



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

ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΜΕ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΡΕΓΑΣ**

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ:

Ο. ΑΡΑΜΠΑΤΖΗ Επίκουρη Καθηγήτρια

Α. ΜΠΙΘΑΣ Ε.ΔΙ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2014



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

ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΜΕ ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΡΕΓΑΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ:

Ο. ΑΡΑΜΠΑΤΖΗ Επίκουρη Καθηγήτρια
Α. ΜΠΙΘΑΣ Ε.ΔΙ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελής εξεταστική επιτροπή την.....

.....
Γ. Γεωργόπουλος
Λέκτορας

.....
Δ. Σταθάς
Καθηγητής

.....
Ο. Αραμπατζή
Επίκουρη Καθηγήτρια

Αθήνα, Οκτώβριος 2014

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους όσους με βοήθησαν στην εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, και συγκεκριμένα :

Την επιβλέπουσα κύρια Ορθοδοξία Αραμπατζή, επίκουρη καθηγήτρια της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του ΕΜΠ, η οποία μου εμπιστεύθηκε το παρόν θέμα και είχε την κύρια επίβλεψη της διπλωματικής εργασίας.

Τον κύριο Αναστάσιο Μπίθα, επιστημονικό συνεργάτη της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του ΕΜΠ, ο οποίος έδωσε την ιδέα της παρούσας εργασίας και στάθηκε απόλυτα συνεπής στις υποχρεώσεις του απέναντι μου.

Τους υποψήφιους διδάκτορες της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του ΕΜΠ κύριο Πηνιώτη Γεώργιο, κύριο Τσίνη Δημήτριο και κυρία Τσίνη Δήμητρα, οι οποίοι ήταν πρόθυμοι να βοηθήσουν αν πάσα στιγμή στα επιμέρους προβλήματα που προέκυπταν.

Τον κύριο Ζαχαρή Ευάγγελο, υποψήφιο διδάκτορα της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του ΕΜΠ, για την επίδειξη του προγράμματος επίλυσης GRAFNET του εργαστηρίου Ανώτερης Γεωδαισίας.

Τους φίλους και συμφοιτητές μου, Κώστα Μανωλόπουλο, Ολυμπία Γούναρη, Χάρις Χατζηκυριάκου, Νικόλαο Κορδαλή και κυρίως τη Μυρτώ Σιδέρη, για την πολύτιμη βοήθεια τους στις εργασίες πεδίου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών και ιδιαίτερα τους καθηγητές του Εργαστηρίου Γενικής Γεωδαισίας, για τις γνώσεις που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών (ΣΑΤΜ), αποτελεί τμήμα του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου της Αθήνας (ΕΜΠ) και ιδρύθηκε το 1917 με την επωνυμία «Ανώτατη Σχολή Τοπογράφων Μηχανικών». Η σχολή έγινε τετραετούς φοίτησης κατά το έτος 1930, επί πρυτανείας (1928 – 1933) του καθηγητή Δημήτριου Λαμπαδαρίου, το όνομα του οποίου φέρει μέχρι και σήμερα το κεντρικό κτήριο της σχολής. Το 1974, επί κοσμητείας του ομότιμου καθηγητή Γεωργίου Βέη, η σχολή έγινε πενταετούς φοίτησης και το 2001, επικυρώθηκε από τη Σύγκλητο το όνομα του Βόρειου κτηρίου της ΣΑΤΜ σε κτήριο Βεή. Σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα, η σχολή στεγάζεται στην Πολυτεχνειούπολη του Ζωγράφου συνολικής έκτασης 1000 περίπου στρεμμάτων και κτηριακές εγκαταστάσεις περίπου 24000 m².

Από τα πρώτα εξάμηνα των σπουδών του, ο κάθε φοιτητής της ΣΑΤΜ, επιδίδεται σε μετρήσεις πεδίου που γίνονται στον περιβάλλοντα χώρο της έκτασης. Η κύρια μετρητική ενασχόληση, έχει να κάνει με μετρήσεις μηκών και γωνιών, για τον προσδιορισμό αξιόπιστων οριζοντιογραφικών (X,Y) και υψομετρικών (H) συντεταγμένων, οποιοδήποτε σημείου στο 3D χώρο. Για να γίνει εφικτό κάτι τέτοιο, απαιτούνται Γεωδαιτικά Δίκτυα Αναφοράς, τα οποία αποτελούν την βάση των γεωδαιτικών εφαρμογών.

Για την εκπλήρωση του σκοπού αυτού, έχει ιδρυθεί ένα Τρισδιάστατο Γεωδαιτικό Δίκτυο 10 κορυφών σε διάφορα εμφανή σημεία της έκτασης και κυρίως σε ταράτσες κτηρίων. Η σήμανση των κορυφών του δικτύου έχει γίνει με βάθρα από σκυρόδεμα κυρίως, αλλά υπάρχουν και μεταλλικά βάθρα. Το δίκτυο αυτό έχει μετρηθεί και σε παλαιότερες διπλωματικές εργασίες, τόσο με επίγειες όσο και με δορυφορικές εφαρμογές. Η τελευταία ενιαία επίλυση των 10 βάθρων είχε γίνει το 1999, συνεπώς απαιτείται και μια νέα επίλυση ώστε να εντοπιστούν τυχόν διαφοροποιήσεις στη θέση των κορυφών του δικτύου.

Με τις σύγχρονες δορυφορικές τεχνικές των GNSS συστημάτων, δίνεται η δυνατότητα να μετρηθούν τέτοια δίκτυα με σαφώς μεγαλύτερη ευκολία σε σχέση με τις κλασσικές επίγειες τεχνικές. Η ακρίβεια που δίνετε να επιτευχθεί με τα συστήματα αυτά, έχει απασχολήσει ιδιαίτερα το επάγγελμα του Τοπογράφου Μηχανικού στις μέρες μας και πάνω σε αυτό στηρίχθηκε η ιδέα της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	3
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	4
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	5
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	8
ΠΙΝΑΚΕΣ - ΣΧΗΜΑΤΑ	9
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	10
ABSTRACT	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο ΕΙΣΑΓΩΓΗ	12
1.1 Γενικά	14
1.2 Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας.....	15
1.3 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΘΕΣΗΣ GNSS	18
2.1 Γενικά	20
2.2 Περιγραφή των Συστημάτων GNSS	20
2.3 Αρχή Λειτουργίας Συστημάτων GNSS	21
2.4 Τα Τμήματα των Συστημάτων GNSS	22
2.4.1 Το τμήμα του διαστήματος	22
2.4.2 Το επίγειο τμήμα ελέγχου.....	22
2.4.3 Το τμήμα των χρηστών	23
2.5 Το Σήμα των Δορυφόρων.....	24
2.6 Μέθοδοι Προσδιορισμού Θέσης με Δέκτες GNSS.....	25
2.7 Οι Τεχνικές του Σχετικού Προσδιορισμού Θέσης.....	26
2.7.1 Ο σχετικός στατικός εντοπισμός θέσης (Static)	26
2.7.2 Ο σχετικός κινηματικός εντοπισμός θέσης (Kinematic)	27
2.7.3 Ο ταχύς στατικός εντοπισμός (Fast Static)	29
2.7.4 Ο ημικινηματικός εντοπισμός (Stop and Go)	29
2.7.5 Ο συνεχής κινηματικός εντοπισμός (Continuous Kinematic)	29
2.8 Διαφορές των Τεχνικών RTK και Static	30
2.9 Απλές, Διπλές και Τριπλές Διαφορές	30
2.9.1 Απλές διαφορές (single difference)	30
2.9.2 Διπλές διαφορές (double differences)	30

2.9.3 Τριπλές διαφορές (triple differences).....	31
2.10 Σφάλματα Δορυφορικών Συστημάτων GNSS	31
2.11 Ο Δείκτης DOP (Dilution Of Precision)	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ GNSS	34
3.1 Γενικά	36
3.2 Χρήσιμοι Ορισμοί	36
3.2.1 Αστρονομικά συστήματα αναφοράς	37
3.2.2 Γήινα ή παγκόσμια συστήματα αναφοράς	37
3.2.3 Γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς.....	37
3.2.4 Τοποκεντρικά ή αυθαίρετα συστήματα αναφοράς	38
3.3 Αδρανειακά Συστήματα Αναφοράς	38
3.4 Συμβατικά Γήινα Συστήματα CTRS και Πλαίσια Αναφοράς CTRF	39
3.5 Το Διεθνές Γήινο Σύστημα Αναφοράς ITRS και το Πλαίσιο Αναφοράς ITRF	40
3.6 Το Διεθνές Ουράνιο Σύστημα Αναφοράς ICRS και το Πλαίσιο Αναφοράς ICRF.....	41
3.7 Το Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1980 (GRS80).....	41
3.8 Το Ευρωπαϊκό Σύστημα (ETRS) και Πλαίσιο Αναφοράς (ETRF)	42
3.9 Το Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς WGS84	43
3.9.1 Ορισμός του πλαισίου αναφοράς	43
3.9.2 Η υλοποίηση του WGS84.....	44
3.9.3 Το ελλειψοειδές του WGS84	44
3.9.4 Το γεωδυναμικό μοντέλο EGM του WGS84	44
3.10 Το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς ΕΓΣΑ87(GR87).....	45
3.10.1 Ορισμός του ΕΓΣΑ87	45
3.10.2 Υλοποίηση του ΕΓΣΑ87	46
3.10.3 Εφαρμογή του ΕΓΣΑ87	46
3.11 Το Ελληνικό Σύστημα Εντοπισμού HEPOS	47
3.11.1 Το σύστημα αναφοράς των συντεταγμένων του HEPOS	47
3.11.2 Το πλαίσιο αναφοράς του HEPOS	48
3.11.3 Η εφαρμογή του HEPOS	48
3.11.4 Μετασχηματισμός συντεταγμένων από HEPOS σε ΕΓΣΑ87	49
3.12 Το Δίκτυο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών	50
3.13 Ιδιωτικά Δίκτυα Εντοπισμού Θέσης.....	51

3.13.1 Το δίκτυο SMARTNET της εταιρείας METRICA GNSS	51
3.13.2 Άλλα ιδιωτικά δίκτυα εντοπισμού θέσης	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΣΤΗΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗ ΖΩΓΡΑΦΟΥ ΜΕ ΔΕΚΤΕΣ GNSS	54
4.1 Γενικά	56
4.2 Γεωδαιτικά Δίκτυα.....	56
4.3 Η Περιοχή Μελέτης.....	57
4.4 Αναγνώριση Περιοχής Μελέτης	59
4.5 Σχεδιασμός Δικτύου	59
4.6 Τα Βάθρα του Δικτύου	60
4.7 Μέτρηση Δικτύου με τη Μέθοδο του Σχετικού Στατικού Εντοπισμού (Static).....	61
4.7.1 Εξοπλισμός μετρήσεων (Static)	62
4.8 Μέτρηση Δικτύου με τη Μέθοδο του Σχετικού Κινηματικού Εντοπισμού σε Πραγματικό Χρόνο (RTK)	63
4.8.1 Εξοπλισμός για RTK	63
4.9 Καταγραφή Δεδομένων για Σχετικό Στατικό Εντοπισμό (Static) και Σχετικό Κινηματικό Εντοπισμό (RTK).....	64
4.10 Δυσκολίες που Εντοπίστηκαν Κατά τις Μετρήσεις	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο ΕΠΙΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΟΡΘΩΣΗ 3D ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ	66
5.1 Γενικά	68
5.2 Συνόρθωση Γεωδαιτικών Δικτύων με Παρατηρήσεις GNSS	68
5.3 Εισαγωγή Δεδομένων στο LGO	70
5.4 Επίλυση Βάσεων κατά το Σχετικό Στατικό Εντοπισμό Θέσης (Static) ..	71
5.4.1 Βήματα επίλυσης βάσεων	72
5.5 Συνόρθωση του Δικτύου.....	72
5.5.1 Τα βήματα της συνόρθωσης.....	74
5.5.2 Εκτίμηση τυπικών σφαλμάτων από τις μετρήσεις	75
5.6 Τελικά Αποτελέσματα μετά τη Συνόρθωση του Δικτύου	76
5.7 Επίλυση Βάσεων Κατά το Σχετικό Κινηματικό Εντοπισμό σε Πραγματικό Χρόνο (RTK)	78
5.8 Συγκρίσεις Αποτελεσμάτων.....	78
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	85
6.1 Συμπεράσματα με Βάση τα Αποτελέσματα	87

6.2 Προτάσεις.....	90
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	91
ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ.....	92

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Το δορυφορικό σύστημα του διαστήματος (πηγή : http://www.gnss-technology.com/gnss-system-definition.htm)	20
Εικόνα 2: Οι επίγειοι σταθμοί ελέγχου (πηγή : http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/gps/controlsegments/)	23
Εικόνα 3: Ο απόλυτος και ο σχετικός προσδιορισμός της θέσης (http://wtlab.iis.u-tokyo.ac.jp/~wataru/lecture/rsgis/rsnote/cp6/6-8-2.gif)	25
Εικόνα 4: Καλή και κακή γεωμετρία δορυφόρων με βάση τον δείκτη GDOP (http://electronicdesign.com/site-files/electronicdesign.com/files/archive/autoelectronics.com/telematics/navigation_systems/GPS_1.jpg)	33
Εικόνα 5: Το γεωδαιτικό πλαίσιο αναφοράς ITRF 2008 (πηγή : http://www.oosa.unvienna.org/pdf/icg/2013/icg-8/9.pdf)	40
Εικόνα 6: Οι σταθμοί αναφοράς του δικτύου HEPOS	47
Εικόνα 7: Υπόλοιπα ενός ενιαίου για όλη τη χώρα μετασχηματισμού ομοιότητας μεταξύ HTRS07 και ΕΓΣΑ87 (πηγή : ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε. 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο ATM, Αθήνα, 17-18-2010).....	50
Εικόνα 8: Οι σταθμοί αναφοράς GNSS του Ε.Α.Α.(πηγή : http://www.gein.noa.gr/el/).....	51
Εικόνα 9: Οι σταθμοί αναφοράς GNSS του δικτύου Metricanet (πηγή : http://www.metricanet.gr/documentation/smartnet-greece-network.html)	52
Εικόνα 10: Τα ιδιωτικά δίκτυα δορυφορικού εντοπισμού στην Ελλάδα (πηγή: http://www.uranus.gr/ , http://www.civilshop.com/ , http://www.jgc.gr/ , http://www.geotech.gr/)	53
Εικόνα 11: Οι κορυφές του δικτύου (πηγή http://gis.ktimanet.gr/wms/ktbasemap/default.aspx0)	58
Εικόνα 12: Ύψος κεραίας σε βάθρο (πηγή: Web: http://gef.nerc.ac.uk)....	61
Εικόνα 13: Χειριστήριο RX 1250 X, κεραία ATX 1230 και βάση εξαναγκασμένης κέντρωσης Kern	64
Εικόνα 14: Κυρίως μενού και εισαγωγή δεδομένων αποτύπωσης στο λογισμικό smartworx (πηγή : Leica Geosystems User Manual)	65

ΠΙΝΑΚΕΣ - ΣΧΗΜΑΤΑ

Πίνακας 1: Μετρημένες βάσεις κατά το σχετικό στατικό εντοπισμό (static)	62
Πίνακας 2: Ονομαστικές ακρίβειες του δέκτη Leica RX1200 για Post Processing και RTK δεδομένα (πηγή : Leica RX1200 User Manual)	63
Πίνακας 3: Οι δοθείσες συντεταγμένες των σταθερών κορυφών στο ΕΓΣΑ87	73
Πίνακας 4: Τελικές συντεταγμένες από το τριγωνομετρικό Κύρου Πήρα στο ΕΓΣΑ87	76
Πίνακας 5: Τελικές συντεταγμένες από το τριγωνομετρικό Λιθάρι στο ΕΓΣΑ87	77
Πίνακας 6: Τελικές συντεταγμένες από το τριγωνομετρικό Λαμπαδάριο στο ΕΓΣΑ87	77
Πίνακας 7: Τελικές συντεταγμένες των κορυφών του δικτύου στο ΕΓΣΑ87 με την μέθοδο RTK	78
Πίνακας 8: Διαφορές Στατικού (από Λιθάρι) – RTK	80
Πίνακας 9: Διαφορές Στατικού (από Κύρου Πήρα) – RTK	80
Πίνακας 10: Διαφορές Στατικού (από Λαμπαδάριο) – RTK	80
Πίνακας 11: Διαφορές Στατικών Εντοπισμών (Κ. Πήρα – Λιθάρι).....	81
Πίνακας 12: Διαφορές Στατικών Εντοπισμών (Λιθάρι – Λαμπαδάριο).....	81
Πίνακας 13: Διαφορές Στατικών Εντοπισμών (Λαμπαδάριο – Κ. Πήρα)...	81
Πίνακας 14: Οι συντεταγμένες των 5 κορυφών από τη διπλωματική του 2000	82
Πίνακας 15: Οι συντεταγμένες των 5 κορυφών από τη διπλωματική του 2014	82
Πίνακας 16: Οι διαφορές στις συντεταγμένες των 5 κορυφών	82
Πίνακας 17: Οι διαφορές στα υψόμετρα των 5 κορυφών 2009 - 2014.....	82
Πίνακας 18: Οι διαφορές στις συντεταγμένες 2014 – 1999.....	83
Πίνακας 19 : Οι διαφορές METRICANET – URANUS με RTK	83
Σχήμα 1: Η καμπύλη της κανονικής κατανομής	70
Σχήμα 2: Η μορφή του δικτύου	84

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια με την εξέλιξη των GNSS (Global Navigation Satellite System) συστημάτων δορυφορικής πλοήγησης, με την ανίχνευση της διπλής συχνότητας από τους δέκτες, ο Τοπογράφος Μηχανικός απέκτησε ένα ισχυρό εργαλείο για το επάγγελμα του. Οι βασικοί λόγοι της ευρείας χρηστικότητας των συστημάτων αυτών στη Γεωδαισία, έχουν να κάνουν με την υψηλή ακρίβεια προσδιορισμού θέσης και χρόνου, τη ταχύτητα που επιτυγχάνεται κατά τις μετρήσεις και την ευκολία χρήσης που παρέχουν. Η βασική προϋπόθεση λειτουργίας των συστημάτων, είναι ότι απαιτείται ανοιχτός ορίζοντας ώστε να εξασφαλίζεται η συνεχής λήψη του σήματος. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν μαθηματικά μοντέλα αναφοράς των τρισδιάστατων συντεταγμένων που παρέχουν, τα οποία ονομάζουμε Συστήματα Αναφοράς και συγκεκριμένα το σύστημα αναφοράς των GNSS συστημάτων είναι ένα Παγκόσμιο Γεωκεντρικό Σύστημα Αναφοράς το WGS84 (World Geodetic System 1984).

