεται και στο γενικό διάγραμμα η διακύμανση δεν ξεπερνάει το 1.5 mm.

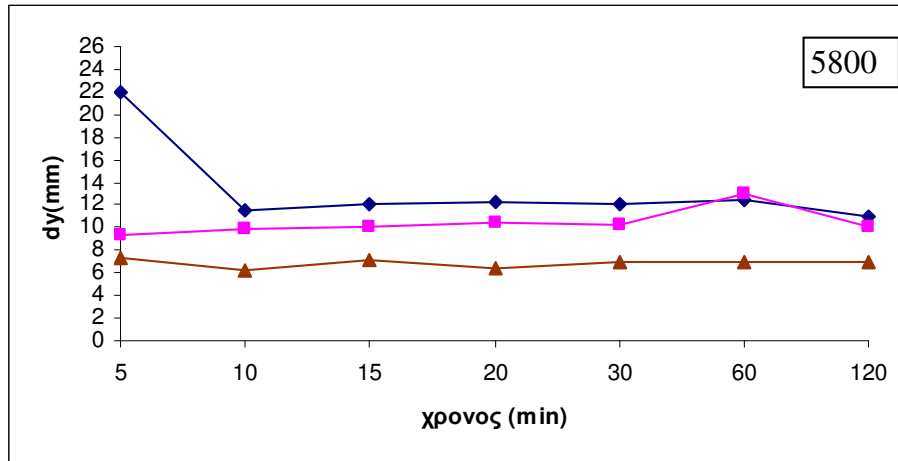


Σχήμα 3.78: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης  $x$  σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων καθενός δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual»

### Μεταβολή της συντεταγμένης $y_{\text{LAMP}}$

Ως τιμή αναφοράς για τον προσδιορισμό της μεταβολής της συντεταγμένης  $y$  ορίστηκε η μέγιστη τιμή όλων των  $y$  συντεταγμένων όπως αυτή προέκυψε από τις λύσεις της βάσης ανά όλα τα χρονικά διαστήματα από τις μετρήσεις όλων των δεκτών. Αυτή η  $y$  συντεταγμένη έχει τιμή **4202792.151 m**.

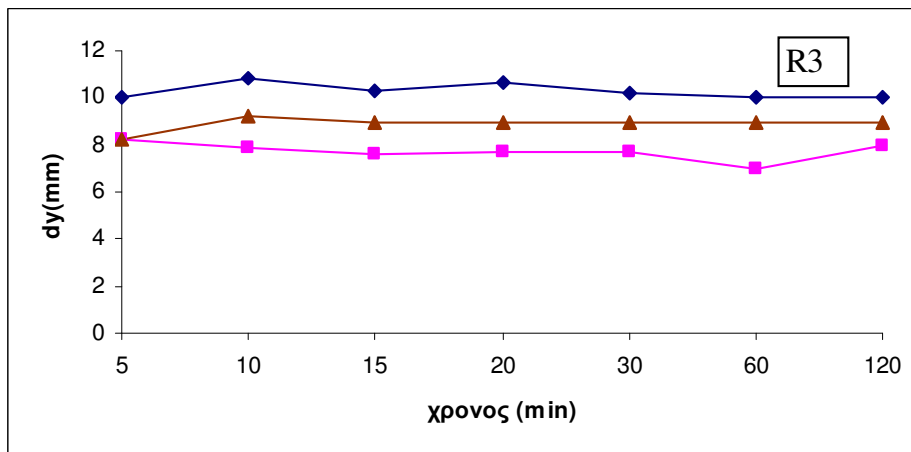
Το εύρος της μεταβολής της συντεταγμένης  $y$  από τις μετρήσεις του δέκτη Trimble 5800 είναι περίπου 16 mm (σχήμα 3.79).



Σχήμα 3.79: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης  $y$  σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual»

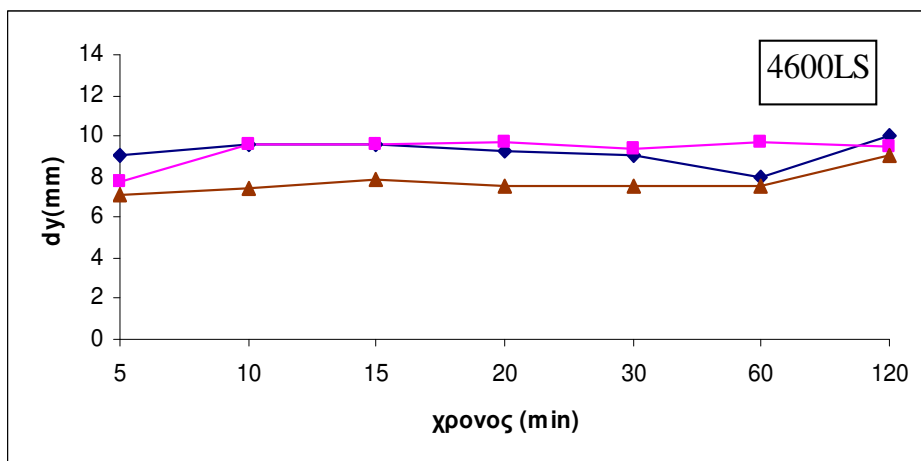
Η διακύμανση της μεταβολής της συντεταγμένης  $y$  στις 19/12 είναι 11 mm ενώ για τις άλλες δύο ημέρες δεν ξεπερνά τα 2 mm.

Οι μετρήσεις με το δέκτη R3 έδωσαν μεταβολή εύρους περίπου 4 mm. (σχήμα 3.80). Η διακύμανση της μεταβολής της συντεταγμένης  $y$  και στις τρεις ημέρες δεν ξεπερνά το 1 mm.



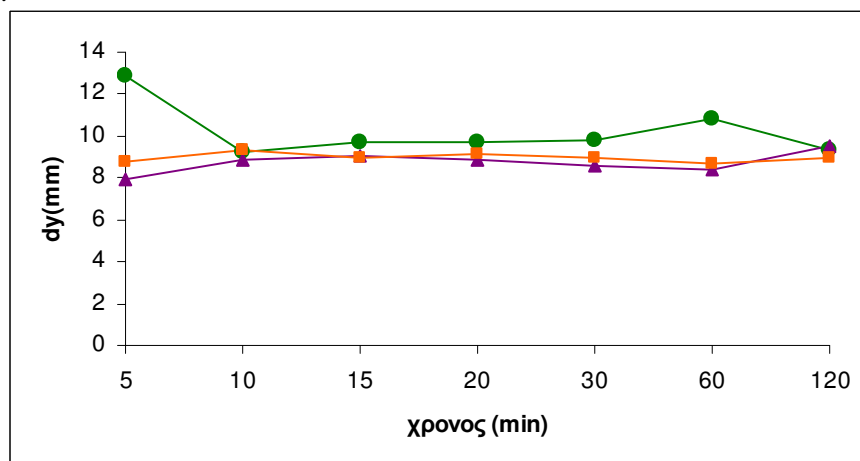
Σχήμα 3.80: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης  $y$  σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual»

Το εύρος της μεταβολής της συντεταγμένης  $y$  από τις παρατηρήσεις με το δέκτη 4600LS είναι περίπου 3 mm (σχήμα 3.81). Η διακύμανση της μεταβολής της συντεταγμένης είναι περίπου 2 mm και για τις τρεις ημέρες.



Σχήμα 3.81: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης  $y$  σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual»

Από το γενικό διάγραμμα προκύπτει ότι τον πιο σταθερό προσδιορισμό της συντεταγμένης  $y$  δίνουν οι μετρήσεις του δέκτη 4600LS. Γενικά ο προσδιορισμός της συντεταγμένης  $y$  είναι σταθερός αφού για κανένα δέκτη η διακύμανση της μεταβολής δεν ξεπερνάει τα 3 mm (σχήμα 3.82)

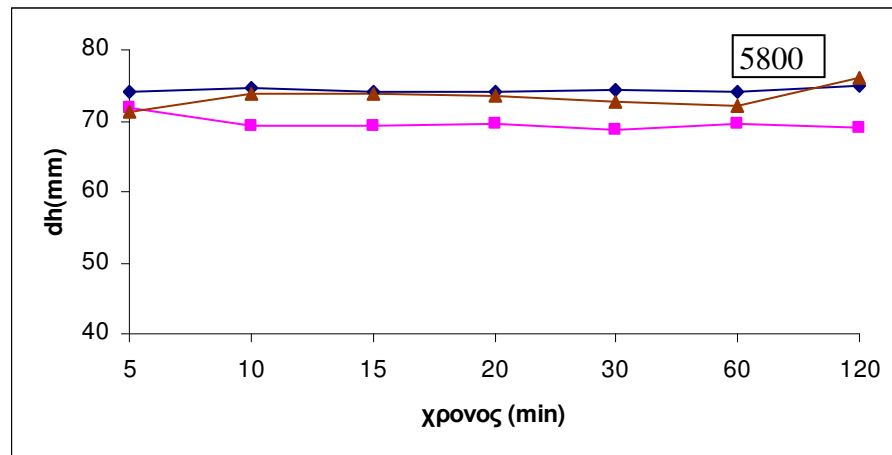


Σχήμα 3.82: Διάγραμμα μεταβολής της συντεταγμένης  $y$  σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων καθενός δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual»

### Μεταβολή γεωμετρικού υψομέτρου $h$

Ως τιμή αναφοράς για τον προσδιορισμό της μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου ορίστηκε η μέγιστη τιμή όλων των γεωμετρικών υψομέτρων όπως αυτό προέκυψε από τις λύσεις της βάσης ανά όλα τα χρονικά διαστήματα από τις μετρήσεις όλων των δεκτών. Το υψόμετρο αυτό είναι **220.926 m**.

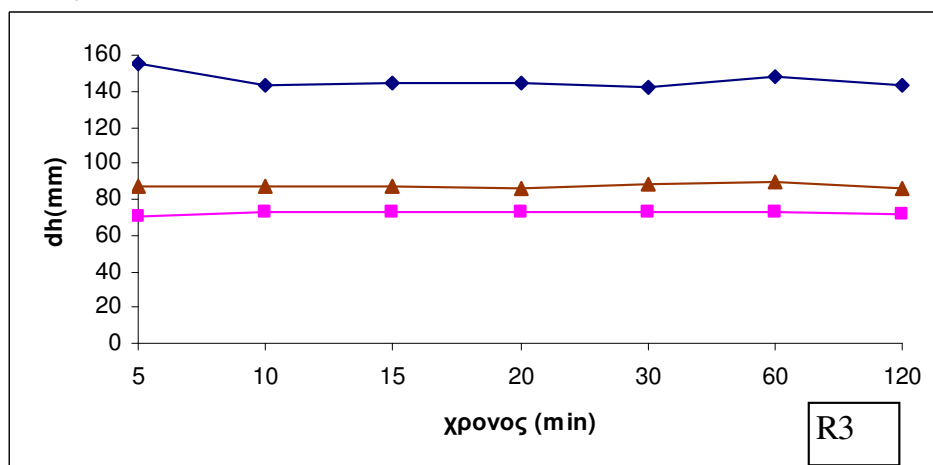
Το εύρος της μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου από τις μετρήσεις του δέκτη Trimble 5800 είναι 7.3 mm. (σχήμα 3.83).



Σχήμα 3.83: Διάγραμμα μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου  $h$  σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 5800 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual»

Παρατηρείται ότι ο προσδιορισμός είναι σταθερός όπως και στις άλλες δύο βάσεις καθώς η διακύμανση της κάθε ημέρας είναι πολύ μικρή.

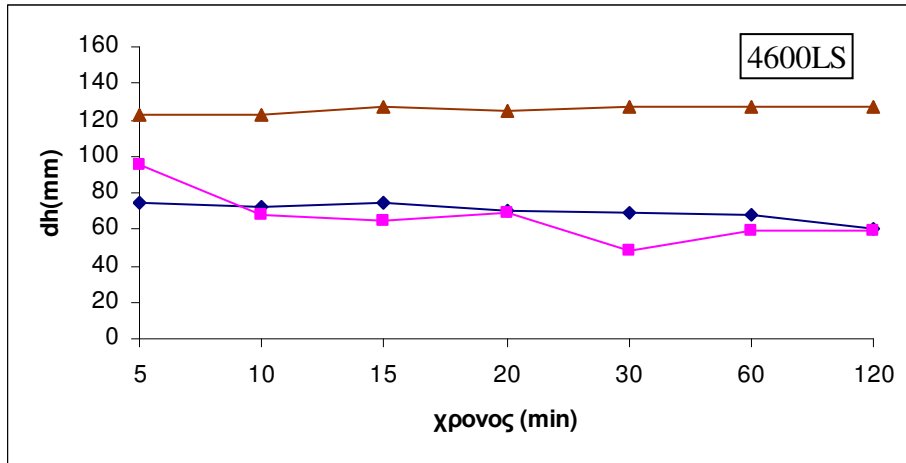
Το εύρος της μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου από τις μετρήσεις του δέκτη R3 είναι πολύ αυξημένο σε σχέση με τις μετρήσεις του 5800 αφού είναι 85 mm.