Οι ακρίβειες που προδιαγράφουν οι κατασκευαστές των GNSS συστημάτων, σε πολλές περιπτώσεις δεν ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα, ειδικά όταν πρέπει να γίνει κάποια μετατροπή σε κάποιο άλλο κρατικό σύστημα αναφοράς. Στόχος της εργασίας είναι να ελεγχθούν οι ακρίβειες αυτές, με διαφορετικές επιλύσεις ενός Τρισδιάστατου Γεωδαιτικού Δικτύου Αναφοράς, με μετατροπή από το WGS84 στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς του 1987 (GR87). Το δίκτυο επιλύθηκε από βάθρα ΙΙης και ΙVης τάξης της Γεωγραφικής Υπηρεσίας του Στρατού (ΓΥΣ), καθώς δεν είναι λίγες οι φορές που έχουν αναφερθεί σημαντικές διαφοροποιήσεις σε συντεταγμένες στα βάθρα αυτά.

Η παρούσα διπλωματική εργασία έγινε σε συνεργασία με τον τομέα Τοπογραφίας και το εργαστήριο Γενικής Γεωδαισίας, με σκοπό τη μέτρηση και επίλυση ενός υφιστάμενου Τρισδιάστατου Γεωδαιτικού Δικτύου αναφοράς στην Πολυτεχνειούπολη του Ζωγράφου, με δέκτες GNSS της εταιρίας LEICA. Το δίκτυο αποτελείται από 12 βάθρα, σε διάφορα σημεία της περιοχής. Κατά την επίλυση του δικτύου, προέκυψαν οι γεωδαιτικές συντεταγμένες (X, Y, H), κάθε κορυφής με τα τελικά a posteriori τυπικά σφάλματα, στο ΕΓΣΑ87. Η μορφή του δικτύου δόθηκε με βάση δύο τεχνικές δορυφορικού εντοπισμού, αυτή του Σχετικού Στατικού Εντοπισμού Θέσης και αυτή του Σχετικού Κινηματικού Εντοπισμού Θέσης σε Πραγματικό Χρόνο. Η επίλυση του δικτύου με την πρώτη τεχνική, γίνεται με εξάρτηση χωριστά κάθε φορά από τα βάθρα της ΓΥΣ Κύρου Πήρα, Λιθάρι και από το Τριγωνομετρικό Λαμπαδάριο, ενώ με τη δεύτερη τεχνική, από το σταθερό σταθμό αναφοράς του δικτύου METRICANET στην Μεταμόρφωση Αττικής. Τέλος, 4 κορυφές του δικτύου προσδιορίστηκαν με δικτυακό RTK και από το δίκτυο URANUS της εταιρίας TOPCON για σύγκριση του αποτελέσματος.

ABSTRACT

In recent years with the evolution of GNSS (Global Navigation Satellite System), which are systems of satellite navigation with the detection of double frequency from the receivers, survey's engineer job has improved. The main reasons of these systems' wide usability in the Geodesy field are the high accuracy in determining place and time, the speed, which is succeeded during observations and their practicality. The main condition under which GNSS work is an open horizon in order to succeed continuous signal reception. These systems use also mathematical model of three-dimensional coordinate references, which are known as Reference Systems and more specifically the Reference System of GNSS is an International Earth-centered Reference System, WGS84 (World Geodetic System of 1984).

The accuracies, which are confirmed by the manufactures of GNSS systems, in many cases don't face reality, especially when a conversion is needed in another national reference system. Aim of the thesis is to check those accuracies with different solutions of a Three-dimensional Geodetic Reference System, with a conversion from WGS84 to the Greek Geodetic Reference System of 1987 (GR87). The network had been solved from pillars of third and fourth class of the Army's Geographic Service, because it has been referred in many cases different coordinates on those pillars.

This thesis had been occurred in cooperation with the Topography field and General Geodesy Laboratory. Aim of the thesis is to count and solve an existing Three-dimensional Geodetic Reference System in Technical University campus in Zografou with GNSS receivers of the LEICA Company. The network is consisted from 12 pillars in different places in the area. During the network's solution, came up the geodetic coordination's (X, Y, H) of every pillar with the final a - posteriori typical errors in Greek Reference System (GR87). The solution of the network had been given because of two techniques of satellite tracking, the Static Relative Positioning and the Relative Kinematic Positioning in Real Time. The network's solution with the first technique is being done with different dependence every time from the pillars of the Army's Geographic Service in Kyrou Pira, Lithari and the Trigonometric Lampadario, while the second technique is being done from the static reference station of the METRICANET network in Metamorphosis in Attica. Finally, for points of the network had been determined with RTK method from reference network URANUS in order to compare the results.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Είναι πράγματι εντυπωσιακό να συνειδητοποιήσουμε το πώς οι τεχνικές των συστημάτων GNSS (Global Navigation Satellite System), έγιναν σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα, εκπληκτικά αποδοτικές και αποτελεσματικές ώστε να μπορούν να αντικαταστήσουν, σε κάποιες περιπτώσεις, ακόμα και τις κλασσικές μεθόδους γεωδαισίας. Οι όροι αποδοτικότητα και αποτελεσματικότητα σημαίνουν ταχύτητα, ακρίβεια και ένα εργαλείο εύκολο στην εφαρμογή. Το GNSS από μόνο του, μπορεί να επιλύσει ένα μικρό μέρος από τα προβλήματα που σχετίζονται με τη σύγχρονη γεωδαισία, αλλά έχει ανοίξει νέους ορίζοντες σε νέες εφαρμογές και δυνατότητες. Μια από αυτές τις εφαρμογές που μπορεί ενδεικτικά να αναφερθεί, είναι η συνεχής παρακολούθηση της συμπεριφοράς των τεκτονικών πλακών της γήινης επιφάνειας, η οποία παρουσιάζει σπουδαίο ερευνητικό ενδιαφέρον.

Ανιχνεύοντας τη διπλή συχνότητα από τους δέκτες, δόθηκαν διευρυμένες δυνατότητες στο σύστημα GPS αρχικά. Μια από τις δυνατότητες αυτές είναι η παρακολούθηση φαινομένων μεγάλης κλίμακας, σε ακόμα μεγαλύτερες αποστάσεις. Επίσης, με την εξέλιξη των μεθοδολογιών των συστημάτων GNSS, δόθηκε η δυνατότητα στο να εξελιχθούν και τα κλασσικά δίκτυα ελέγχου όπου πλέον μπορούν να σταθεροποιηθούν με πλευρές άνω των 100 Km και να μετατραπούν σε παγκόσμια συστήματα αναφοράς. Με τους σημερινούς δέκτες και τις ακρίβειες που επιτυγχάνουν, καθίσταται πλέον αναγκαία η χρήση GNSS συστημάτων στη δημιουργία τρισδιάστατων γεωδαιτικών δικτύων αναφοράς.

Με τη δυνατότητα του απόλυτου προσδιορισμού θέσης, τα σημεία ελέγχου ενός γεωδαιτικού δικτύου τείνουν στην εξάλειψη της χρηστικότητας τους κατά την παραγωγή τοπογραφικών χαρτών. Αλλά πιθανόν, το πιο σημαντικό απ' όλα είναι ότι, η χρήση της τρισδιάστατης τεχνολογίας των δορυφόρων, εξανάγκασε τη Γεωδαισία σε ένα τρισδιάστατο τρόπο σκέψης και αντιστοίχισης των μοντέλων των γεωδαιτικών παρατηρήσεων και παραμέτρων. [Wolfgang Torge]

Η κύρια ενασχόληση του Τοπογράφου Μηχανικού σχετίζεται άμεσα, με τη μέτρηση διαφόρων μεγεθών της φυσικής γήινης επιφάνειας (φ.γ.ε), καθώς και στη σωστή αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των μετρημένων στοιχείων. Επίσης, το βασικότερο ίσως αντικείμενο στο οποίο εξειδικεύεται ένας Τοπογράφος Μηχανικός, είναι στον προσδιορισμό της θέσης ενός σημείου στο χώρο (X, Y, Z) με υψηλή ακρίβεια και στην ποιοτική αξιολόγηση της τελικής ακρίβειας της θέσης που προκύπτει. Για να γίνει εφικτό κάτι τέτοιο, αρχικά απαιτείται ένα μαθηματικό μοντέλο ή μια μαθηματική επιφάνεια αναφοράς όπως συνηθίζεται να αποκαλείται, πάνω στην οποία θα

προβάλλονται τα προσδιορισμένα σημεία της επιφάνειας της γης, έτσι ώστε να υπάρχει κοινό πλαίσιο αναφοράς των συντεταγμένων.

Η ίδρυση γεωδαιτικών δικτύων αποτελεί το βασικό εκείνο εργαλείο με το οποίο μπορούν να παραχθούν σημεία, με προσδιορισμένες συντεταγμένες υψηλής ακρίβειας, έχοντας πάντα εποπτικό έλεγχο του αποτελέσματος, καθώς τα γεωδαιτικά δίκτυα υπόκεινται σε κάποιες γεωμετρικές δεσμεύσεις (πχ το άθροισμα των γωνιών ενός τριγώνου είναι πάντα 200^g).

Ο απαραίτητος εξοπλισμός που χρειάζεται για να μετρηθεί ένα γεωδαιτικό δίκτυο ποικίλει κάθε φορά και σχετίζεται άμεσα με την ακρίβεια που ζητείται, με το μέγεθος του δικτύου που θα μετρηθεί, την απαιτούμενη διάρκεια διεξαγωγής των μετρήσεων και με το κόστος. Η μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί για τη μέτρηση και επίλυση του δικτύου, καθορίζει σημαντικούς παράγοντες όπως η ακρίβεια, η ορθότητα και η αξιοπιστία του δικτύου.

1.2 Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας

Τα τελευταία χρόνια η χρήση των δορυφορικών συστημάτων πλοήγησης στο καθημερινό αντικείμενο του Τοπογράφου Μηχανικού έχει εδραιωθεί και οι βασικοί λόγοι που οδήγησαν σε κάτι τέτοιο είναι, η μεγάλη ακρίβεια που επιτυγχάνεται, η ταχύτητα και η εύκολη χρήση των δορυφορικών συστημάτων σε σχέση με τους κλασσικούς γεωδαιτικούς σταθμούς. Οι δύο μεγάλες κατηγορίες των τεχνικών μέτρησης με δέκτες GNSS είναι αυτή του Σχετικού Στατικού Εντοπισμού Θέσης (Static) με εκ των υστέρων επεξεργασία και αυτή του Σχετικού Κινηματικού Εντοπισμού Θέσης σε Πραγματικό Χρόνο (RTK).

Οι δύο βασικές διαφορές των τεχνικών αυτών είναι ότι με το στατικό εντοπισμό προσδιορίζεται η θέση ενός σημείου με ακρίβεια χιλιοστού (mm), ενώ με τον κινηματικό εντοπισμό με ακρίβεια εκατοστού (cm). Για να επιτευχθεί η ακρίβεια που προδιαγράφεται, με την πρώτη τεχνική ο χρόνος παραμονής στο πεδίο είναι αρκετά μεγαλύτερος και μπορεί να φτάσει και τα 40 min ενώ με τη δεύτερη είναι ελάχιστος και φτάνει τα 3 – 15 sec. Επίσης το κόστος για δύο δέκτες αυξάνεται αρκετά σε σχέση με τον έναν δέκτη της δικτυακής RTK τεχνικής.

Ως αποτέλεσμα των παραπάνω, η ακριβής τεχνική του στατικού εντοπισμού τείνει να εξαφανισθεί για τις τρέχουσες εργασίες του Τοπογράφου Μηχανικού, δίνοντας τη θέση της στη μέθοδο RTK, η οποία τα τελευταία χρόνια έχει επικρατήσει.

Ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η σύγκριση των δύο δορυφορικών μεθόδων και η αποσαφήνιση της διαφορετικότητας του τελικού προϊόντος. Για το σκοπό αυτό επιλέχθηκε να μετρηθεί το υφιστάμενο γεωδαιτικό δίκτυο της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, το οποίο αποτελείται από 10 κορυφές και με

τις δύο μεθόδους. Το δίκτυο κατά τη μέθοδο του σχετικού στατικού εντοπισμού θα επιλυθεί με μια σταθερή κορυφή από τα βάθρα της ΓΥΣ (Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού), Κύρου Πήρα, Λιθάρι και από το τριγωνομετρικό Λαμπαδάριο, το οποίο είναι το δυτικότερο βάθρο στο δώμα του κτηρίου. Με τη μέθοδο RTK η σταθερή κορυφή είναι ο μόνιμος σταθμός αναφοράς του δικτύου της METRICA (MET0) στη Μεταμόρφωση Αττικής και ο μόνιμος σταθμός του δικτύου URANUS στην Αγία Κυριακή Αττικής.

Τέλος, να σημειωθεί ότι η επιλογή των τριών επιλύσεων του δικτύου με τη μέθοδο του σχετικού στατικού εντοπισμού, έγινε ώστε να εκτιμηθεί η ποιότητα των τριγωνομετρικών σημείων της ΓΥΣ. Δεν είναι λίγες οι φορές που έχουν αναφερθεί διαφορές σε συντεταγμένες στα βάθρα της ΓΥΣ ακόμα και της τάξης του μέτρου, από βάθρα ΙΙΙης ή ΙVης τάξης. Για το λόγο αυτό θεωρήθηκε σκόπιμο να ελεγχθούν τα δύο κοντινότερα βάθρα της περιοχής μελέτης, Κύρου Πήρα και Λιθάρι τα οποία χρησιμοποιούνται και ως σημεία αναφοράς από τους φοιτητές των γεωδαιτικών ασκήσεων.

1.3 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία δομείται σε έξη κεφάλαια τα οποία περιγράφονται παρακάτω :

Κεφάλαιο 1^ο : Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια γενική περιγραφή των συστημάτων GNSS καθώς και κάποιων γενικότερων προβληματισμών που αφορούν το επάγγελμα του Τοπογράφου Μηχανικού σήμερα. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο σκοπός για τον οποίο έγινε αυτή η διπλωματική εργασία και η δομή της.

Κεφάλαιο 2^ο : Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται το παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα εντοπισμού GNSS και συγκεκριμένα η αρχή λειτουργίας του, τα τμήματα από τα οποία αποτελείται, οι μέθοδοι εντοπισμού θέσης και τέλος τα σφάλματα που προκύπτουν κατά τις μετρήσεις.

Κεφάλαιο 3^ο : Στο κεφάλαιο αυτό δίνονται κάποιοι απαραίτητοι ορισμοί, η χρήση των οποίων γίνεται σε όλη την εργασία. Επίσης, διατυπώνονται τα κυριότερα συστήματα αναφοράς που χρησιμοποιούνται σήμερα, με έμφαση στα συστήματα αναφοράς όπου αναφέρονται οι μετρήσεις με δέκτες GNSS.

Κεφάλαιο 4^ο : Το τέταρτο κεφάλαιο αναφέρεται στη διαδικασία των μετρήσεων. Συγκεκριμένα γίνεται αναφορά στον αριθμό των κορυφών του γεωδαιτικού δικτύου, στις μετρημένες βάσεις, στις μεθόδους μέτρησης που ακολουθήθηκαν και τέλος στα προβλήματα που προέκυψαν κατά τις μετρήσεις.

Κεφάλαιο 5^ο : Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η επεξεργασία που έγινε από την επίλυση των βάσεων, με τη συνόρθωση του δικτύου και τις τελικές συντεταγμένες που προέκυψαν από κάθε επίλυση. Τέλος παρουσιάζεται η τελική μορφή που πήρε το δίκτυο.

Κεφάλαιο 6^ο : Εδώ περιγράφονται τα τελικά συμπεράσματα που προέκυψαν από την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας και παρουσιάζονται κάποιες προτάσεις πάνω σε αυτά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

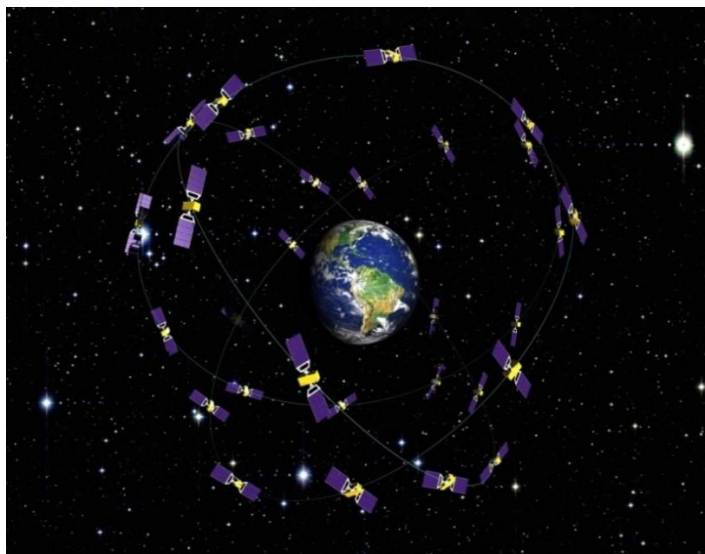
ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΘΕΣΗΣ GNSS

2.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια αναφορά στα παγκόσμια δορυφορικά συστήματα εντοπισμού θέσης GNSS (Global Navigation Satellite System) και συγκεκριμένα στην αρχή λειτουργίας τους, στα τμήματα που τα αποτελούν, στις μεθόδους προσδιορισμού θέσης, στα σφάλματα που υπεισέρχονται κατά τις μετρήσεις και στις τελικές ακρίβειες που προκύπτουν.

2.2 Περιγραφή των Συστημάτων GNSS

Το GPS (Global Position System), ανήκει στην κατηγορία των συστημάτων GNSS και αποτελεί το πρώτο και το πλέον διαδεδομένο δορυφορικό σύστημα πλοήγησης παγκοσμίως. Αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1980 από τις ΗΠΑ, για στρατιωτικούς κυρίως σκοπούς και στη συνέχεια και για πολιτικούς όπου αντικατέστησε τον πρόγονο του, το σύστημα TRANSIT, που αναπτύχθηκε από το αμερικανικό ναυτικό τη δεκαετία του 1960. Σήμερα το σύστημα GPS, αποτελεί ένα ολοκληρωμένο παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα προσδιορισμού θέσης, χρόνου και ταχύτητας οποιουδήποτε αντικειμένου στην επιφάνεια της γης, με τη βοήθεια του σήματος που εκπέμπουν οι δορυφόροι. Δύο άλλα συστήματα όμοια του GPS, όπου τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται και αυτά είναι το Ρωσικό GLONASS και το Ευρωπαϊκό GALILEO. Επίσης αναμένεται και το Κινέζικο BDS (BeiDou Navigation Satellite System), το οποίο θα παρέχει παγκόσμιες υπηρεσίες πλοήγησης κατά το 2020. Ενώ παλιότερα δεν ήταν εφικτό, τα τελευταία χρόνια και συγκεκριμένα από το 2008 έχουν κατασκευαστεί δέκτες οι οποίοι μπορούν και λαμβάνουν σήμα από δορυφόρους του συστήματος GPS και GLONASS βελτιώνοντας τη λειτουργία των συστημάτων.



Εικόνα 1: Το δορυφορικό σύστημα του διαστήματος (πηγή : <http://www.gnss-technology.com/gnss-system-definition.htm>)

2.3 Αρχή Λειτουργίας Συστημάτων GNSS

Η αρχή λειτουργίας των συστημάτων δορυφορικής πλοήγησης, βασίζεται στο εκπεμπόμενο σήμα των δορυφόρων και στους δέκτες. Οι δορυφόροι βρίσκονται σε συνεχή τροχιά γύρω από τη γη, ενώ οι δέκτες βρίσκονται στη γήινη επιφάνεια και λαμβάνουν το δορυφορικό σήμα. Η μέτρηση του σήματος στο δέκτη ταυτίζεται με τη μέτρηση της απόστασης μεταξύ δέκτη δορυφόρου. Έτσι με την ταυτόχρονη παρατήρηση αποστάσεων ως προς τέσσερις δορυφόρους, τουλάχιστον, γίνεται εφικτός ο προσδιορισμός της θέσης στην επιφάνεια της γης, με μια στιγμιαία ακρίβεια της τάξης των 10 m.

Γεωμετρικά, η παραπάνω διαδικασία μπορεί να επιτευχθεί με τρεις παρατηρήσεις αποστάσεων, οπότε έχουμε μια τριπλή εμπροσθοτομία στο χώρο, όπου κατά την τομή των τριών κύκλων θα προκύψει η θέση του άγνωστου σημείου στο έδαφος (X,Y,Z), από τις γνωστές συντεταγμένες των δορυφόρων. Λόγω της ύπαρξης συστηματικών σφαλμάτων μεταξύ ρολογιού δέκτη – δορυφόρου, τα οποία δεν είναι συγχρονισμένα, υπάρχει μια νέα άγνωστη παράμετρος το σφάλμα του ρολογιού του δέκτη. Το σφάλμα του ρολογιού του δορυφόρου υπολογίζεται από το δέκτη, αφού πάρει την απαιτούμενη πληροφορία του μηνύματος πλοήγησης από το εκπεμπόμενο σήμα.^[7] Έτσι λοιπόν χρειάζονται τουλάχιστον τέσσερις παρατηρήσεις δορυφόρων ώστε να υπολογιστούν οι τέσσερις άγνωστες παράμετροι (X, Y, Z, δτ). Η σχέση που συνδέει τις παραμέτρους με τη μέτρηση της απόστασης μεταξύ δέκτη - δορυφόρου είναι η εξής :

$$(X - X_{\delta})^2 + (Y - Y_{\delta})^2 + (Z - Z_{\delta})^2 = c\delta\tau_r - c\delta t_{\delta}$$

Όπου :

X, Y, Z : οι καρτεσιανές συντεταγμένες του δέκτη στο γεωκεντρικό σύστημα αναφοράς

X_δ, Y_δ, Z_δ : οι καρτεσιανές συντεταγμένες του δορυφόρου στο γεωκεντρικό σύστημα αναφοράς

c : η ταχύτητα του φωτός στο κενό

δt_δ : το σφάλμα του ρολογιού του δορυφόρου

δτ_r : το σφάλμα του ρολογιού του δέκτη

Η παραπάνω σχέση αποτελεί τη μαθηματική έκφραση του απόλυτου προσδιορισμού θέσης εάν προστεθούν και τα σφάλματα επίδρασης της ιονόσφαιρας (I_{iono}), της τροπόσφαιρας (I_{tropo}) και το σφάλμα της πολυανάκλασης (e_δ), σύμφωνα με το οποίο το σήμα ακολουθεί μεγαλύτερη διαδρομή ανακλώντας σε γειτονικές επιφάνειες (π.χ. επιφάνειες κτηρίων).

Εάν τώρα μετρηθούν οι φάσεις του φέροντος κύματος, τότε επιτυγχάνεται καλύτερη ακρίβεια της τάξης του 1 ppm (part per million) και κάτω, που είναι και το επαρκές για τοπογραφικές εργασίες (3cm στα 30Km απόσταση). Η τιμή αυτή αναφέρεται και ως ακρίβεια εκατοστού και εξαρτάται από το μέγεθος της απόστασης που μετράται κάθε φορά.

2.4 Τα Τμήματα των Συστημάτων GNSS

Τα δορυφορικά συστήματα πλοήγησης, αποτελούνται από τρία βασικά λειτουργικά τμήματα: το δορυφορικό τμήμα ή τμήμα του διαστήματος, το επίγειο τμήμα ελέγχου και το τμήμα των χρηστών.

2.4.1 Το τμήμα του διαστήματος

Το λειτουργικό τμήμα του διαστήματος, αποτελείται από 24 δορυφόρους NAVSTAR του συστήματος GPS, οι οποίοι κατανέμονται ανά τέσσερις, σε έξι τροχιακά επίπεδα όμοια κατανεμημένα, από τον ισημερινό ανά 60°. Οι δορυφόροι πετάνε σε σχεδόν κυκλική τροχιά και σε τροχιακό ύψος 20200 km περίπου. Έχουν γωνία κλίσης 55° ως προς τον ισημερινό και ημερησίως διαγράφουν δύο περιστροφές γύρω από τη γη (μία ανά 12 αστρικές ώρες). Η διάταξη των δορυφόρων είναι τέτοια ώστε, να εξασφαλίζεται όσο το δυνατόν καλύτερη κάλυψη και καλή γεωμετρία από οποιοδήποτε σημείο της γης, με ορατότητα ως προς τέσσερις δορυφόρους τουλάχιστον.

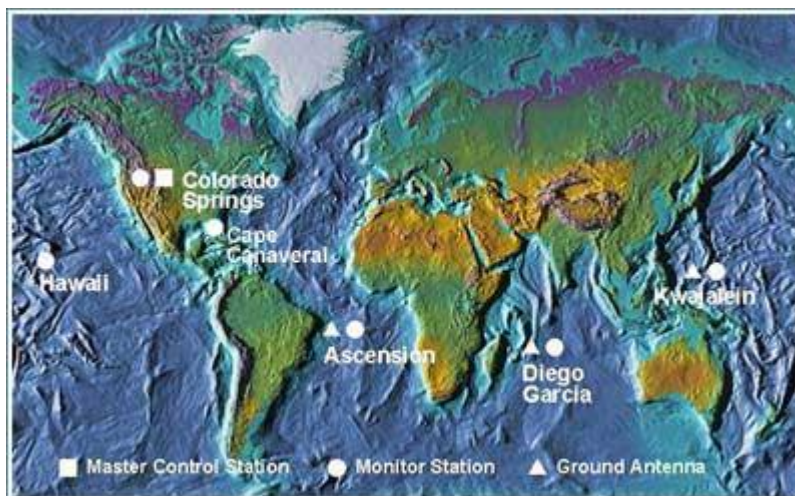
Ο βασικός εξοπλισμός κάθε δορυφόρου αποτελείται από ατομικά χρονόμετρα/ρολόγια, υπολογιστές και κεραίες τηλεπικοινωνίας. Μεταφέρει συνήθως τρία ή τέσσερα ατομικά ρολόγια καισίου ή και ρουβιδίου εκ των οποίων ένα χρησιμοποιείται ως βασικό για την παραγωγή μιας θεμελιώδους συχνότητας για το δορυφορικό σήμα και τη διατήρηση της κλίμακας του χρόνου, ενώ τα υπόλοιπα είναι εφεδρικά.^[7]

Το σήμα το οποίο εκπέμπουν οι δορυφόροι [βλέπε σελ.24] είναι εξαιρετικά πολύπλοκο, με δύο υψηλές συχνότητες 1.5 GHz, διαμορφωμένες από κώδικες ψευδοτυχαίου θορύβου και ένα μήνυμα δεδομένων. Σήμερα βρίσκονται σε λειτουργία τουλάχιστον 34 δορυφόροι των σειρών BLOCK III, BLOCK IIF, IIA, IIR, IIR-M, από τους οποίους οι 24 είναι ενεργοί για πλοήγηση ανά πάσα στιγμή, ενώ οι υπόλοιποι υποστηρίζουν το σύστημα.^[21]

2.4.2 Το επίγειο τμήμα ελέγχου

Το επίγειο τμήμα αποτελείται, από πέντε μόνιμους σταθμούς παρακολούθησης κατανεμημένους σε όλη τη γη, τρεις σταθμούς τηλεπικοινωνιών και έναν κεντρικό σταθμό ελέγχου. Οι πέντε επίγειοι σταθμοί παρακολούθησης, βρίσκονται κατανεμημένοι σε όλοι τη γη (Hawaii, Colorado Springs, Ascension Is, Diego Garcia, Kwajalein), συμπεριλαμβανομένου και

του κεντρικού σταθμού MCS (Master Control Station), όπου βρίσκεται στην αεροπορική βάση Falcon στο Colorado Springs.



Εικόνα 2: Οι επίγειοι σταθμοί ελέγχου (πηγή :

http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/gps/controlsegments/)

Ο ρόλος τους είναι, η συνεχής παρακολούθηση όλων των δορυφόρων λαμβάνοντας συνεχώς μετρήσεις και στις δύο συχνότητες του δορυφορικού σήματος (L1, L2). Η επεξεργασία αυτών των μετρήσεων γίνεται από τον κεντρικό σταθμό (MCS), όπου και μεταβιβάζονται όλες οι μετρήσεις. Οι συντεταγμένες των σταθμών είναι γνωστές στο σύστημα αναφοράς WGS84 (World Geodetic System 1984) και έχουν προσδιοριστεί με μεγάλη ακρίβεια, με μετρήσεις VLBI (Very Long Baseline Interferometry).

Οι τρεις σταθμοί τηλεπικοινωνιών, βρίσκονται τοποθετημένοι στους σταθμούς παρακολούθησης (Ascension Is, Diego Garcia, Kwajalein) και επικοινωνούν τρεις φορές την ημέρα με κάθε δορυφόρο, ώστε οι τελευταίοι να πάρουν τα αναγκαία δεδομένα του συστήματος πλοήγησης.

Ο κεντρικός σταθμός (MCS) εποπτεύει τη γενική λειτουργία του συστήματος, από τη διάταξη των δορυφόρων και τον υπολογισμό των εφημερίδων (τροχιών), μέχρι τον υπολογισμό των παραμέτρων διόρθωσης του χρόνου των δορυφόρων.

2.4.3 Το τμήμα των χρηστών

Κάθε χρήστης, για να συνδεθεί με ένα GNSS σύστημα χρειάζεται να διαθέτει εξοπλισμό GPS, ο οποίος θα εξασφαλίζει συνεχή λήψη του σήματος από τους δορυφόρους. Ο δέκτης GPS, χρησιμοποιώντας τις μεταδιδόμενες πληροφορίες, υπολογίζει την τρισδιάστατη θέση του χρήστη και το χρόνο λήψης του σήματος. Έτσι, μπορεί να εκμεταλλευτεί τις δυνατότητες για ναυσιπλοΐα, για γεωδαιτικές εφαρμογές και άλλες χρήσεις.