Σχήμα 3.84: Διάγραμμα μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου  $h$  σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual»

Ο προσδιορισμός του υψομέτρου είναι σταθερό αφού η διακύμανση και για τις τρεις ημέρες δεν ξεπερνάει τα 2 mm.

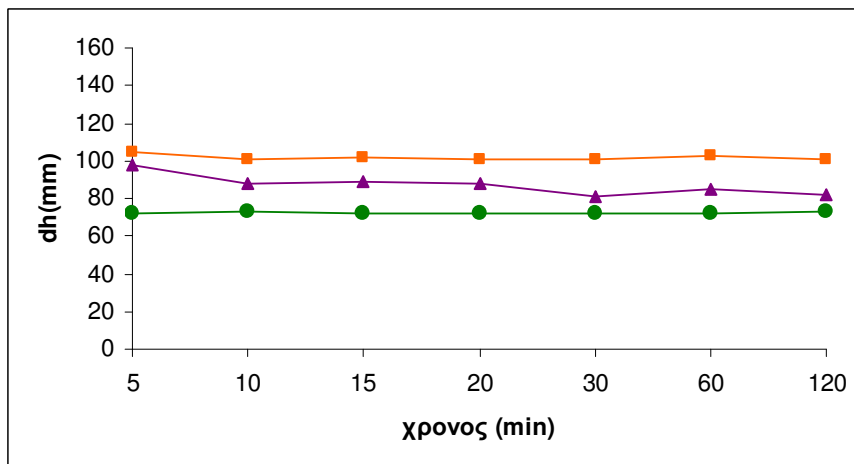
Ίδιας τάξης εύρους μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου παρατηρείται και στα αποτελέσματα των μετρήσεων με το δέκτη 4600LS. (σχήμα 3.85).



Σχήμα 3.85: Διάγραμμα μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου  $h$  σύμφωνα με τις μετρήσεις με το δέκτη 4600LS για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual»

Ωστόσο η διακύμανση της μεταβολής στις 24/11 είναι αυξημένη αφού πλησιάζει τα 36 mm.

Από το γενικό διάγραμμα παρατηρείται ότι κάθε δέκτης έχει σταθερό προσδιορισμό του γεωμετρικού υψομέτρου.



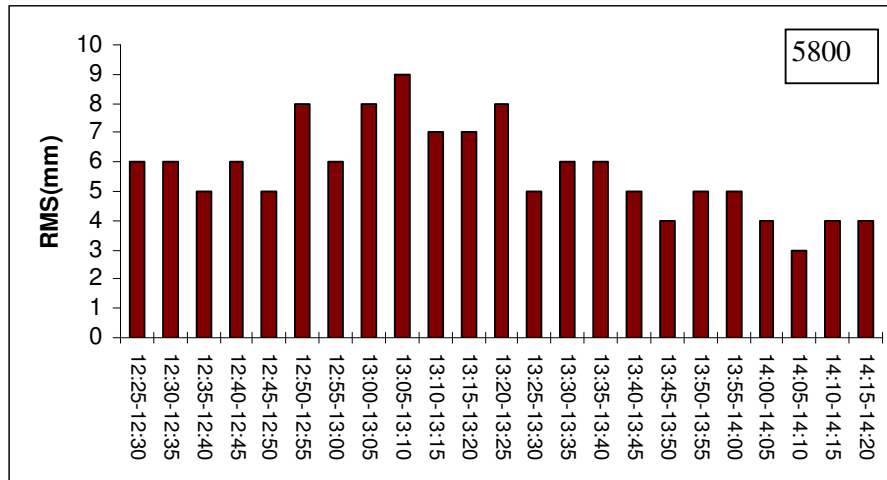
Σχήμα 3.86: Διάγραμμα μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου  $h$  σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων καθενός δέκτη για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual»

### 3.3 Συγκριτική αξιολόγηση του δείκτη RMS των τριών δεκτών στα χρονικά διαστήματα των 5 και 10 min

Σε αυτή την ενότητα μελετάται η μεταβολή του δείκτη RMS στα χρονικά διαστήματα των 5 και 10 min (όσα λύθηκαν) για κάθε δέκτη. Ενδεικτικά μελετήθηκε η διακύμανση του RMS ανάμεσα στα χρονικά

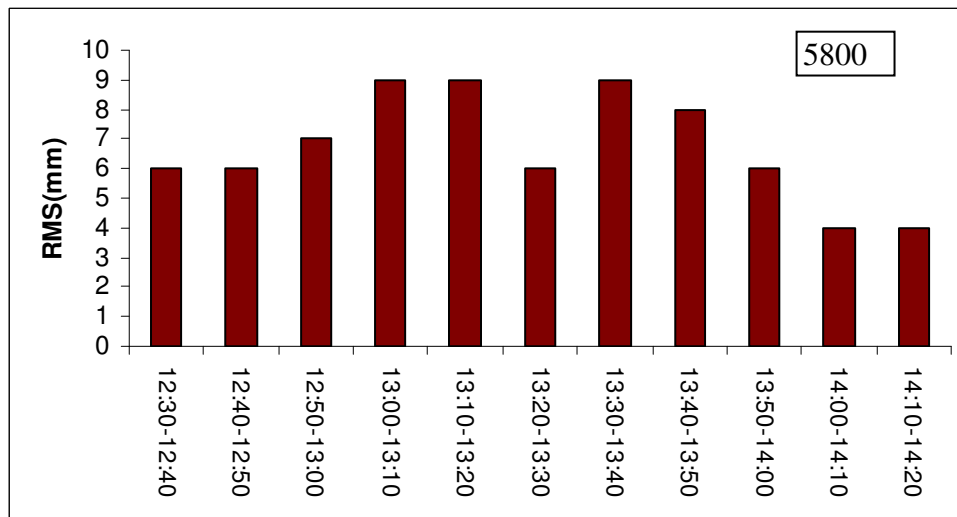
διαστήματα των 5 και 10 min για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098Α» όπως αυτή προέκυψε από τις μετρήσεις στις 24/11.

Παρατηρήθηκε ότι οι μετρήσεις του δέκτη 5800 έδωσαν λύσεις για όλα τα πεντάλεπτα διαστήματα του δώρου στο οποίο μέτρησε ο δέκτης (σχήμα 3.87)



Σχήμα 3.87: Αποτελέσματα του RMS σε κάθε 5 min του δώρου μετρήσεων με το δέκτη 5800

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι το RMS έχει διαφορετική τιμή σε κάθε 5 min και κυμαίνεται από 3 έως 9 mm. Στα ίδια επίπεδα τιμών κυμαίνεται το RMS και στα 10 min του δώρου (σχήμα 3.88).

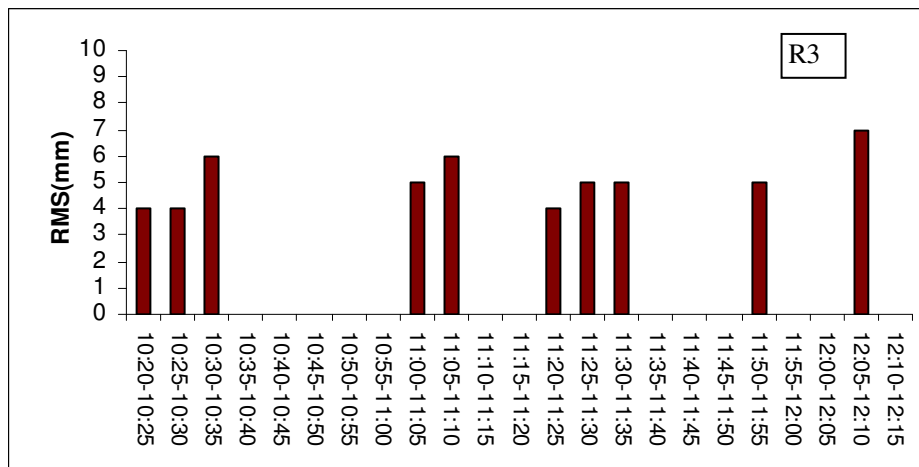


Σχήμα 3.88: Αποτελέσματα του RMS σε κάθε 10 min του δώρου μετρήσεων με το δέκτη 5800

Παρατηρείται ότι η τιμή του RMS στα 10 min του δώρου κυμαίνεται από 4 έως 9 mm.

Όσον αφορά τις μετρήσεις από τους δέκτες μονής συχνότητας 4600LS και R3, αυτές δεν έδωσαν λύσεις για όλα τα 5min των δώρων στα οποία μέτρησαν. Ωστόσο για όσα 5 min λύθηκαν, οι τιμές του RMS είναι

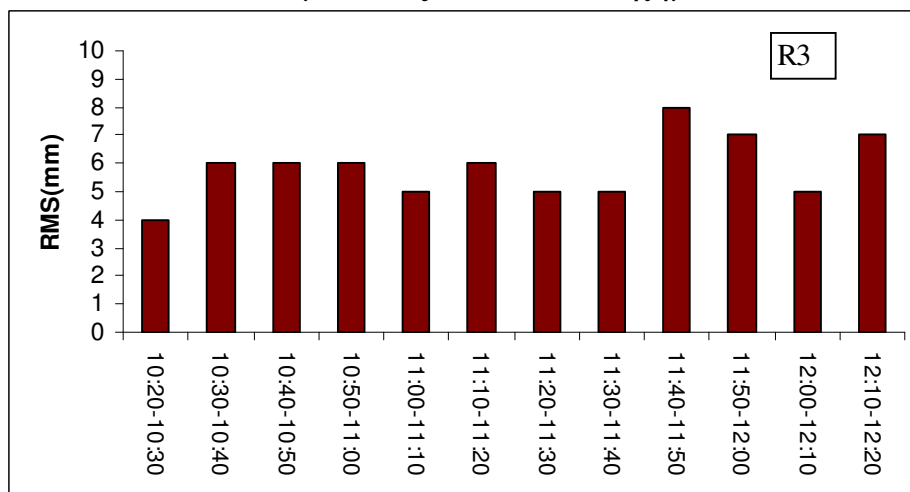
μικρότερες από τις τιμές που έδωσαν οι μετρήσεις του δέκτη 5800. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται τα αποτελέσματα του RMS από τις μετρήσεις του δέκτη R3.



Σχήμα 3.89: Αποτελέσματα του RMS σε κάθε 5 min του δίωρου μετρήσεων με το δέκτη R3

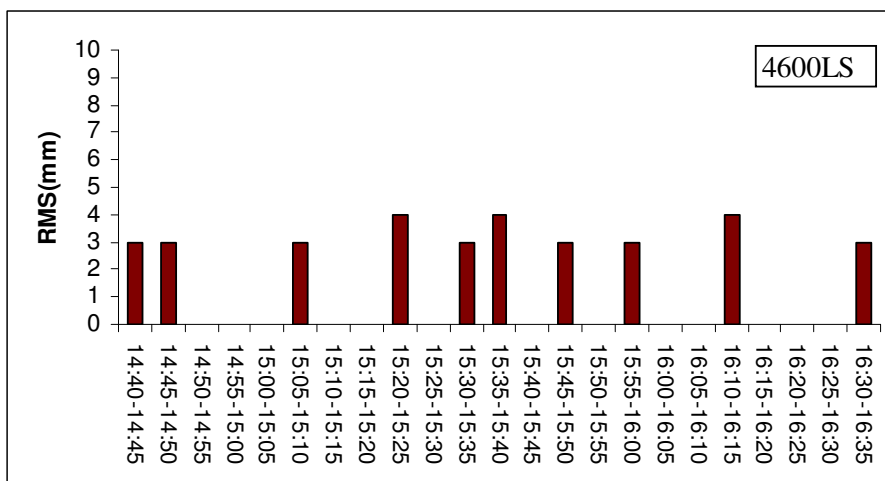
Όπως παρατηρείται από τα 24 πεντάλεπτα ο δέκτης R3 έλυσε τη βάση «κτίριο Λαμπαδάριου-098Α» για τα δέκα. Για αυτά οι τιμές κυμαίνονται από 4 έως 7 mm.

Ακόμα ο δέκτης R3 έδωσε λύσεις για όλα τα 10 min και οι τιμές του RMS ήταν στα ίδια επίπεδα με αυτές των 5 min (σχήμα 3.90).