2.5 Το Σήμα των Δορυφόρων

Ο όρος σήμα γενικά αναφέρεται, σε μια ροή πληροφοριών, που περιγράφουν τη συμπεριφορά πολλών φαινομένων, όπως είναι ένα μήνυμα αριθμών και γραμμάτων, ο ήχος, ένα βίντεο κτλ. Μεταβάλλοντας μια από τις βασικές παραμέτρους του σήματος, όπως είναι η φάση, το πλάτος και η συχνότητα, τότε το σήμα μπορεί να μεταφέρει πληροφορία. Στην περίπτωση των GPS, η μεταβολή αυτή αναφέρεται στη φάση του κύματος. [Α. Φωτίου, Χ. Πικριδής, Θεσσαλονίκη 2006]

Το σήμα που στέλνουν οι δορυφόροι είναι εξαιρετικά περίπλοκο και υπόκειται στις ιδιότητες των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Η ταχύτητα διάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, εξαρτάται από τη διηλεκτρική σταθερά και τη μαγνητική διαπερατότητα της ύλης και διαφέρει από την ταχύτητα διάδοσης στο κενό. Επίσης εξαρτάται από τη συχνότητα διάδοσης και συνεπώς από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας (φαινόμενο διασποράς). Καθώς το σήμα "ταξιδεύει" στα στρώματα της ατμόσφαιρας, υπόκειται σε συνεχή διάθλαση και εξαρτάται από το δείκτη διάθλασης $n = c / u$, όπου c η ταχύτητα διάδοσης στο κενό ($c = 299792458$ m/s), και u η φασική ταχύτητα στην ύλη.

Η απαιτούμενη πληροφορία για τον εντοπισμό της θέσης βρίσκεται στο εκπεμπόμενο σήμα των δορυφόρων, οι οποίοι στέλνουν ένα μοναδικό σήμα (τα σήματα εκπέμπονται μόνο κατά τη φορά δορυφόρος – δέκτης), που διαμορφώνεται σε μια από τις δύο συχνότητες, στην περιοχή του L φάσματος. Η διαμόρφωση αυτή αναφέρεται σε διαμόρφωση της φάσης του αρχικού σήματος, ώστε να είναι εφικτή η ανάγνωση της πληροφορίας από το δέκτη. Η θεμελιώδης συχνότητα από την οποία προκύπτουν οι άλλες δύο φέρουσες συχνότητες είναι η $f_0 = 10.23$ MHz, η οποία παράγεται από το ατομικό ρολόι του δορυφόρου. Άρα λοιπόν, από τη διαμόρφωση της f_0 συχνότητας, παράγονται η L1 βασική συχνότητα ($L1 = 154 * f_0 = 1575.42$ MHz), με μήκος κύματος $\lambda_1 \approx 19,05$ cm και η συχνότητα L2 ($L2 = 120 * f_0 = 1227.60$ MHz), με $\lambda_2 \approx 24.45$ cm. Η χρήση των δύο συχνοτήτων δίνει τη δυνατότητα εξάλειψης της ιονοσφαιρικής διάθλασης.

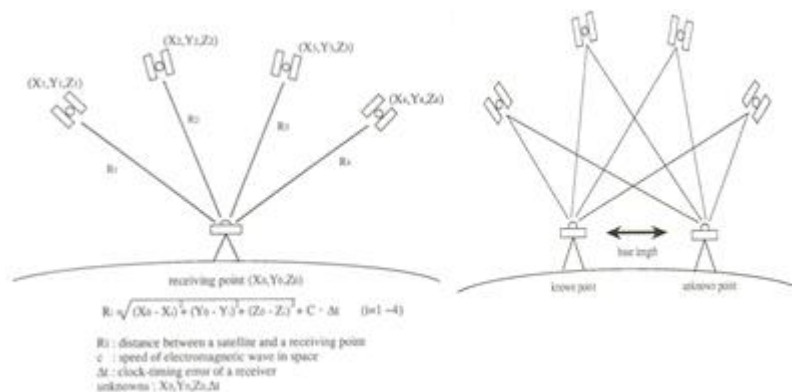
Ο δέκτης για να "διαβάσει" τις συχνότητες αυτές, χρησιμοποιεί δύο εκπεμπόμενους από τους δορυφόρους κώδικες διαίρεσης πολλαπλής πρόσβασης. Αυτοί είναι ο C/A κώδικας (Coarse/Acquisition ή Clear/Access) και ο P (Precise). Αποτελούν δυαδικές ακολουθίες αλγορίθμων και ονομάζονται κώδικες ψευδοτυχαίου θορύβου PRN (Pseudo Random Noise). Καθώς οι κώδικες αυτοί δεν μπορούν να διαδοθούν σε μεγάλες αποστάσεις, προστίθενται στη δέσμη L του φάσματος και διαμορφώνεται η L1 συχνότητα (διαμόρφωση από C/A και P) και η L2 (διαμόρφωση από P). Ο δέκτης δέχεται το σήμα, συγκρίνει το λαμβανόμενο κώδικα με ένα αντίγραφο που παράγει ο ίδιος και τελικά ταυτοποιεί το σήμα. Ταυτόχρονα, οι δύο φορείς διαμορφώνονται και από το μήνυμα πλοήγησης (navigation message) ή

μήνυμα δεδομένων (data) για την παροχή πληροφοριών όπως τα στοιχεία της τροχιάς των δορυφόρων (θέση δορυφόρων) και τις παραμέτρους συγχρονισμού των ρολογιών, ώστε να υπολογιστεί η θέση του δέκτη σε πραγματικό χρόνο. Οι κώδικες PRN χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση των ψευδοαποστάσεων μεταξύ δέκτη - δορυφόρου και ο χρόνος που απαιτείται για να ταυτοποιήσει ο δέκτης το σήμα, αντιστοιχεί στο χρόνο ταξιδιού του σήματος (travel time) και συνεπώς στην ψευδοαπόσταση αφού πολλαπλασιαστεί με την ταχύτητα του φωτός. Η απόσταση αυτή ονομάζεται ψευδοαπόσταση γιατί δεν περιλαμβάνει τη χρονική ολίσθηση μεταξύ χρονομέτρων δέκτη και δορυφόρου.

Από το 2005 χρησιμοποιείται ένας νέος κώδικας διόρθωσης, ο L2C, ο οποίος δίνει καλύτερα αποτελέσματα προσδιορισμού θέσης, καθώς δίνει πληροφορίες για την ιονοσφαιρική διόρθωση σε πραγματικό χρόνο, αυξάνοντας την ακρίβεια του απόλυτου προσδιορισμού.

2.6 Μέθοδοι Προσδιορισμού Θέσης με Δέκτες GNSS

Οι μέθοδοι προσδιορισμού της θέσης με χρήση δεκτών GNSS, διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, στον *απόλυτο εντοπισμό θέσης* (absolute positioning) και στο *σχετικό εντοπισμό θέσης* (relative positioning). Επίσης, ανάλογα με την τεχνική επίλυσης που θα χρησιμοποιηθεί, διακρίνονται δύο κατηγορίες όπου, τα αποτελέσματα προκύπτουν σε πραγματικό χρόνο ή σε αποτελέσματα με εκ των υστέρων επεξεργασία.



Εικόνα 3: Ο απόλυτος και ο σχετικός προσδιορισμός της θέσης (<http://wtlab.iis.u-tokyo.ac.jp/~wataru/lecture/rsgis/rsnote/cp6/6-8-2.gif>)

- Κατά τον *απόλυτο προσδιορισμό* της θέσης ενός σημείου της γήινης επιφάνειας, υπολογίζονται οι συντεταγμένες (X, Y, Z) ενός δέκτη μόνο από δικές του παρατηρήσεις. Στην πραγματικότητα όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, ο απόλυτος προσδιορισμός αποτελεί την επίλυση μιας πλευρικής εμπροσθοτομίας στο χώρο, όπου οι δορυφόροι αποτελούν τα σημεία γνωστών συντεταγμένων και ο δέκτης το υπό προσδιορισμό σημείο. Οι παρατηρήσεις που

πραγματοποιούνται από το δέκτη, αναφέρονται κυρίως σε παρατηρήσεις της ψευδοαπόστασης μεταξύ δορυφόρου – δέκτη από τον κώδικα C/A. Η ακρίβεια που μπορεί να προκύψει είναι της τάξης των μερικών μέτρων, γι αυτό και δεν χρησιμοποιείται σε γεωδαιτικές εφαρμογές, αλλά κυρίως για πλοήγηση και στη ναυσιπλοΐα.

- Κατά το *σχετικό προσδιορισμό* της θέσης, απαιτείται η χρήση δύο δεκτών ή και παραπάνω και αυτό που προσδιορίζεται κάθε φορά είναι το διάνυσμα μεταξύ αυτών (ΔX_{ij} , ΔY_{ij} , ΔZ_{ij}), το οποίο ονομάζεται βάση (baseline). Αν τώρα είναι γνωστές οι συντεταγμένες του ενός ως προς κάποιο σύστημα αναφοράς, μπορεί να υπολογιστεί η σχετική θέση του άλλου $[X_j] = [X_i] + [\Delta X_{i-j}]$. Ο σταθερός δέκτης συνηθίζεται να αναφέρεται ως base και ο κινητός δέκτης ως rover. Οι παρατηρήσεις που χρησιμοποιούνται στο σχετικό προσδιορισμό είναι παρατηρήσεις φάσης και συγκεκριμένα αναφέρονται στον προσδιορισμό των ακεραίων ασαφειών φάσης, ανά βάση που δημιουργείται. Η μέτρηση των ψευδοαποστάσεων εδώ έχει βοηθητικό χαρακτήρα, κατά τον υπολογισμό των προσεγγιστικών συντεταγμένων και στην επίλυση του σφάλματος των ρολογιών δέκτη – δορυφόρου. Η ακρίβεια προσδιορισμού θέσης κατά το σχετικό προσδιορισμό, με εκ των υστέρων επεξεργασία είναι της τάξης μερικών χιλιοστών και γι αυτό χρησιμοποιείται ευρέως σε γεωδαιτικές εφαρμογές.

2.7 Οι Τεχνικές του Σχετικού Προσδιορισμού Θέσης

Οι τεχνικές του σχετικού προσδιορισμού που χρησιμοποιούνται ανάλογα με την ακρίβεια που ζητείται να επιτευχθεί και τη φύση της εργασίας είναι οι εξής:

2.7.1 Ο σχετικός στατικός εντοπισμός θέσης (Static)

Κατά το σχετικό στατικό εντοπισμό θέσης προσδιορίζεται το διάνυσμα της βάσης στο χώρο από μετρήσεις που γίνονται με δύο δέκτες και με παρατηρήσεις της φάσης του φέροντος κύματος. Οι παρατηρήσεις της ψευδοαπόστασης μεταξύ δέκτη δορυφόρου, βοηθούν στον προσδιορισμό των καλύτερων προσεγγιστικών συντεταγμένων και στο συγχρονισμό των ρολογιών. Επίσης συμμετέχουν στην επίλυση των ασαφειών φάσεις μαζί με τις παρατηρήσεις της φάσης του κύματος. Οι εξισώσεις παρατήρησης κατά το σχετικό στατικό προσδιορισμό θέσης είναι οι εξής :

$$\begin{aligned}
 P_{1A}^i &= \rho_A^i + c\delta_A - c\delta^i + I_{1A}^i + T_A^i \\
 P_{2A}^i &= \rho_A^i + c\delta_A - c\delta^i + I_{2A}^i + T_A^i \\
 L_{1A}^i &= \rho_A^i + c\delta_A - c\delta^i - I_{1A}^i + T_A^i + \lambda n_{1A}^i \\
 L_{2A}^i &= \rho_A^i + c\delta_A - c\delta^i - I_{2A}^i + T_A^i + \lambda n_{2A}^i
 \end{aligned}$$

Όπου :

ρ_A^i : η γεωμετρική απόσταση δέκτη – δορυφόρου ($\rho_A^i = \sqrt{(X^i - X_A)^2 + (Y^i - Y_A)^2 + (Z^i - Z_A)^2}$)

c : η ταχύτητα διάδοσης του φωτός στο κενό

δ_A : η αποχή του χρονομέτρου του δέκτη

δ^i : η αποχή του χρονομέτρου του δορυφόρου

I : ιονοσφαιρική διόρθωση

T : τροποσφαιρική διόρθωση

n_r^i : εκτίμηση ασάφειας φάσης

Οι δύο πρώτες εξισώσεις αναφέρονται στις ψευδοαποστάσεις του κώδικα Ρ των δύο φορέων, ενώ οι άλλες δύο αναφέρονται στις διαφορές της φάσης του κύματος, εκφρασμένες σε μονάδες απόστασης. Οι διαφορές φάσης, χρησιμοποιούνται στο σχετικό στατικό προσδιορισμό καθώς απαλείφουν τα συστηματικά σφάλματα.

Οι δέκτες παραμένουν ακίνητοι καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων. Ο χρόνος παραμονής στο σημείο μπορεί να είναι από μερικά λεπτά (περίπου 8min) έως κάποιες ώρες και εξαρτάται κυρίως από την ακρίβεια που ζητείται, το μέγεθος της βάσης που μετράται και από τη γεωμετρία των δορυφόρων κατά το διάστημα της μέτρησης. Η ακρίβεια της τεχνικής είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την ακρίβεια του σταθερού σημείου αναφοράς και μπορεί να φτάσει τα μερικά χιλιοστά για βάσεις μέχρι τα 5 Km (± 5 mm) και ρυθμό καταγραφής ανά 10 - 15 sec. Χρησιμοποιείται κυρίως σε γεωδαιτικές εφαρμογές.

2.7.2 Ο σχετικός κινηματικός εντοπισμός θέσης (Kinematic)

Κατά την τεχνική αυτή ο κινητός δέκτης (rover), μετακινείται γρηγορότερα από σημείο σε σημείο και χρησιμοποιείται σε μικρότερης ακρίβειας αποτυπώσεις μεγάλης κλίμακας, στον προσδιορισμό τροχιών οχημάτων κ.τ.λ.. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για προσδιορισμό θέσης σε πραγματικό χρόνο, με μετρήσεις φάσης του φέροντος κύματος (RTK), ή και με μέτρηση ψευδοαποστάσεων (DGPS). Η ακρίβεια που επιτυγχάνεται ανάλογα με την τεχνική που θα ακολουθηθεί, κυμαίνεται από μερικά εκατοστά έως κάποια μέτρα. Αναλυτικότερα για τις δύο τεχνικές :

- Η τεχνική του σχετικού κινηματικού εντοπισμού θέσης σε πραγματικό χρόνο (RTK) αναφέρεται, σε ακριβή προσδιορισμό της θέσης ενός σημείου της φ.γ.ε. σε πραγματικό χρόνο. Μπορεί να δώσει αποτελέσματα ανάλογα με τις δυνατότητες του δέκτη, της τάξης των

λίγων εκατοστών (1 - 3 cm) ανάλογα πάντα και με το μήκος της βάσης, που συνήθως δεν ξεπερνά τα 50km. Σύμφωνα με τη μέθοδο, ο ένας δέκτης κινείται συνεχώς ενώ ο άλλος δέκτης αναφοράς παραμένει σταθερός καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων, σε κάποιο σημείο γνωστών συντεταγμένων. Ο σταθερός δέκτης (Base) στέλνει μέσω ενός πομποδέκτη διορθώσεις στον άλλο δέκτη (Rover), ο οποίος χρησιμοποιεί τις διορθώσεις αυτές, ώστε να επιλύσει επιτόπου τις ασάφειες φάσεις και να δώσει τις ζητούμενες συντεταγμένες άμεσα. Οι διορθώσεις μεταδίδονται μέσω μηνυμάτων RTCM (Ratio Technical Commission for Maritime services) και ο χρόνος παραμονής στο σημείο είναι περίπου 3-10 sec, ώστε να δοθούν επαρκείς λύσεις (fixed).

- Η τεχνική του διαφορικού εντοπισμού θέσης σε πραγματικό χρόνο (Differential GPS), βασίζεται στη μέτρηση των ψευδοαποστάσεων μεταξύ δέκτη δορυφόρου. Η βασική παραδοχή που γίνεται είναι ότι, τα σφάλματα κατά τη μέτρηση των ψευδοαποστάσεων είναι κοινά για τους δέκτες που βρίσκονται στην ίδια περιοχή μελέτης και παρακολουθούν τον ίδιο αριθμό δορυφόρων. Κατά την εφαρμογή της τεχνικής, χρειάζεται ο ένας δέκτης να παραμείνει ακίνητος σε κάποιο σημείο γνωστών συντεταγμένων. Με βάση τις γνωστές εφημερίδες (τροχιές) των δορυφόρων, υπολογίζονται οι πραγματικές αποστάσεις μεταξύ δέκτη – δορυφόρου, οι οποίες συγκρίνονται με την μετρημένη απόσταση προς τους ίδιους δορυφόρους. Η διαφορά αυτή αναφέρεται στο σφάλμα που εμπεριέχεται κατά μέτρηση της ψευδοαπόστασης και μεταδίδεται σε πραγματικό χρόνο στους κινητούς δέκτες μέσω μηνυμάτων RTCM. Η ακρίβεια της τεχνικής είναι από 1 – 0,5 m ανάλογα με το μήκος της βάσης που μετράται.