Σχήμα 3.90: Αποτελέσματα του RMS σε κάθε 10 min του δίωρου μετρήσεων με το δέκτη R3

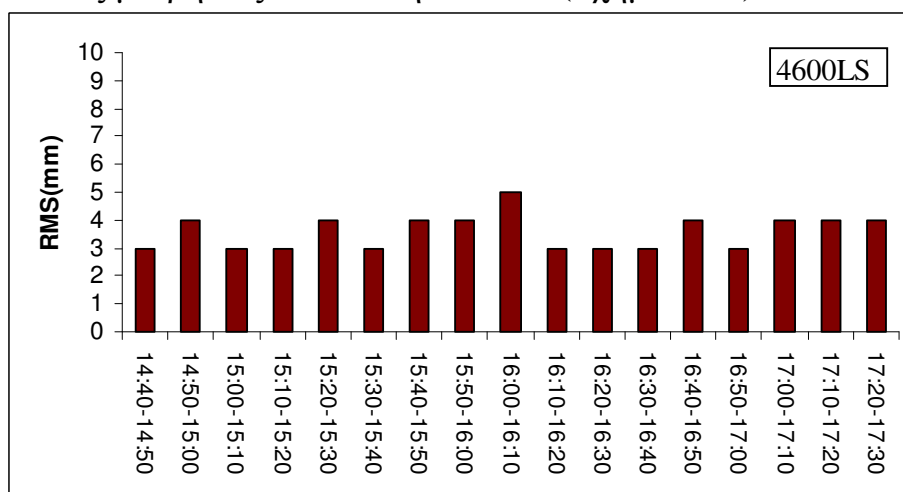
Μικρότερες τιμές του RMS έδωσαν οι λύσεις της βάσης «κτίριο Λαμπαδάριου-098Α» για όσα πεντάλεπτα λύθηκαν (10 από τα 33) από τις παρατηρήσεις του δέκτη 4600LS (σχήμα 3.91).



Σχήμα 3.91: Αποτελέσματα του RMS σε κάθε 5 min του τρίωρου μετρήσεων με το δέκτη 4600LS

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται ότι οι τιμές του RMS κυμαίνονται από 3 έως 4 mm (το RMS επομένως διατηρείται σχεδόν σταθερό).

Στα ίδια επίπεδα κυμαίνονται και οι τιμές του RMS των λύσεων των 10 min από τις μετρήσεις του δέκτη 4600LS (σχήμα 3.92)



Σχήμα 3.92: Αποτελέσματα του RMS σε κάθε 10 min του τρίωρου μετρήσεων με το δέκτη 4600LS

Από τα παραπάνω διαγράμματα συμπεραίνεται ότι κάποιες λύσεις των 10 min δίνουν RMS κατά 1 mm μεγαλύτερο από ότι οι λύσεις των 5 min. Άρα το RMS δεν εξαρτάται από το χρόνο παρατήρησης.

Επίσης οι δέκτες μονής συχνότητας έδωσαν λύσεις για λιγότερα πεντάλεπτα από ότι ο διπλής, αλλά με πολύ μικρότερο RMS.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

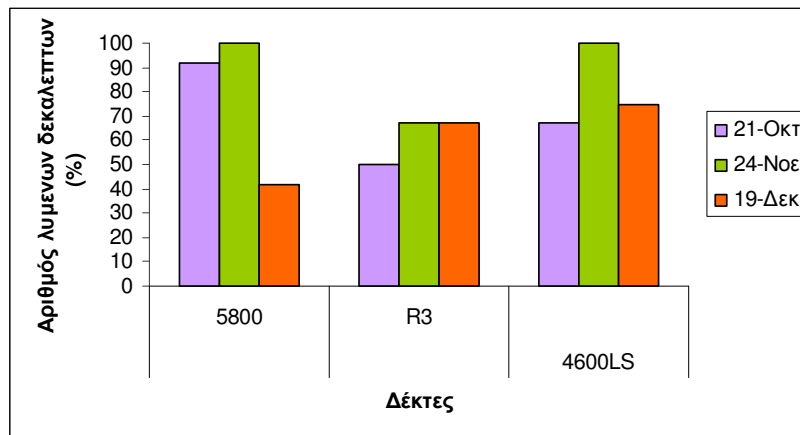
#### 4.1 Συμπεράσματα

Αντικείμενο της μεταπτυχιακής εργασίας είναι η αξιολόγηση της αβεβαιότητας προσδιορισμού θέσης, χρησιμοποιώντας δεδομένα των μόνιμων σταθμών του Heros, και εφαρμόζοντας τη μέθοδο του στατικού εντοπισμού.

Χρησιμοποιήθηκαν τρεις διαφορετικού τύπου δέκτες του δορυφορικού εντοπισμού (GPS), δύο μονής συχνότητας (Trimble 4600LS & R3) και ένας δύο συχνοτήτων (Trimble 5800).

Προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α» μήκους 23 km περίπου, οι δύο δέκτες μονής συχνότητας 4600LS και R3 δεν έδωσαν λύσεις για το χρονικό διάστημα των 5 min. Ο διπλής συχνότητας δέκτης 5800 δεν έδωσε λύσεις στο χρονικό διάστημα των 5 min μόνο στις 21/10. Και οι τρεις δέκτες έδωσαν λύσεις στο χρονικό διάστημα των 10 min. Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται το ποσοστό των δεκάλεπτων στα οποία επιλύθηκε η βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α» και για τους τρεις δέκτες από τις μετρήσεις και των τριών ημερών.

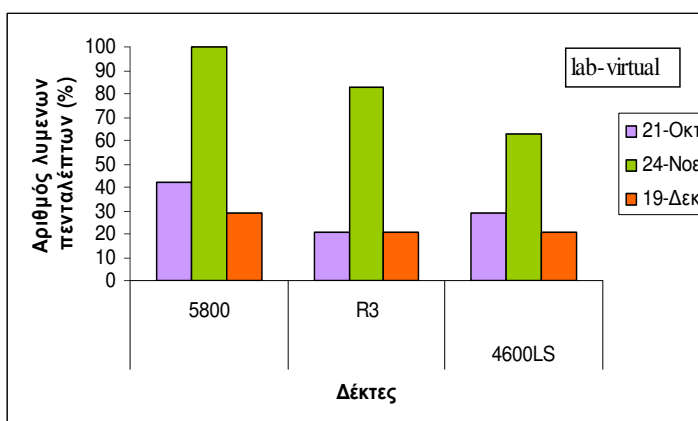
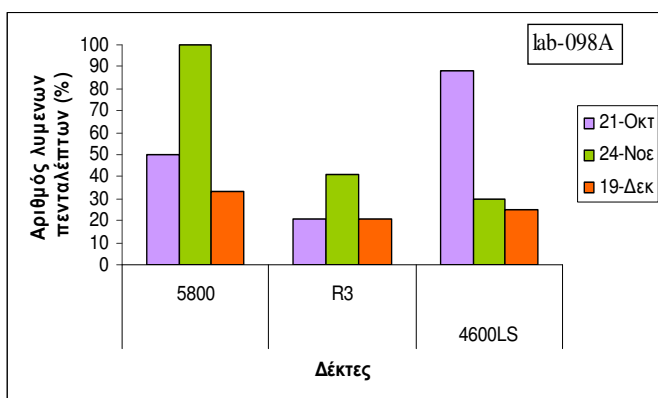


Σχήμα 4.1: Διάγραμμα ποσοστών επιλυμένων δεκάλεπτων ανά ημέρα και ανά δέκτη

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται ότι το ποσοστό των επιλυμένων δεκάλεπτων των δεκτών Trimble 4600LS και 5800 είναι περίπου το ίδιο. Μάλιστα από τις μετρήσεις του δέκτη 4600LS στις 19/12 η βάση επιλύθηκε στο 72% των δεκάλεπτων ενώ από τις μετρήσεις του δέκτη 5800 στο 45%.