Τα τελευταία χρόνια, έχουν αναπτυχθεί δίκτυα επίγειων σταθμών αναφοράς όπως το κρατικό δίκτυο HEPOS (HEllenic POsitioning System). Επίσης, υπάρχουν και ιδιωτικές εταιρίες που ασχολούνται με το δορυφορικό εντοπισμό θέσης, με την κάθε εταιρία να διαθέτει το δικό της ιδιωτικό δίκτυο κάλυψης του ελλαδικού χώρου, με τοποθετημένους σταθμούς αναφοράς GNSS συνεχούς καταγραφής δεδομένων, σε σημεία γνωστών συντεταγμένων σε όλη την Ελλάδα. Ο χρήστης πληρώνει κάποια συνδρομή, ώστε να του αποστέλλονται οι διορθώσεις από τον κοντινότερο σταθμό αναφοράς στην περιοχή της εργασίας του, μέσω ενός modem ή συσκευής GSM και έτσι συνήθως χρειάζεται ένα μόνο δέκτη για τις επίγειες μετρήσεις.

Μια πρωτοποριακή μέθοδος η οποία αφορά κυρίως εφαρμογές RTK/DGPS είναι και αυτή των εικονικών σταθμών VRS (Virtual Reference Station) και βασίζεται στη δημιουργία ενός πλασματικού σταθμού GNSS, ο οποίος λειτουργεί όπως ακριβώς ένας πραγματικός δέκτης GNSS. Η τεχνική

στηρίζεται στην ύπαρξη δικτύου μόνιμων σταθμών GNSS σε αποστάσεις μεταξύ τους που δεν ξεπερνούν τα 50 έως 70 km.^[7] Ο σκοπός της μεθόδου είναι η επίτευξη των ακριβειών πραγματικού χρόνου σε μεγαλύτερες αποστάσεις μεταξύ σταθερού και κινητού δέκτη και η χρησιμοποίηση ενός μόνο δέκτη κατά την αποτύπωση. Ο χρήστης, το μόνο που χρειάζεται πέρα από το δέκτη GNSS, είναι ένα μέσο αμφίδρομης επικοινωνίας με το υπολογιστικό κέντρο (radio modems, κινητό τηλέφωνο κ.α.), ώστε να αποστέλλει τη λύση πλοήγησης με τη βοήθεια του μηνύματος NMEA (National Maritime Electronics Association).

Το αποτέλεσμα είναι η απόκτηση ενός εικονικού σταθμού αναφοράς, ο οποίος θα βρίσκεται λίγα μόλις μέτρα από το κέντρο λήψης σήματος της κεραίας GNSS. Άρα, ο χρήστης μπορεί να εφαρμόσει τη μέθοδο RTK, όπου ο σταθερός δέκτης υλοποιείται από τον εικονικό σταθμό με στόχο τον προσδιορισμό της θέσης του όσο μακριά και αν βρίσκεται από τον κοντινότερο μόνιμο σταθμό αναφοράς του δικτύου. Η συνεισφορά του δικτύου έχει να κάνει με το γεγονός ότι υπάρχει σε κάθε χρονική στιγμή μέτρησης η γνώση για το μέγεθος και τη συμπεριφορά των σφαλμάτων των παρατηρήσεων και ειδικά εκείνων που εξαρτώνται από την απόσταση.^[8]

2.7.3 Ο ταχύς στατικός εντοπισμός (Fast Static)

Χρησιμοποιείται για να δώσει ακριβή αποτελέσματα σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα και σε σχετικά μικρές βάσεις. Εδώ ο κινητός δέκτης (rover), παραμένει στο σημείο λίγα λεπτά (ενδεικτικά από 5 – 20 min), με ρυθμό καταγραφής ανά 10 sec και η ακρίβεια που επιτυγχάνεται είναι της τάξης των μερικών εκατοστών.

2.7.4 Ο ημικινηματικός εντοπισμός (Stop and Go)

Αποτελεί τεχνική του σχετικού κινηματικού προσδιορισμού, όπου και εδώ ο σταθερός δέκτης (base) παραμένει ακίνητος, ενώ ο κινητός (rover) εναλλάσσεται από σημείο σε σημείο με χρόνο παραμονής μερικά δευτερόλεπτα και με ρυθμό καταγραφής δεδομένων ανά 5sec. Χρησιμοποιείται κυρίως σε ανοιχτές περιοχές, χωρίς παρεμβολές του σήματος και για την αποτύπωση σημείων λεπτομερειών.

2.7.5 Ο συνεχής κινηματικός εντοπισμός (Continuous Kinematic)

Είναι επίσης τεχνική του σχετικού κινηματικού, με τη διαφορά ότι ο κινητός δέκτης δεν παραμένει καθόλου στο σημείο, αλλά κινείται συνεχώς. Χρησιμοποιείται κυρίως για την απόδοση της φυσικής γήινης επιφάνειας με ακρίβεια μερικών μέτρων.

2.8 Διαφορές των Τεχνικών RTK και Static

Η κύρια διαφορά των δύο μεθόδων, αναφέρεται στην ακρίβεια προσδιορισμού της θέσης, όπου κατά το σχετικό στατικό εντοπισμό φτάνει τα μερικά χιλιοστά, ενώ με τη δεύτερη μέθοδο προσεγγίζεται ακρίβεια εκατοστού. Μια δεύτερη βασική διαφορά, αφορά τον χρόνο παραμονής στο σημείο, όπου όπως αναφέρθηκε η τεχνική του σχετικού κινηματικού εντοπισμού σε πραγματικό χρόνο υπερέρχει ξεκάθαρα, με αναγκαίο χρόνο παραμονής τα μερικά δευτερόλεπτα και για το λόγο αυτό έχει ευρεία εφαρμογή στις μέρες μας στις συνήθεις τοπογραφικές εργασίες. Το κόστος επίσης διαφέρει ανάμεσα στις δύο μεθόδους, καθώς κατά το στατικό προσδιορισμό απαιτούνται δύο δέκτες, ενώ με τη μέθοδο του δικτυακού RTK ένας.

2.9 Απλές, Διπλές και Τριπλές Διαφορές

Όπως έχει ειπωθεί παραπάνω, οι παρατηρήσεις φάσης είναι αυτές που χρησιμοποιούνται απαραίτητως στις τοπογραφικές εφαρμογές, ενώ οι ψευδοαποστάσεις χρησιμοποιούνται ως βοηθητικές για την επίλυση των ασαφειών φάσης. Για να επιλυθεί το γραμμικό σύστημα των τεσσάρων εξισώσεων παρατήρησης, χρησιμοποιούνται γραμμικοί συνδυασμοί που αναφέρονται ως διαφορές παρατηρήσεων.

Οι πρωτογενείς παρατηρήσεις φάσης και ψευδοαπόστασης ονομάζονται "μηδενικές διαφορές" (zero differences). Οι "διαφορές" αναφέρονται σε μετρήσεις του ίδιου τύπου και φορέα αλλά μεταξύ διαφορετικών δεκτών. Ο βασικό λόγος χρησιμοποίησης των διαφορών είναι η σχεδόν απαλοιφή κοινών συστηματικών σφαλμάτων. Παράλληλα, άλλα σφάλματα, όπως τα ατμοσφαιρικά, ανάγονται σε πολύ μικρό μέγεθος.^[7] Αναλυτικότερα :

2.9.1 Απλές διαφορές (single difference)

Η απλή διαφορά αναφέρεται σε διαφορά ταυτόχρονων παρατηρήσεων από δύο δέκτες ως προς κάποιο κοινό δορυφόρο του δορυφορικού συστήματος. Με χρήση απλών διαφορών απαλείφονται κοινά σφάλματα που οφείλονται κυρίως στο δορυφόρο, όπως το σφάλμα ρολογιού του δορυφόρου. Τα σφάλματα της αρχικής φάσης και τα σφάλματα λόγω ατμοσφαιρικών επιδράσεων ελαχιστοποιούνται. Τα τελευταία δεν απαλείφονται εντελώς, αλλά για αποστάσεις μερικών χιλιομέτρων σχεδόν μηδενίζονται. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα είναι ότι δεν απαλείφεται το σφάλμα του ρολογιού του δέκτη.

2.9.2 Διπλές διαφορές (double differences)

Η διπλή διαφορά αναφέρεται στη διάφορα δύο ταυτόχρονων απλών διαφορών μεταξύ δύο δεκτών, οι οποίοι παρακολουθούν τους ίδιους δύο

δορυφόρους. Με τις διπλές διαφορές απαλείφονται τα σφάλματα των ρολογιών των δεκτών και οι αρχικές φάσεις φ_0 . Οι διπλές διαφορές συνήθως χρησιμοποιούνται στην επίλυση των ακεραίων ασαφειών φάσης και στην τελική συνόρθωση ενός δικτύου ή μιας βάσης GPS ώστε να επιτευχθεί ακρίβεια εκατοστού.

2.9.3 Τριπλές διαφορές (triple differences)

Η τριπλή διαφορά αναφέρεται στη διαφορά δύο διπλών διαφορών ως προς δύο διαφορετικές εποχές. Απαλείφονται οι ακέραιες ασάφειες φάσης, γεγονός που επιτρέπει μια αρχική ικανοποιητική εκτίμηση των συντεταγμένων που με τη σειρά τους βοηθούν στην τελική επίλυση των ασαφειών φάσης. Επίσης απαλείφεται η επιρροή της τροπόσφαιρας λόγω του σχεδιασμού των τριπλών διαφορών σε κοντινές χρονικές εποχές. Αντιθέτως, δεν είναι εφικτή η απαλοιφή της ιονοσφαιρικής επίδρασης, καθώς υπάρχουν σημαντικές μεταβολές σε μικρά χρονικά διαστήματα. Κυρίως, χρησιμοποιούνται στο στάδιο της επεξεργασίας για ανίχνευση πιθανής ολίσθησης των κύκλων.

2.10 Σφάλματα Δορυφορικών Συστημάτων GNSS

Τα σφάλματα και οι πηγές τους που σχετίζονται με τα δορυφορικά συστήματα, είναι κυρίως συστηματικά σφάλματα τα οποία πρέπει να μοντελοποιηθούν με κάποιο τρόπο, ώστε να περιοριστούν ή ακόμα και να εξαλειφθούν πλήρως. Εκτός από τα συστηματικά, υπάρχουν και τα τυχαία σφάλματα ή θόρυβος όπως συνηθίζεται να αποκαλείται, τα οποία και είναι αναπόφευκτα. Τα σφάλματα των δορυφορικών συστημάτων GNSS μπορούν να διαχωριστούν σε τρεις κατηγορίες :

- Τα σφάλματα των δορυφόρων : Αναφέρονται στα σφάλματα της δορυφορικής τροχιάς (εφημερίδας), το σφάλμα του ρολογιού του δορυφόρου και το σφάλμα της επιλεκτικής διαθεσιμότητας των δορυφόρων, που συνεπάγεται με σκόπιμη μείωση ακρίβειας.
- Τα σφάλματα των δεκτών : Είναι το σφάλμα ρολογιού του δέκτη, που θεωρείται άγνωστη παράμετρος, το σφάλμα της μεταβολής του κέντρου φάσης της κεραίας, το τυχαίο σφάλμα παρατήρησης (θόρυβος) και το σφάλμα αβεβαιότητας του σταθερού σημείου αναφοράς (Control Point).
- Τα σφάλματα κατά τη διάδοση του σήματος : Είναι το ατμοσφαιρικό σφάλμα και συγκεκριμένα είναι το σφάλμα της διάδοσης του κύματος μέσα από τα στρώματα της ιονόσφαιρας και της τροπόσφαιρας, το σφάλμα της πολυανάκλασης και το σφάλμα της ολίσθησης κύκλων. Η ολίσθηση κύκλων αναφέρεται στην περίπτωση αδυναμίας λήψης του

σήματος όπου και χάνεται ένας αριθμός ακέραιων κύκλων με συνέπεια όλες οι επόμενες μετρήσεις να είναι μετατοπισμένες κατά τον ίδιο αριθμό κύκλων.

Εκτός από τα παραπάνω, η ύπαρξη κακής γεωμετρίας μεταξύ των δορυφόρων και του δέκτη αποτελεί έναν ακόμα παράγοντα σφάλματος, ο οποίος δυσχεραίνει τη ποιότητα της λύσης.

2.11 Ο Δείκτης DOP (Dilution Of Precision)

Ο δείκτης DOP αναφέρεται στη γεωμετρία που επιτυγχάνεται μεταξύ δέκτη – δορυφόρων και ορίζεται ως ο λόγος της ακρίβειας προσδιορισμού θέσης (σ), προς την ακρίβεια μέτρησης (σ_0) :

$$DOP = \sigma / \sigma_0$$

Ανάλογα με το είδος του σφάλματος που εκφράζει διακρίνεται σε :

HDOP = σφάλμα κατά την οριζόντια έννοια

VDOP = σφάλμα κατά την κατακόρυφη έννοια

PDOP = σφάλμα κατά την οριζόντια και κατακόρυφη έννοια

TDOP = σφάλμα χρονομέτρου του δέκτη

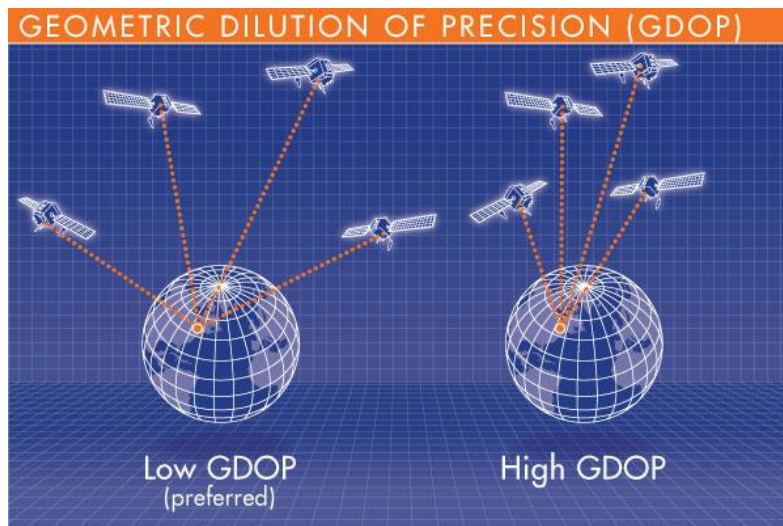
HTDOP = σφάλμα κατά την οριζόντια έννοια και χρονομέτρου

GDOP = σφάλμα κατά την οριζόντια και κατακόρυφη έννοια και σφάλμα χρονομέτρου (Geometric Dilution of Precision)

$$\text{Ισχύουν οι σχέσεις : } PDOP = \pm \sqrt{((HDOP)^2 + (VDOP)^2)}$$

$$GDOP = \pm \sqrt{((PDOP)^2 + (TDOP)^2)} .$$

Ο δείκτης DOP μεταβάλλεται ανάλογα με τη σχετική θέση του δέκτη με τους δορυφόρους και επηρεάζει τις μετρήσεις. Γενικά, για να επιτευχθεί αξιόπιστη λύση, επιδιώκεται η τιμή του δείκτη να είναι όσο το δυνατόν κοντά στη μονάδα. Ένας ομοιόμορφος σχηματισμός δορυφόρων γύρω από το δέκτη μπορεί να θεωρηθεί καλή γεωμετρία. Αποφεύγεται να χρησιμοποιούνται δορυφόροι που δύνουν ως προς το δέκτη και βρίσκονται στον ορίζοντα. Τα τελευταία χρόνια με την εξέλιξη των δεκτών GNSS αλλά και των συστημάτων επίλυσης δορυφορικών δεδομένων είναι εφικτή η επιλεκτική αφαίρεση δορυφόρων. Γίνεται εφικτό δηλαδή κατά την επίλυση μια βάσης να αφαιρεθούν οι δορυφόροι οι οποίοι δεν έχουν καλή θέση σε σχέση με το δέκτη, οι οποίοι όμως συμμετέχουν στη λύση.



Εικόνα 4: Καλή και κακή γεωμετρία δορυφόρων με βάση το δείκτη GDOP
([http://electronicdesign.com/site-](http://electronicdesign.com/site-files/electronicdesign.com/files/archive/autoelectronics.com/telematics/navigation_systems/GPS_1.jpg)

[files/electronicdesign.com/files/archive/autoelectronics.com/telematics/navigation_systems/GPS_1.jpg](http://electronicdesign.com/files/archive/autoelectronics.com/telematics/navigation_systems/GPS_1.jpg))

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ GNSS

3.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα συστήματα αναφοράς που χρησιμοποιούνται σήμερα, έτσι ώστε να προσδιοριστεί το σχήμα, το μέγεθος και το πεδίο βαρύτητας της Γης, καθώς και οι μεταβολές τους στο χρόνο, όπου είναι και ο κύριος σκοπός της επιστήμης της Γεωδαισίας.

Αρχικά, δίνονται οι ορισμοί του συστήματος αναφοράς, του πλαισίου αναφοράς και του συστήματος των συντεταγμένων. Επίσης, αναλύονται τα συστήματα αναφοράς που απασχολούν την επιστήμη της Γεωδαισίας και παρουσιάζονται τα κυριότερα συστήματα αναφοράς που χρησιμοποιούνται παγκοσμίως. Τέλος, δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στα συστήματα αναφοράς των GNSS και στα δίκτυα αναφοράς που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα.

3.2 Χρήσιμοι Ορισμοί

Τα *Συστήματα Αναφοράς (Reference System)* στη Γεωδαισία, αναφέρονται στον ορισμό ενός μαθηματικού τριέδρου, προσανατολισμένο στο χώρο, πάνω στο οποίο θα αναφέρονται τα παρατηρούμενα μεγέθη - στοιχεία της επιφάνειας της Γης, με μία σειρά συνταγών (prescriptions) συμβάσεων (conventions) και μοντέλων (models). Ένα Σύστημα Αναφοράς συνοδεύεται με ένα σύνολο παραμέτρων και πλαισίων συντεταγμένων, που αποδίδουν κάθε φορά όσο το δυνατόν καλύτερα τα γεωμετρικά στοιχεία μιας συγκεκριμένης περιοχής ή και ολόκληρης της Γής.

Τα *Συμβατικά Συστήματα Αναφοράς (Conventional Systems)*, ονομάζονται έτσι καθώς όλα τα συστήματα και πλαίσια αναφοράς προσδιορίζονται με άμεσες ή έμμεσες παρατηρήσεις και συνεπώς αποτελούν προσεγγίσεις του πραγματικού, το οποίο δεν μπορούμε να γνωρίζουμε. Διακρίνονται τέσσερις μεγάλες ομάδες συστημάτων αναφοράς που χρησιμοποιούνται στην Γεωδαισία: τα *αστρονομικά σύστημα αναφοράς*, τα *γήινα ή παγκόσμια συστήματα αναφοράς*, τα *γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς* και τα *τοποκεντρικά ή αυθαίρετα τοπικά συστήματα αναφοράς*.

Το *Πλαίσιο Αναφοράς (Reference Frame)*, εκφράζει το τρόπο και τα μέσα υλοποίησης ενός Συστήματος Αναφοράς ώστε να είναι προσβάσιμο στο χρήστη. Η υλοποίηση αυτή (establishment), εκφράζεται από τις συντεταγμένες ενός συνόλου θεμελιωδών σημείων και γίνεται με μετρήσεις VLBI, SLR, GPS και DORIS [βλέπε σελ.39] όσον αφορά τα σύγχρονα επίγεια συστήματα.

Το *Σύστημα Συντεταγμένων (Coordinate System)* αναφέρεται στη διαδικασία προσδιορισμού της θέσης οποιουδήποτε σημείου στο χώρο ως προς κάποιο πλαίσιο συντεταγμένων, μέσω κάποιων παραμέτρων. Ανάλογα με τη

μαθηματική επιφάνεια αναφοράς που χρησιμοποιείται κάθε φορά διακρίνονται: στο επίπεδο το σύστημα των ορθογώνιων και πολικών συντεταγμένων, ενώ στον τρισδιάστατο χώρο το σύστημα των καρτεσιανών και γεωδαιτικών (ελλειψοειδών) συντεταγμένων. Επίσης, σε διάφορες εφαρμογές της Γεωδαισίας χρησιμοποιούνται οι σφαιρικές και οι κυλινδρικές συντεταγμένες.

Η *Εποχή Αναφοράς* (Epoch of Reference) καθορίζει τη χρονική στιγμή κατά την οποία αναφέρονται οι συντεταγμένες ενός πλαισίου αναφοράς. Λόγω των μετακινήσεων των γήινων λιθοσφαιρικών πλακών οι συντεταγμένες ενός datum, είτε αυτό είναι γεωκεντρικό είτε τοπικό, πρέπει να ανάγονται στη συγκεκριμένη εποχή αναφοράς με βάση την Ιουλιανή Ημερομηνία.

3.2.1 Αστρονομικά συστήματα αναφοράς

Είναι το φυσικό σύστημα αναφοράς που ορίζει τη θέση ενός σημείου πάνω σε μία ισοδυναμική επιφάνεια, το γεωειδές, με βάση τον προσανατολισμό της κατακορύφου που είναι ο στιγμιαίος άξονας περιστροφής της γης και τον αντίστοιχο γεωδυναμικό αριθμό του σημείου. Ο γεωδυναμικός αριθμός ενός σημείου, είναι η διαφορά του δυναμικού του πεδίου βαρύτητας της γης μεταξύ του σημείου και του γεωειδούς ($C=W_0-W$). Η θέση ενός σημείου στο σύστημα αυτό, μπορεί να καταγραφεί με απ' ευθείας μετρήσεις στο σημείο και ο προσανατολισμός της κατακορύφου εκφράζεται με το αστρονομικό πλάτος (Φ) και το αστρονομικό μήκος (Λ).

3.2.2 Γήινα ή παγκόσμια συστήματα αναφοράς

Στα γήινα συστήματα αναφοράς, η θέση ενός σημείου ορίζεται με βάση το κέντρο μάζας της Γης και ο προσανατολισμός του συστήματος, βασίζεται στο μέσο άξονα περιστροφής της Γης (άξονας Z). Ο άξονας X ορίζεται από το γεωκεντρο και το σημείο τομής του Ισημερινού με το μέσο μεσημβρινό του Greenwich και ο άξονας Y συμπληρώνει το τρισσορθογώνιο σύστημα με κατεύθυνση προς ανατολάς, ώστε το σύστημα να είναι δεξιόστροφο. Επίσης στα μοντέλα αυτά χρησιμοποιούνται διάφορες μαθηματικές εκφράσεις συντεταγμένων με κυριότερη αυτή των ελλειψοειδών συντεταγμένων και αυτή των καρτεσιανών.

3.2.3 Γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς

Πριν από λίγα χρόνια, η ανάπτυξη ενός παγκόσμιου γήινου συστήματος αναφοράς δεν ήταν εύκολη υπόθεση και η εξέλιξη τους ξεκίνησε με την ανάπτυξη των συστημάτων GNSS. Γι' αυτό τα γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς δημιουργήθηκαν ώστε να εξαλείψουν την ανάγκη ύπαρξης διαφορετικών datum. Διαφέρουν από ένα γήινο σύστημα αναφοράς ως προς την αρχή τους όπου δεν συμπίπτει με το κέντρο μάζας της γης. Το μαθηματικό μοντέλο και εδώ μπορεί να είναι ένα ελλειψοειδές εκ περιστροφής

παράλληλα μετατοπισμένο ως προς το γήινο και μπορεί να εκφραστεί και εδώ με τις ελλειψοειδείς συντεταγμένες ή τις καρτεσιανές. Ένα γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς ορίζεται από έξη παραμέτρους (3 θέσης, 3 προσανατολισμού) :

- Τις γεωγραφικές συντεταγμένες ($\varphi_0, \lambda_0, h_0$) της αρχής του συστήματος
- Τις παραμέτρους του ελλειψοειδούς (a, f)
- Το αξιμούθιο A_0 μεταξύ του σημείου αρχής και ενός άλλου σημείου του ίδιου συστήματος.

Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται ως datum το κεντρικό βάθρο του Κέντρου παρακολούθησης δορυφόρων στο Διόνυσο.

3.2.4 Τοποκεντρικά ή αυθαίρετα συστήματα αναφοράς

Στην πράξη, πολλές φορές πέρα από τα γεωδαιτικά συστήματα ή τα γήινα, χρησιμοποιούνται και τα τοποκεντρικά ή αυθαίρετα συστήματα αναφοράς. Το κέντρο του συστήματος μπορεί να είναι ένα οποιοδήποτε σημείο στη φ.γ.ε.. και ο προσανατολισμός των αξόνων του συστήματος είναι αυθαίρετος.

3.3 Αδρανειακά Συστήματα Αναφοράς

Αδρανειακά συστήματα αναφοράς ονομάζονται εκείνα, που σύμφωνα με τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα, βρίσκονται σε κατάσταση ηρεμίας σε σχέση με τον "απόλυτο" αδρανειακό χώρο ή κινούνται ευθύγραμμα σε σχέση με το χώρο, με σταθερή ταχύτητα, χωρίς περιστροφική κίνηση και διατηρώντας την παραλληλία των αξόνων τους.^[8]

Τα συστήματα αναφοράς που χρησιμοποιούνται στη Γεωδαισία, είναι "σχεδόν" αδρανειακά, καθώς διατηρούν ακίνητους τους άξονες χωρίς περιστροφή, αλλά η αφετηρία του συστήματος που είναι συνήθως το κέντρο μάζας της Γης (γεώκεντρο), επιταχύνεται. Τα συστήματα αναφοράς που έχουν ως αρχή τους το κέντρο μάζας της Γης λέγονται *Γεωκεντρικά ή Γήινα Συστήματα Αναφοράς TRS* (Terrestrial Reference System) και οι άξονες τους κινούνται με σταθερές διευθύνσεις κατά την περιστροφή της Γης γύρω από τον ήλιο. Τα γήινα αυτά συστήματα, αποτελούν παράδειγμα ενός σχεδόν αδρανειακού συστήματος, όπως και τα στοιχεία από τις τροχιές των δορυφόρων του συστήματος GNSS αναφέρονται σε ένα τέτοιο σύστημα.

Τα δορυφορικά αδρανειακά συστήματα υλοποιούνται με τις τροχιές των τεχνιτών δορυφόρων και λέγονται *Ουράνια Σύστημα Αναφοράς CRS* (Celestial Reference System). Τα συστήματα αυτά απαιτούν τη χρήση ενός συστήματος αδράνειας, στο οποίο και θα περιγράφεται η κίνηση των δορυφόρων. Το σταθερό αυτό ουράνιο σύστημα, συνδέεται με τη Γη μέσω του συμβατικού γήινου συστήματος αναφοράς (CTRS) των σταθμών όπου

βρίσκονται κατανεμημένοι σε όλη τη Γη. Η σύνδεση του ουράνιου σταθερού συστήματος με το επίγειο γίνεται με την παρακολούθηση :

- της μετάπτωσης και της κλόνισης του άξονα περιστροφής της Γης
- της περιστροφής της Γης
- της κίνησης του πόλου

Με τον τρόπο αυτό καθορίζεται ο μέσος άξονας περιστροφής της Γης για όλα τα συστήματα αναφοράς ώστε να μπορούν να γίνουν οι απαραίτητοι μετασχηματισμοί από το ένα σύστημα στο άλλο.

3.4 Συμβατικά Γήινα Συστήματα CTRS και Πλαίσια Αναφοράς CTRF

Ένα συμβατικό γήινο σταθερό σύστημα αναφοράς CTRS (Conventional Terrestrial Reference System), θα πρέπει να αντιπροσωπεύει όσο το δυνατόν καλύτερα τις διαστάσεις της Γης και την επιφάνειά της. Υλοποιείται από τις καρτεσιανές συντεταγμένες ενός αριθμού σταθμών αναφοράς που δημιουργούν ένα παγκόσμιο δίκτυο. Η αφετηρία ενός τέτοιου συμβατικού συστήματος παγιώνεται στο γεώκεντρο, ο άξονας Z του συστήματος συμπίπτει με το μέσο άξονα περιστροφής της Γης, ο άξονας X ορίζεται από το κέντρο μάζας και από το σημείο τομής του Ισημερινού με το μέσο μεσημβρινό του Greenwich GMO (Greenwich Mean Observatory). Ο άξονας Y είναι κάθετος στο επίπεδο των άλλων δύο και συμπληρώνει το δεξιόστροφο σύστημα. Τα συστήματα αυτά ονομάζονται και ECEF (Earth Centered Earth Fixed).

Η υπηρεσία η οποία είναι υποχρεωμένη να προσδιορίζει και να διατηρεί τις παραπάνω συμβάσεις ορισμού των πλαισίων αναφοράς ουράνιου και γήινου συστήματος, είναι η *Διεθνής Υπηρεσία Περιστροφής της Γης IERS* (International Earth Rotation System). Για να το πετύχει αυτό, οι παρατηρήσεις γίνονται μέσω ενός παγκόσμιου δικτύου αστρονομικών και γεωδαιτικών σταθμών αναφοράς και αφορούν τεχνικές παρατήρησης όπως :

- Συμβολομετρία Μεγάλης Βάσης VLBI (Very Long Baseline Interferometry)
- Συστήματα Laser για παρατηρήσεις προς τη Σελήνη LLR (Lunar Laser Ranging) και προς τους δορυφόρους SLR (Satellite Laser Ranging)
- Το Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού GPS
- Το σύστημα DORIS (Doppler Orbit determination and Radio positioning Integrated on Satellite). Ο προσδιορισμός τροχιάς γίνεται με μετρήσεις Doppler και ο Ράδιο-εντοπισμός με τα ολοκληρωμένα συστήματα που βρίσκονται στο δορυφόρο.

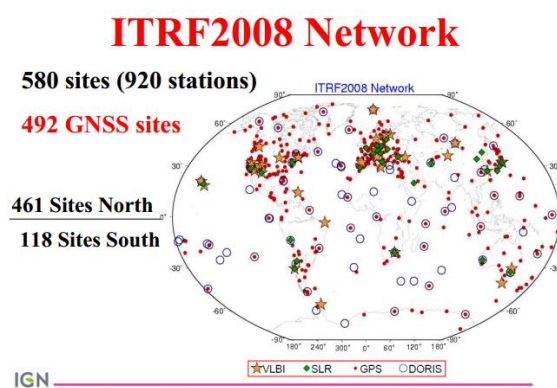
3.5 Το Διεθνές Γήινο Σύστημα Αναφοράς ITRS και το Πλαίσιο Αναφοράς ITRF

Το Διεθνές Γήινο Σύστημα Αναφοράς ITRS (International Celestial Reference System), τελεί υπό την παρακολούθηση της IERS και η υλοποίηση του είναι το Διεθνές Πλαίσιο Αναφοράς ITRF (International Celestial Reference Frame). Ο ορισμός του ITRS έχει να κάνει με το ότι είναι γεωκεντρικό, δηλαδή ταυτίζεται με το κέντρο μάζας της Γης, συμπεριλαμβάνει τους ωκεανούς και την ατμόσφαιρα και ο προσανατολισμός των αξόνων ακολουθεί τον αρχικό προσανατολισμό κατά IERS. Η μονάδα μήκους από το σύστημα SI είναι το μέτρο (m).

Το ITRF, η υλοποίηση δηλαδή του ITRS, γίνεται από τις καρτεσιανές συντεταγμένες (X, Y, Z) και από τις γραμμικές ταχύτητες ενός αριθμού επιλεγμένων σταθμών σε όλη τη Γη (περίπου 1500), που έχουν προσδιοριστεί με γεωδαιτικές τεχνικές όπως VLBI, LLR, SLR, GPS και DORIS. Η υλοποίηση ενός πλαισίου αναφοράς δεν είναι εύκολη υπόθεση λόγω του φλοιού της Γης, ο οποίος παραμορφώνεται κυρίως από τις κινήσεις των λιθοσφαιρικών πλάκων και τις παλίρροιες των ωκεανών.

Με μετρήσεις GNSS ο χρήστης συνδέεται με το ITRF με μεγάλη ακρίβεια, όπως επίσης και με άλλα παρόμοια συστήματα πχ τοπικά κρατικά, εάν γνωρίζει τις παραμέτρους του μετασχηματισμού. Με συνδυασμό επίγειων και δορυφορικών παρατηρήσεων είναι δυνατή η ίδρυση ενός γεωδαιτικού δικτύου αναφοράς. Μια τέτοια περίπτωση ίδρυσης τοπικού datum είναι και αυτή του ελληνικού ΕΓΣΑ87.