Αξίζει να σημειωθεί ότι εκείνη την ημέρα το δίωρο που μέτρησε ο δέκτης 5800, οι περισσότεροι δορυφόροι είχαν διακοπτόμενο σήμα.

- Για τη βάσεις «βάθρο Λαμπαδάριου -098Α» μήκους 4.5 km και «βάθρο Λαμπαδάριου – virtual» μήκους 65 m περίπου υπήρξαν λύσεις στα 5 min από τις μετρήσεις όλων των δεκτών για όλες τις ημέρες το ποσοστών των οποίων φαίνεται στα παρακάτω διαγράμματα.



Σχήμα 4.2: Διαγράμματα ποσοστών επιλυμένων πεντάλεπτων ανά ημέρα και ανά δέκτη για τις βάσεις «βάθρο Λαμπαδάριου -098Α» και «βάθρο Λαμπαδάριου – virtual»

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι οι μετρήσεις του δέκτη 5800 έδωσαν λύσεις και για τις δύο βάσεις σε όλα τα πεντάλεπτα του δίωρου στις 24/11, ενώ για τις άλλες ημέρες δεν παρατηρείται ιδιαίτερη διαφοροποίηση σε σχέση με τα ποσοστά των δεκτών μονής συχνότητας.

Επομένως για βάσεις κάτω των 5 km, για το αν λυθεί μία βάση στο διάστημα των 5 min εξαρτάται από το σήμα και τον αριθμό των δορυφόρων και όχι από το αν ο δέκτης είναι μονής ή διπλής συχνότητας.

Για όλες τις βάσεις και για όλους τους δέκτες ο ενδεδειγμένος χρόνος παρατήρησης είναι τα 15 min. Ύστερα από αυτόν το χρόνο δεν παρατηρείται ουσιαστική βελτίωση των αποτελεσμάτων.

- Όσο αυξάνεται ο χρόνος παρατήρησης για τους δέκτες μονής συχνότητας 4600LS και R3, το ratio αυξάνεται. Αντίθετα το ratio μειώνεται όσο αυξάνεται ο χρόνος παρατήρησης για το δέκτη διπλής συχνότητας 5800. Μάλιστα για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008A» το ratio που έδωσαν οι μετρήσεις του δέκτη 5800 παρουσιάζει μικρή διακύμανση τιμών.  
Επομένως για τις βάσεις κάτω των 5 Km οι δέκτες μονής συχνότητας δίνουν καλύτερα αποτελέσματα.
- Για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008A» (η οποία έχει μήκος περίπου 23 km), οι μετρήσεις με το δέκτη διπλής συχνότητας έδωσαν reference variance κοντά στη μονάδα. Αντίθετα για τις δύο μικρότερες βάσεις (η μία έχει μήκος 4.5 km περίπου και η άλλη 64 m) οι τιμές του reference variance ήταν αρκετά μεγαλύτερη από τη μονάδα.
- Οι δύο δέκτες μονής συχνότητας έδωσαν αυξημένες τιμές του reference variance για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008A». Μάλιστα οι μετρήσεις του δέκτη 4600LS στις 19/12 έδωσαν reference variance περίπου 13 το οποίο είναι μη αποδεκτό. Αντίθετα για τις βάσεις «βάθρο Λαμπαδάριου-098A» και «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual» οι τιμές που έδωσαν είναι κοντά στη μονάδα. Και για τις τρεις βάσεις, όσο αυξάνεται ο χρόνος παρατήρησης και των τριών δεκτών, το reference variance παρουσιάζει μικρή αύξηση.  
Επομένως για τις μετρήσεις των βάσεων μήκους πάνω από 5 km οι δέκτες διπλής συχνότητας δίνουν καλύτερα αποτελέσματα.
- Το RMS είναι ανεξάρτητο του χρόνου παρατήρησης. Οι μετρήσεις με το δέκτη μονής συχνότητας 4600LS και για τις τρεις βάσεις έδωσαν το μικρότερο RMS από ότι οι άλλοι δύο δέκτες. Συγκεκριμένα:

<b>«Βάθρο Λαμπαδάριου-008A»</b>	
5800	14.7 mm
R3	10.1 mm
4600LS	8.5 mm
<b>«Βάθρο Λαμπαδάριου-098A»</b>	
5800	5.8 mm
R3	6.2 mm
4600LS	4.9 mm

<b>«Βάθρο Λαμπαδάριου-virtual»</b>	
5800	5.7 mm
R3	5.9 mm
4600LS	4.8 mm

Πίνακας 4.1: Αποτελέσματα του RMS για κάθε βάση όπως αυτό προέκυψε από τις μετρήσεις κάθε δέκτη

Από τα παραπάνω αποτελέσματα παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο RMS έχει η βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008A» ενώ για τις δύο μικρότερες βάσεις το RMS κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα. Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι το RMS είναι ανεξάρτητο από το αν ο δέκτης είναι μονής ή διπλής συχνότητας.