Η τελευταία αναθεώρηση για το γεωκεντρικό πλαίσιο αναφοράς ITRF είναι το 2008, ενώ αναμένεται το ITRF13 στα μέσα του 2014. Το ITRF08 αντικατέστησε το ITRF05 με παρατηρήσεις από 179 σταθμούς αναφοράς. Ενδεικτικά, αναφέρονται οι διαφορές της μετατροπής μεταξύ των αξόνων του κάθε εποχιακού συστήματος. Η διαφορά είναι μηδενική κατά τους άξονες Z, Y ενώ κατά τον άξονα X παρατηρείται μετατόπιση 0.3mm/year.^[1]



Εικόνα 5: Το γεωδαιτικό πλαίσιο αναφοράς ITRF 2008 (πηγή : <http://www.oosa.unvienna.org/pdf/icq/2013/icq-8/9.pdf>)

3.6 Το Διεθνές Ουράνιο Σύστημα Αναφοράς ICRS και το Πλαίσιο Αναφοράς ICRF

Το Διεθνές Ουράνιο Σύστημα Αναφοράς ICRS (International Celestial Reference System) έχει ορισθεί για την εποχή αναφοράς J2000 (1 Ιανουαρίου 2000, Julian Date 2451545.0) και αντικατέστησε το σύστημα του αστρικού καταλόγου FK5. Το ICRS τελεί υπό την επίβλεψη της IAU (International Astronomical Union) στο πλαίσιο της γενικής θεωρίας της σχετικότητας.

Ως αφετηρία του συστήματος έχει ορισθεί το βαρύκεντρο και ο προσανατολισμός των αξόνων ορίζεται μέσω παρατηρήσεων VLBI, προς ένα επιλεγμένο σύνολο διαστημικών ραδιοπηγών. Η διεύθυνση του άξονα περιστροφής της Γης, ορίζει το μέσο ουράνιο πόλο, σύμφωνα με τις θεωρίες περί μετάπτωσης και κρόνισης. Επιπλέον, ο προσανατολισμός των αξόνων του ICRS διατηρείται σταθερός με ακρίβεια της τάξης των 0.02 mas (1 mas = 1 milliarcsecond = 10^{-3} sec), ενώ οι μεταθέσεις του πόλου ως προς το συμβατικό πόλο του ICRS, είναι 17.3 mas στη διεύθυνση 12h και 5.1 mas στη διεύθυνση 18h.

Το ICRS υλοποιείται με το Διεθνές Ουράνιο Πλαίσιο Αναφοράς ICRF (International Celestial Reference Frame) το οποίο βασίζεται στη θέση της εκλειπτικής και του μέσου Ισημερινού την εποχή J2000 και ορίζεται από τις ακριβής συντεταγμένες (α,δ) εξωγαλαξιακών ραδιοπηγών (gausars), που λόγω της τεράστιας απόστασής τους, θεωρούνται ακίνητες.^[11] Οι ραδιοπηγές κατανέμονται ομοιόμορφα στην ουράνια σφαίρα, με περίπου 1.6 εκατομμύρια παρατηρήσεων VLBI κατά την περίοδο 1979 – 1995. Ως μονάδα χρόνου ορίζεται το δευτερόλεπτο (sec) στο SI και ως μονάδα μήκους το μέτρο (m). Τέλος, ο χρήστης για να συνδεθεί με το ICRF, συνδέεται έμμεσα από το επίγειο γεωκεντρικό πλαίσιο αναφοράς ITRF για τον προσδιορισμό των παραμέτρων προσανατολισμού της Γης.

3.7 Το Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1980 (GRS80)

Το GRS80 (Geodetic Reference System), αποτελεί ένα παγκόσμια σύστημα γεωδαιτικών (ελλειψοειδών) συντεταγμένων. Στην πραγματικότητα είναι ελλειψοειδές αναφοράς, το οποίο επιλέχθηκε ώστε να προσαρμόζεται καλύτερα στο γεωειδές. Το κέντρο του GRS80 θεωρείται ότι ταυτίζεται με το κέντρο μάζας της Γης και ο προσανατολισμός των αξόνων θεωρείται ότι συμπίπτει με το γήινο σύστημα αναφοράς (CTRS), ή είναι παράλληλο ως προς αυτό.

Το GRS80 υιοθετήθηκε από την IUGG (International Union of Geodesy and Geophysics) το 1979 και περιγράφεται από τις παρακάτω παραμέτρους :

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

$$f = 1/298.25722$$

$$GM = 398600.5 \text{ km}^3\text{S}^{-2}$$

$$J_2 = 0.00108263$$

$$\omega = 7.292115 \times 10^{-5} \text{ rad / sec}^{[4]}$$

Όπου (a) ο μεγάλος ημιάξονας της έλλειψης, (f) η επιπλάτυνση του ελλειψοειδούς, (G) η παγκόσμια σταθερά της έλξης και (M) η μάζα της Γης, (J_2) ο δυναμικός συντελεστής (χαρακτηρίζει την επιπλάτυνση της Γης) και (ω) η μέση γωνιακή ταχύτητα περιστροφής της Γης.

3.8 Το Ευρωπαϊκό Σύστημα (ETRS) και Πλαίσιο Αναφοράς (ETRF)

Η επιτροπή EUREF (EUropean REference Frame), αποφάσισε το 1990 την ίδρυση ενός σύγχρονου και υψηλής ακρίβειας *Ευρωπαϊκού Συστήματος Αναφοράς* με την ονομασία ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989). Στόχος ήταν να επιτευχθεί η ενοποίηση των κρατικών γεωδαιτικών συστημάτων αναφοράς της Ευρώπης για σκοπούς όπως, η χαρτογράφηση, η πλοήγηση και το GIS (Global Information System). Ιστορικά πρέπει να αναφερθεί, ότι αντικατέστησε τα ED50 και ED77 (European Datum 1950, 1977).

Το σύστημα αυτό υιοθετήθηκε ώστε, να συμπίπτει με το ITRS κατά την εποχή αναφοράς 1989.0 και να είναι σταθερό ως προς το αμετάβλητο τμήμα της Ευρασιατικής πλάκας. Λόγω της κίνησης των σημείων αναφοράς των σταθμών, που οφείλονται στις διεργασίες του εσωτερικού της Γης (τεκτονικές πλάκες), εκτός από τις συντεταγμένες των σταθμών δίνονται και οι ταχύτητες τους, για κάθε υλοποίηση συστήματος και χαρακτηρίζεται ως ITRFyy (τα τελευταία ψηφία yy, αναφέρονται στην εποχή αναφοράς).

Η πρώτη υλοποίηση του ευρωπαϊκού συστήματος γίνεται με το Ευρωπαϊκό Πλαίσιο Αναφοράς ETRF89 και πραγματοποιείται είτε μέσω των πλαισίων ITRFyy όπου και αντιστοιχεί ένα ETRFyy, είτε μέσω κάποιας τοπικής μετρητικής καμπάνιας. Η μεταφορά από το ITRFyy στο αντίστοιχο ETRFyy γίνεται μέσω ενός τρισδιάστατου μετασχηματισμού ομοιότητας (Helmert).^[4] Ο μετασχηματισμός αυτός λαμβάνει υπ' όψιν τη γωνιακή ταχύτητα της Ευρασιατικής πλάκας και τη μετάθεση μεταξύ κάθε ITRFyy και ETRF89. Τέλος το ελλειψοειδές που έχει επιλεγεί για το ETRF89 είναι το GRS80 και ταυτίζεται μαζί του λόγω ομοιότητας των ημιαξόνων της έλλειψης αλλά και λόγω των κοινών δυναμικών παραμέτρων.

Η πιο πρόσφατη αναθεώρηση του Ευρωπαϊκού Συστήματος Αναφοράς είναι αυτή του 2005 κατά τη χρονική εποχή αναφοράς 2007.5. με την ονομασία ETRF05.

3.9 Το Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς WGS84

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης ενός παγκόσμιου ενιαίου συστήματος αναφοράς έγιναν αντιληπτά στα τέλη της δεκαετίας του '50 από τον οργανισμό του Παγκόσμιου Γεωδαιτικού Συστήματος (World Geodetic System) με την ονομασία Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα του 1960 (WGS 60) που αναπτύχθηκε αρχικά για το υπουργείο άμυνας της Αμερικής.

Η διαρκής ανησυχία της προσέγγισης του σχήματος και του πεδίου βαρύτητας της Γής, οδήγησε από το πρώτο WGS 60, στο να συγκλίνουμε στο μέχρι και σήμερα ισχύον WGS84.^[9] Το σύστημα αυτό είναι ένα επίγειο γεωκεντρικό σύστημα αναφοράς (CTRS), σύμφωνα με τις συμβάσεις του IERS. Έχει υποστεί πολλές βελτιώσεις και από το 1988 και μετά, επιδιώκεται η ταύτιση του με το ITRS. Το πρώτο πλαίσιο αναφοράς αναπτύχθηκε το 1987 με παρατηρήσεις Doppler του δορυφορικού συστήματος NNSS ή TRANSIT, χρησιμοποιώντας το WGS84 για τον υπολογισμό των εφημερίδων του συστήματος.

Η απόλυτη θέση ενός σημείου στο γεωδαιτικό αυτό σύστημα, επιτυγχάνεται με ακρίβεια της τάξης του 1 - 3 m, ανάλογα πάντα με τη μέθοδο που θα εφαρμοστεί. Εάν τώρα ζητείται να χρησιμοποιηθεί το WGS84 για την προσέγγιση των οριζοντιογραφικών ακριβειών που απαιτούν τα δίκτυα μηδενικής τάξης, τότε πρέπει να χρησιμοποιηθούν δορυφορικές μέθοδοι υποχρεωτικά, ώστε να οριστεί απολύτως το σύστημα. Όλες οι μετρημένες βάσης ενός GNSS συστήματος θα πρέπει λοιπόν να συνδεθούν με κάποιες από τις κορυφές που υλοποιούν το WGS84, ώστε να υπολογιστεί η σχετική θέση του σημείου στην επιφάνεια της Γής.

Το WGS84 δίνει την αντίληψη ενός γεωκεντρικού συστήματος συντεταγμένων, που περιλαμβάνει ένα γήινο ελλειψοειδές, ένα γήινο μοντέλο βαρύτητας, και το μετασχηματισμό των παραμέτρων για άλλα γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς [Moritz 1980].

3.9.1 Ορισμός του πλαισίου αναφοράς

Το σύστημα των συντεταγμένων του WGS84 είναι γεωκεντρικό (earth – fixed) και συγκεκριμένα ορίζεται από το κέντρο μάζας της Γής. Ο προσανατολισμός του συστήματος συμφωνεί αρχικά με αυτόν του BIH (Bureau International de l'Heure) του 1984 και στη συνέχεια ταυτίστηκε με την αρχή του IERS, συμβατικά με το γήινο σύστημα αναφοράς (CTRS). Επίσης το σύστημα

ορίζεται με την παραδοχή ότι δεν υπάρχει σχετική περιστροφή του συστήματος ως προς το στερεό φλοιό της Γης, συναρτήσει του χρόνου. Η παραδοχή αυτή γίνεται καθώς η κίνηση του πόλου, που είναι η κίνηση του άξονα περιστροφής της Γης, επηρεάζει άμεσα τις συντεταγμένες των επίγειων σταθμών.

3.9.2 Η υλοποίηση του WGS84

Το πλαίσιο αναφοράς του WGS84 υλοποιείται μέσω των καρτεσιανών συντεταγμένων, 13 μόνιμων σταθμών αναφοράς και παρακολούθησης των δορυφόρων. Οι μόνιμοι σταθμοί αυτοί χρησιμοποιούνται ώστε να υπολογιστούν οι τροχιές των δορυφόρων. Το WGS84 αγγίζει το ITRF του 2002 με ακρίβεια της τάξης του 1 cm για την ίδια εποχή αναφοράς. Γι' αυτό το λόγο, θεωρείται ότι ταυτίζονται και η υλοποίηση τους γίνεται στην πράξη, αναλόγως τις συντεταγμένες των σταθμών του δικτύου που χρησιμοποιούνται στις μετρήσεις.

3.9.3 Το ελλειψοειδές του WGS84

Το ελλειψοειδές του WGS84 ορίζεται με τις παραμέτρους του GRS80. Η διαφορά της επιπλάτυνσης μεταξύ WGS84 και GRS80 είναι αμελητέα όπως και των μικρών ημιαξόνων της έλλειψης που είναι 0.1mm. Συνεπώς τα δύο ελλειψοειδή θεωρείται ότι ταυτίζονται γεωμετρικά. Η μόνη διαφορά είναι πως ο δυναμικός συντελεστής δευτέρου βαθμού, J_2 αναφέρεται στο μοντέλο βαρύτητας που προήλθε από το WGS84 και γι' αυτό διαφέρει ελάχιστα από την τιμή του μοντέλου βαρύτητας του GRS80. ^[9]

$$b_{\text{WGS 84}} - b_{\text{GRS 80}} = \pm 0.1 \text{ mm}$$

Το ελλειψοειδές του WGS84 ορίζεται από τις παραμέτρους :

$$a = 6378137.0 \text{ m}$$

$$f = 1/298.257223563$$

$$GM = 3986004.418 \times 10^8 \text{ m}^3\text{S}^{-2}$$

$$J_2 = 0.00108263$$

$$\omega = 7292115 \times 10^{-11} \text{ rad/sec}$$

3.9.4 Το γεωδυναμικό μοντέλο EGM του WGS84

Το γεωδυναμικό μοντέλο που χρησιμοποιεί το WGS84 από το 1996 είναι το EGM96 (Earth Gravitational Model 1996), με διαφορά στην τιμή για το δυναμικό συντελεστή δευτέρου βαθμού. Η ακρίβεια του υψόμετρου του γεωειδούς από το γεωδυναμικό μοντέλο είναι της τάξης του 0.5 – 1 m. Να

σημειωθεί ότι, η τελευταία αναθεώρηση του γήινου γεωδυναμικού μοντέλου EGM είναι αυτή του 2008 (EGM08).

3.10 Το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς ΕΓΣΑ87(GR87)

Το ΕΓΣΑ87 προτάθηκε το 1987 από τη Γεωδαιτική και Γεωφυσική Επιτροπή του Κράτους (ΓΓΕΚ) και ένα χρόνο μετά υιοθετήθηκε από τον Οργανισμό Κτηματολογίου και Χαρτογραφίσεων Ελλάδας (ΟΚΧΕ). Αντικατέστησε το Παλιό Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς από το 1990 περίπου.

Το ΕΓΣΑ87 ορίζεται από τις παραμέτρους του γήινου ελλειψοειδούς GRS80, το οποίο τοποθετήθηκε με παράλληλη μετάθεση ως προς το ITRF, με τέτοιο τρόπο ώστε να προσαρμόζεται όσο το δυνατόν καλύτερα στο γεωειδές της ηπειρωτικής Ελλάδας.

3.10.1 Ορισμός του ΕΓΣΑ87

Η αφετηρία του συστήματος είναι το κεντρικό βάθρο CP (Central Pillar), του Κέντρου Δορυφόρων Διονύσου στην Αττική το οποίο αναφέρεται στο κέντρο του ελλειψοειδούς GRS80. Οι συντεταγμένες της αφετηρίας προέκυψαν μετά από χρόνιες μετρήσεις laser, Doppler ως προς το κέντρο του WGS84, ώστε να γίνει η αναγκαία μετάθεση ($\Delta X_{WGS84-ΕΓΣΑ87}$, $\Delta Y_{WGS84-ΕΓΣΑ87}$, $\Delta Z_{WGS84-ΕΓΣΑ87}$). Οι τιμές της αφετηρίας στο ελλειψοειδές είναι :

$$\varphi = 38^{\circ} 04' 33'',8107$$

$$\lambda = 23^{\circ} 55' 51'',0095$$

$$h = 481,743 \text{ m}$$

$$N = 7,000 \text{ m}$$

Οι παραπάνω τιμές στο ελλειψοειδές, αντιστοιχούν σε εκκεντρότητα :

$$\Delta X = +199,723 \text{ m}$$

$$\Delta Y = -74,030 \text{ m}$$

$$\Delta Z = -246,018 \text{ m}$$

Οι τιμές αυτές αναθεωρούνται συνεχώς βελτιστοποιώντας την τελική ακρίβεια της εκκεντρότητας του ελλειψοειδούς, από το ένα σύστημα στο άλλο. Η παραλληλία των δύο συστημάτων δίνεται με μία ακρίβεια της τάξης του $\pm 0.1\text{ppm}$.