- Όσον αφορά το εύρος και τη διακύμανση της μεταβολής του μήκους των βάσεων τα αποτελέσματα είναι τα εξής:

<b>«Βάθρο Λαμπαδάριου-008A»</b>			
	Εύρος (mm)	Διακύμανση ανά ημέρα (εξωτερική ακρίβεια) (mm)	Διακύμανση ανά δέκτη (εσωτερική ακρίβεια) (mm)
5800	20	20-2	8.4
R3	134	102-1	55.9
4600LS	10	10-4	4.4
<b>«Βάθρο Λαμπαδάριου-098A»</b>			
	Εύρος (mm)	Διακύμανση ανά ημέρα (εξωτερική ακρίβεια) (mm)	Διακύμανση ανά δέκτη (εσωτερική ακρίβεια) (mm)
5800	4	0.7-1	0.8
R3	7	7-2	2.1
4600LS	5	1.3-2.7	1.6
<b>«Βάθρο Λαμπαδάριου-virtual»</b>			
	Εύρος (mm)	Διακύμανση ανά ημέρα (εξωτερική ακρίβεια) (mm)	Διακύμανση ανά δέκτη (εσωτερική ακρίβεια) (mm)
5800	9	1	0.9
R3	51	7.5-2.5	2.8
4600LS	50	32-3	10.6

Πίνακας 4.2: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα του εύρους και της διακύμανσης του μήκους των τριών βάσεων ανά ημέρα και ανά δέκτη

Παρατηρείται ότι τη μικρότερη αβεβαιότητα προσδιορισμού του μήκους την έχει η βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-098A»

Από τον παραπάνω πίνακα συμπεραίνεται ότι για τις δύο μικρότερες βάσεις την καλύτερη εσωτερική και εξωτερική ακρίβεια προσδιορισμού του μήκους έχει ο δέκτης 5800, ενώ για τη μεγάλη ο δέκτης 4600LS.

- Όσον αφορά το εύρος και τη διακύμανση της μεταβολής των συντεταγμένων  $x$  και  $y$  του βάθρου του Λαμπαδάριου τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

<b>«Βάθρο Λαμπαδάριου-008Α»</b>						
	Εύρος (mm)		Διακύμανση ανά ημέρα (εξωτερική ακρίβεια) (mm)		Διακύμανση ανά δέκτη (εσωτερική ακρίβεια) (mm)	
	$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$
5800	6	3	2-8	0.8-2	4.3	1.7
R3	20	11	1-15	0.2-11	4	3.8
4600LS	10	1	2.5-3.5	0.2-0.6	2.4	0.3
<b>«Βάθρο Λαμπαδάριου-098Α»</b>						
	Εύρος (mm)		Διακύμανση ανά ημέρα (εξωτερική ακρίβεια) (mm)		Διακύμανση ανά δέκτη (εσωτερική ακρίβεια) (mm)	
	$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$
5800	7	5	1-2	2.3-1.6	1	1
R3	6	5	2-4	0.5-5	2.6	1.5
4600LS	6	5	1.5-2	1-2.5	2.5	0.8
<b>«Βάθρο Λαμπαδάριου-virtual»</b>						
	Εύρος (mm)		Διακύμανση ανά ημέρα (εξωτερική ακρίβεια) (mm)		Διακύμανση ανά δέκτη (εσωτερική ακρίβεια) (mm)	
	$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$
5800	7	5	1-2	2.3-1.6	1	1
R3	6	5	2-4	0.5-5	2.6	1.5
4600LS	6	5	1.5-2	1-2.5	2.5	0.8

*Πίνακας 4.3: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα του εύρους και της διακύμανσης των συντεταγμένων  $x$  και  $y$  ανά ημέρα και ανά δέκτη*

Από τα παραπάνω αποτελέσματα προκύπτει ότι ο προσδιορισμός των συντεταγμένων  $x$  και  $y$  είναι ιδιαίτερα σταθερός.

Μεγάλο εύρος παρουσιάζει η μεταβολή της συντεταγμένης  $x$  από τις μετρήσεις των δεκτών 4600LS και R3 για τη βάση «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α» σε σχέση με τις άλλες δύο βάσεις.

Επομένως για τις βάσεις πάνω των 5 km η χρήση δέκτη διπλής συχνότητας είναι καλύτερη.

Στις μικρότερες βάσεις δεν παρουσιάζεται ιδιαίτερη διαφοροποίηση μεταξύ των αποτελεσμάτων από τις μετρήσεις των τριών δεκτών.

- Τα αποτελέσματα του εύρους και της διακύμανσης της μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου *h* παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

<b>«Βάθρο Λαμπαδάριου-008Α»</b>			
	Εύρος (mm)	Διακύμανση ανά ημέρα (εξωτερική ακρίβεια) (mm)	Διακύμανση ανά δέκτη (εσωτερική ακρίβεια) (mm)
5800	5	20-2	8.4
R3	11.6	102-1	55.9
4600LS	13	10-4	4.4
<b>«Βάθρο Λαμπαδάριου-098Α»</b>			
	Εύρος (mm)	Διακύμανση ανά ημέρα (εξωτερική ακρίβεια) (mm)	Διακύμανση ανά δέκτη (εσωτερική ακρίβεια) (mm)
5800	6.5	0.7-1	0.8
R3	81	1-13	2.1
4600LS	93	1.3-43	1.6
<b>«Βάθρο Λαμπαδάριου-virtual»</b>			
	Εύρος (mm)	Διακύμανση ανά ημέρα (εξωτερική ακρίβεια) (mm)	Διακύμανση ανά δέκτη (εσωτερική ακρίβεια) (mm)
5800	7.3	2.5	1.5
R3	85	0.5-11.5	4.1
4600LS	85	2.5-3	16.3

*Πίνακας 4.4: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα του εύρους και της διακύμανσης της μεταβολής του γεωμετρικού υψομέτρου *h**

Παρατηρείται ότι την πιο καλή εσωτερική ακρίβεια στον προσδιορισμό του γεωμετρικού υψομέτρου την έχει ο δέκτης 5800 και για τις τρεις βάσεις.

Όσον αφορά τις δύο μικρότερες βάσεις οι μετρήσεις με τους δύο δέκτες μονής συχνότητας έδωσαν πολύ μεγάλο εύρος μεταβολής.

Επομένως διαπιστώνεται ότι ο 5800 έχει καλύτερη εσωτερική ακρίβεια στον προσδιορισμό των συντεταγμένων *x*, *y* και του γεωμετρικού υψομέτρου από ότι οι άλλοι δύο δέκτες μονής συχνότητας.

- Για τους δέκτες μονής συχνότητας όσο αυξάνεται ο χρόνος παρατήρησης βελτιώνεται η ποιότητα των αποτελεσμάτων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο δέκτης 4600LS ο οποίος στις

24/11/2009 μέτρησε τρεις ώρες αντί για δύο (ο οποίος ήταν ο συνήθης χρόνος μέτρησης) και έδωσε τις καλύτερες τιμές σε όλα τα μεγέθη.

- Προσδιορίστηκαν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του βάθρου του Λαμπαδάριου. Οι συντεταγμένες του βάθρου όπως προέκυψαν από το μέσο όρο των συντεταγμένων που προσδιορίστηκαν από τα δώρα των παρατηρήσεων όλων των ημερών και όλων των δεκτών για όλες τις βάσεις είναι:

$$x_{\Lambda\text{AMΠ}} = 480547.761m \pm 0.0008m \quad y_{\Lambda\text{AMΠ}} = 4202792.144m \pm 0.0007m \quad h_{\Lambda\text{AMΠ}} = 220.835m \pm 0.006m$$

Οι παραπάνω συντεταγμένες είναι σε ΕΓΣΑ' 87. Χρησιμοποιώντας την εφαρμογή μετασχηματισμού HTRS' 07<> ΕΓΣΑ' 87 ver. 1.0 της ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α. Ε, προσδιορίστηκαν οι συντεταγμένες του βάθρου σε HTRS' 07 οι οποίες είναι:

$$x_{\Lambda\text{AMΠ}} = 480696.993m \pm 0.004m \quad \text{και} \quad y_{\Lambda\text{AMΠ}} = 2203079.093m \pm 0.005m$$

Το μήκος της βάσης «βάθρο Λαμπαδάριου-008Α» όπως προέκυψε από τον υπολογισμό του μέσου όρου των μηκών που προσδιορίστηκαν από τα δώρα των παρατηρήσεων είναι όλων των ημερών και όλων των δεκτών είναι:

$$S_{\Lambda\text{AMΠ}-008\text{A}} = 233324.925m \pm 0.002m$$

Το μήκος της βάσης «βάθρο Λαμπαδάριου-098Α» όπως προέκυψε από τον υπολογισμό του μέσου όρου των μηκών που προσδιορίστηκαν από τα δώρα των παρατηρήσεων είναι όλων των ημερών και όλων των δεκτών είναι:

$$S_{\Lambda\text{AMΠ}-098\text{A}} = 4125.605m \pm 0.0006m$$

Το μήκος της βάσης «βάθρο Λαμπαδάριου-virtual» όπως προέκυψε από τον υπολογισμό του μέσου όρου των μηκών που προσδιορίστηκαν από τα δώρα των παρατηρήσεων είναι όλων των ημερών και όλων των δεκτών είναι:

$$S_{\Lambda\text{AMΠ}-\text{virtual}} = 64.672m \pm 0.002m$$

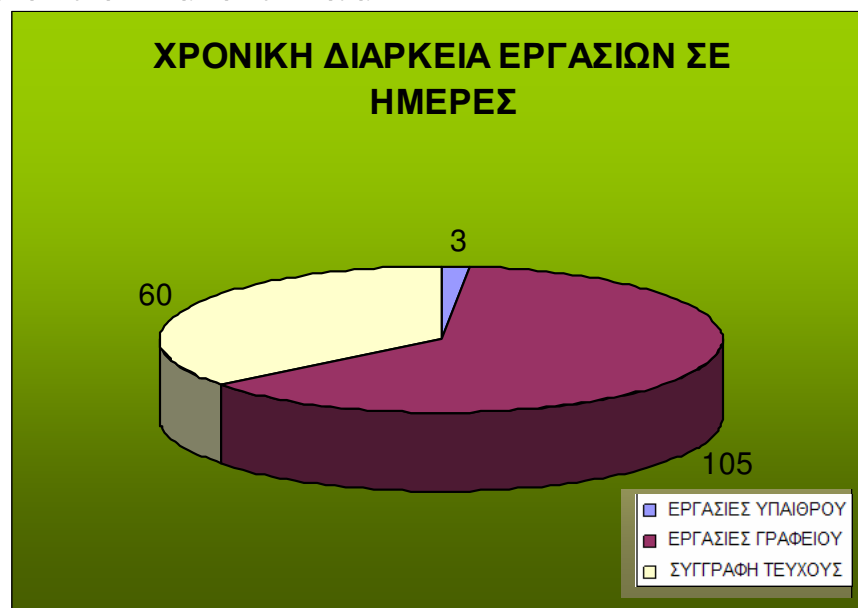
## 4.2 Προτάσεις

- Συνίσταται περαιτέρω διερεύνηση των παραπάνω αποτελεσμάτων με μετρήσεις των ίδιων βάσεων χρησιμοποιώντας και δέκτες άλλων εταιρειών, καθώς οι δέκτες με τους οποίους έγιναν οι παραπάνω μετρήσεις είναι της εταιρείας Trimble η οποία είναι και η κατασκευάστρια εταιρεία των μόνιμων σταθμών αναφοράς του Herpos.
- Ενδιαφέρον παρουσιάζει ο προσδιορισμός των συντεταγμένων του ίδιου σημείου με άλλες μεθόδους δορυφορικού εντοπισμού.

## 4.2 Χρονική διάρκεια των εργασιών

Οι εργασίες που απαιτήθηκαν για την ολοκλήρωση της αυτής εργασίας ήταν:

- ✓ **Εργασίες υπαίθρου:** Περιλάμβαναν τις μετρήσεις που έγιναν στο βάθρο του Λαμπαδαρίου στις 21/10/2009, 24/11/2009 και 19/12/2009. Για αυτές τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκαν τρεις δέκτες οι δυο μονής συχνότητας 4600LS και R3 και ο διπλής συχνότητας δέκτης 5800. Κάθε δέκτης πραγματοποίησε παρατηρήσεις για 2 ώρες. Στο τέλος κάθε μέτρησης γινόταν «μεταφορά» μετρήσεων στο πρόγραμμα Trimble Geomatic Office.
- ✓ **Εργασίες γραφείου:** Περιλάμβαναν τη λύση των τριών βάσεων ανά χρονικά διαστήματα 5, 10, 15, 20, 30, 60 και 120 min για κάθε μία ημέρα και για τις μετρήσεις κάθε δέκτη (2,5 μήνες ή 75 ημέρες), καθώς και όλους του υπολογισμούς για την εκπόνηση των διαγραμμάτων (28 για κάθε βάση) (1 μήνας ή 30 ημέρες). (Συνολική διάρκεια 105 ημέρες).
- ✓ **Συγγραφή του τεύχους:** Περιλάμβανε τη συγγραφή του παρόντος τεύχους με συνεχείς ελέγχους, διορθώσεις και προσαρμογές μέχρι την οριστική του μορφή και την προετοιμασία της παρουσίασής του. (Συνολική διάρκεια 2 μήνες ή 60 ημέρες). (Σχήμα 4.3)



Σχήμα 4.3: Διάγραμμα χρονικής διάρκειας εργασιών που έγιναν για την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας.