3.10.2 Υλοποίηση του ΕΓΣΑ87

Το ΕΓΣΑ87 υλοποιείται από το δίκτυο που έχει προέλθει από τη συγχώνευση των δικτύων laser, doppler, GPS και I^{ης} τάξης. Επίσης, στο δίκτυο αυτό έχει γίνει πύκνωση δικτύου με τα δίκτυα II^{ης}, III^{ης} και VI^{ης} τάξης της ΓΥΣ, ώστε να καλυφθεί ολόκληρη η Ελλάδα. Οι ακρίβειες που δίνονται από τους σταθμούς στον Διόνυσο είναι :

- σταθμοί laser = $\pm 2\text{cm}$,
- σταθμοί doppler = $\pm 20\text{cm}$
- σταθμοί GPS = $\pm 5\text{cm}$

3.10.3 Εφαρμογή του ΕΓΣΑ87

Για την εφαρμογή του ΕΓΣΑ87, έχει επιλεγεί η προβολή της Εγκάρσιας Μερκατορικής Προβολής TM07 (Transverse Mercator projection) σε μια μόνο ζώνη, ώστε να υπάρχει ενιαίο χαρτογραφικό και κτηματολογικό πλαίσιο. Ο κεντρικός μεσημβρινός επιλέχθηκε να είναι ο $\lambda=24^\circ$ με κλίμακα παραμόρφωσης $K_0=0.9996$ από τον κεντρικό μεσημβρινό. Οι παραμορφώσεις κοντά στον κεντρικό μεσημβρινό (Ηπειρωτική Ελλάδα) με βάση την επιλεγμένη προβολή είναι μικρές, ενώ όσο απομακρυνόμαστε από αυτόν (Νησιά Ιονίου, Αιγαίου) φθάνουν και τα 1200 ppm. Η σχέση που δίνει την τιμή της χαρτογραφικής παραμόρφωσης είναι :

$$K = [12311*(X-0.5)^2 - 400]*10^{-6}.$$

(Το X αναφέρεται στο μέσο X της υπ' όψιν περιοχής εκφρασμένο σε Mm)

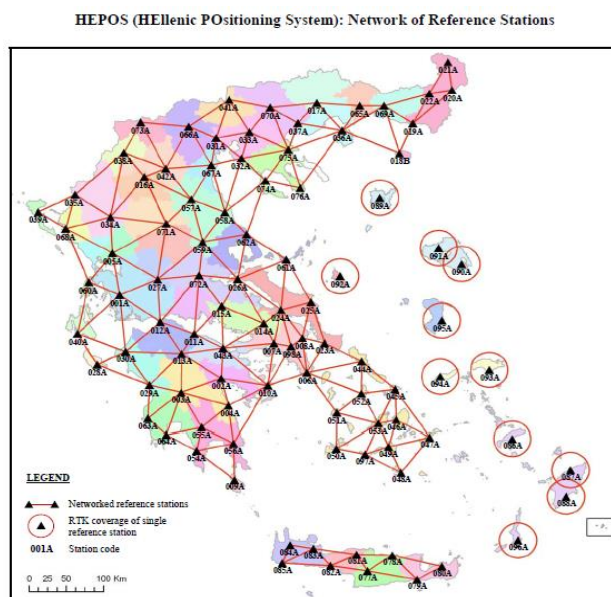
Κατά την εφαρμογή του συστήματος, έχει δοθεί συμβατικά η τιμή $E_0 = 500000$ m για τη συνιστώσα x η οποία αναφέρεται στον κεντρικό μεσημβρινό, ώστε να μην προκύπτουν αρνητικές τιμές κατά τους υπολογισμούς. Η συνιστώσα y μετράται από τον ισημερινό. Επίσης, έχει δοθεί στις τεταγμένες η προσθετική $N_0 = -2000000\text{m}$.

Στην ουσία πρόκειται για ένα 2D πλαίσιο αναφοράς καρτεσιανών συντεταγμένων, ενώ το υψόμετρο είναι αυτό που ορίζεται από τη μέση στάθμη της θάλασσας (Μ.Σ.Θ.).

Να σημειωθεί ότι στο Καστελλόριζο, εφαρμόζεται διαφορετική μεσημβρινή ζώνη για την εφαρμογή της απεικόνισης και συγκεκριμένα ο κεντρικός μεσημβρινός της ζώνης είναι ο $\lambda_0=30^\circ$, ενώ το μέτρο της γραμμικής παραμόρφωσης είναι $K_0=1$.^[15]

3.11 Το Ελληνικό Σύστημα Εντοπισμού HEPOS

Το Ελληνικό Σύστημα Εντοπισμού HEPOS (Hellenic Position System), αναπτύχθηκε από την Κτηματολόγιο Α.Ε. ώστε να καλύψει τις ανάγκες του Εθνικού Κτηματολογίου. Στις μέρες μας, έχει αποκτήσει μεγάλη εφαρμογή από επαγγελματίες του αντικειμένου, κυρίως λόγω της ακρίβειας που δίνει και της ευρείας κάλυψης του Ελλαδικού χώρου που παρέχει. Πέραν του Κτηματολογίου, καλύπτει ανάγκες και άλλων εφαρμογών όπως Τοπογραφία, Υδρογραφία, Χαρτογραφία, Τεχνικά Έργα, διάθεση Γεωπληροφοριών κ.τ.λ..



Εικόνα 6: Οι σταθμοί αναφοράς του δικτύου HEPOS
(πηγή : <http://www.hepos.gr/>)

Το HEPOS αποτελεί ένα σύγχρονο σύστημα αναφοράς, το οποίο χρησιμοποιεί το υφιστάμενο παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα GPS, προσδιορίζοντας τη θέση ενός σημείου με μεγάλη ακρίβεια. Η ακρίβεια αυτή εξαρτάται από την ανάλογη χρήση της υπηρεσίας που θα επιλέξει ο χρήστης και διακρίνονται σε υπηρεσίες πραγματικού χρόνου ή σε υπηρεσίες με εκ των υστέρων επεξεργασία. Κατά τις υπηρεσίες πραγματικού χρόνου, οι ακρίβειες που προκύπτουν είναι λίγα εκατοστά (RTK) ή έως και μισό μέτρο (DGPS). Αντίθετα για τις υπηρεσίες μετ' επεξεργασίας οι ακρίβειες φθάνουν τα λίγα χιλιοστά (Static).

3.11.1 Το σύστημα αναφοράς των συντεταγμένων του HEPOS

Το σύστημα αναφοράς των συντεταγμένων του HEPOS, όπως και τα άλλα συστήματα αναφοράς που βασίζονται σε δορυφορικές γεωδαιτικές παρατηρήσεις, είναι ένα γεωκεντρικό 3D καρτεσιανό σύστημα αναφοράς και ονομάζεται HTRS07 (Hellenic Terrestrial Reference System 2007). Συγκεκριμένα, το σύστημα αναφοράς του HEPOS είναι το ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) και όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, με

τη σειρά του, βασίζεται στο παγκόσμιο σύστημα ITRS (International Celestial Reference System).

Οι διαφορές των δύο αυτών συστημάτων (ETRS – ITRS), όπως έχει ξανά αναφερθεί, είναι στον τρόπο με τον οποίο είναι τοποθετημένα ώστε να καλύπτουν τη Γη. Το ITRS καλύπτει τη Γη στο σύνολο της με ένα μεγάλο αριθμό σταθμών αναφοράς, ενώ το ETRS89 ορίζεται σταθερά συνδεδεμένο με την Ευρωπαϊκή τεκτονική πλάκα. Σύμφωνα με τα παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι, τα σημεία (ή οι σταθμοί αναφοράς) που βρίσκονται εκτός Ευρωπαϊκής πλάκας θα παρουσιάζουν μια διαχρονική μετακίνηση, ανάλογη της μετακίνησης των λιθοσφαιρικών πλακών στο εσωτερικό της Γης ως προς το Ευρωπαϊκό σύστημα.

3.11.2 Το πλαίσιο αναφοράς του HEPOS

Το πλαίσιο αναφοράς το οποίο υλοποιεί το σύστημα συντεταγμένων του HEPOS, βασίζεται σε μετρήσεις GPS από ένα δίκτυο 98 μόνιμων σταθμών αναφοράς σε όλη την Ελλάδα. Οι 3D συντεταγμένες των σταθμών αναφοράς προέκυψαν, από συνόρθωση ενός μεγάλου αριθμού παρατηρήσεων GPS, χρησιμοποιώντας ως ελάχιστες δεσμεύσεις, τις επίσημες συντεταγμένες του EUREF σταθμού που βρίσκεται στη Θέρμη Θεσσαλονίκης. Στην ουσία το σύστημα εντοπισμού HEPOS, αποτελεί πύκνωση του ανανεωμένου Ευρωπαϊκού Πλαισίου Αναφοράς του 2005 (ETRF05).

3.11.3 Η εφαρμογή του HEPOS

Οι μετρήσεις του δικτύου αναφοράς του HEPOS αναφέρονται στο ελλειψοειδές εκ περιστροφής (ΕΕΠ) GRS80, ενώ η αντίστοιχη χαρτογραφική απεικόνιση είναι, όπως και στο ΕΓΣΑ87, η Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή με τις ίδιες παραμέτρους.

Οι οριζοντιογραφικές συντεταγμένες διαφέρουν και αυτές σε σχέση με το ΕΓΣΑ87, καθώς η επιφάνεια αναφοράς του HEPOS είναι ένα γεωκεντρικό ελλειψοειδές ενώ η επιφάνεια αναφοράς του ΕΓΣΑ87 είναι ένα μη γεωκεντρικό ελλειψοειδές. Με δεδομένη αυτή τη μετάθεση των μαθηματικών μοντέλων είναι λογική η μη ταύτιση των συντεταγμένων, ελλειψοειδών ή προβολικών.

Να σημειωθεί ότι το υψόμετρο που προκύπτει με βάση το σύστημα εντοπισμού HEPOS είναι το γεωμετρικό υψόμετρο, το οποίο προκύπτει από τις αντίστοιχες 3D συντεταγμένες μέσω παρατηρήσεων GPS. Το υψόμετρο αυτό εκφράζει την κάθετη απόσταση του σημείου από το ελλειψοειδές GRS80 και δεν ταυτίζεται με την τιμή του ορθομετρικού υψομέτρου ως προς τη μέση στάθμη της θάλασσας του χωροσταθμικού δικτύου της ΓΥΣ. Στο άμεσο μέλλον προβλέπεται η ενσωμάτωση στο σύστημα αναφοράς του HEPOS (HTRS07), ενός μοντέλου γεωειδούς το οποίο θα προσδιορίζει απευθείας ορθομετρικά υψόμετρα.

3.11.4 Μετασχηματισμός συντεταγμένων από HEPOS σε ΕΓΣΑ87

Για να γίνει εφικτός ο μετασχηματισμός των συντεταγμένων από το σύστημα αναφοράς του HEPOS στο σύστημα ΕΓΣΑ87, χρειάζεται αρχικά ένα 3D μοντέλο μετασχηματισμού ομοιότητας, το οποίο θα λαμβάνει υπόψη τις διαφορές στη θέση, στον προσανατολισμό και στη μετρητική κλίμακα που χρησιμοποιούν τα δύο συστήματα. Το μοντέλο αυτό έχει προέλθει από την ερευνητική ομάδα του ΑΠΘ (Κ. Κατσάμπαλος, Χ. Κωστάκης) στο πλαίσιο της υλοποίησης του HEPOS, χρησιμοποιώντας τις γνωστές συντεταγμένες HTRS07 και ΕΓΣΑ87 για ένα δίκτυο 2466 κοινών σημείων.

Εξαιτίας των τοπικών παραμορφώσεων που υφίσταται το ΕΓΣΑ87 σε όλη την Ελλάδα, δεν είναι δυνατόν να επιτευχθεί ακρίβεια εκατοστού, που είναι και η ζητούμενη, μόνο με το παραπάνω μοντέλο για όλη την επικράτεια. Ο βασικός λόγος είναι ότι, οι συντεταγμένες που έχουν προέλθει κατά την υλοποίηση του ΕΓΣΑ87 από δίκτυα ΙΙης και VIης τάξης της ΓΥΣ, παρουσιάζουν σημαντικά συστηματικά σφάλματα. Για να επιτευχθεί λοιπόν η προβλεπόμενη ακρίβεια, έχουν κατασκευαστεί από την ίδια ερευνητική ομάδα κάρναβοι συστηματικών διορθώσεων αναφοράς, όπου πλέον εφαρμόζεται ένας 2D μετασχηματισμός παραμόρφωσης στις οριζόντιες συντεταγμένες που προκύπτουν από την αρχική εφαρμογή του 3D μοντέλου ομοιότητας. Η λύση που τελικά επιλέχθηκε ήταν η συνδυασμένη χρήση ενός 7 – παραμετρικού μετασχηματισμού και καννάβων διορθώσεων των προβολικών συντεταγμένων. Συνοπτικά η διαδικασία του μετασχηματισμού έχει ως εξής :

Αρχικά οι τρεις γεωκεντρικές καρτεσιανές συντεταγμένες μετασχηματίζονται από HTRS07 σε ΕΓΣΑ87 με χρήση του 7 – παραμετρικού μετασχηματισμού :

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix}_{ΕΓΣΑ87} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{HTRS07} + \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \delta_s & \varepsilon_z & -\varepsilon_y \\ -\varepsilon_z & \delta_s & \varepsilon_x \\ \varepsilon_y & -\varepsilon_x & \delta_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{HTRS07}$$

όπου:

$$t_x = 203.437\text{m} \quad \varepsilon_x = -0.170 \text{ arcsec} \quad \delta_s = -0.294 \text{ ppm}$$

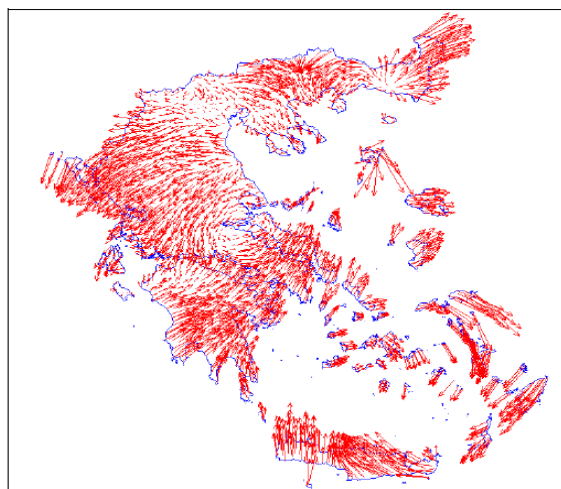
$$t_y = -73.461\text{m} \quad \varepsilon_y = -0.060 \text{ arcsec}$$

$$t_z = -243.594\text{m} \quad \varepsilon_z = -0.151 \text{ arcsec}$$

Στη συνέχεια οι παραπάνω συντεταγμένες μετατρέπονται σε προβολικές συντεταγμένες Ε', Ν' με χρήση της προβολής TM87. Η ακρίβεια που επιτυγχάνεται αρχικά είναι της τάξης των 2,5 m. Στη συνέχεια για να επιτευχθεί η ακρίβεια cm, οι παραπάνω σχέσεις διορθώνονται με τη χρήση των καννάβων. Υπολογίζονται με γραμμική παρεμβολή οι διορθώσεις δΕ και δΝ και οι τελικές συντεταγμένες προκύπτουν από :

$$E'_{\text{τελικό}} = E' + \delta E$$

$$N'_{\text{τελικό}} = N' + \delta N$$

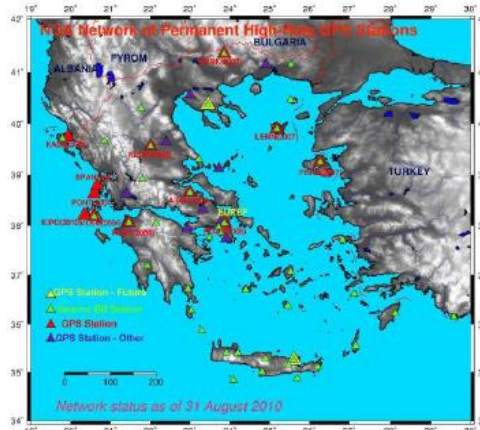


Εικόνα 7: Υπόλοιπα ενός ενιαίου για όλη τη χώρα μετασχηματισμού ομοιότητας μεταξύ HTRS07 και ΕΓΣΑ87 (πηγή : ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε. 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο ATM, Αθήνα, 17-18-2010)

Από διάφορες στατιστικές έρευνες που έχουν γίνει μέσω των αποτελεσμάτων πραγματικών δεδομένων σε όλη την Ελλάδα, έχει προκύψει ότι η συνολική διαφορά από το μετασχηματισμό HTRS07 του HEPOS στο ΕΓΣΑ87, κυμαίνεται από 6-8 cm και ορισμένες περιπτώσεις φθάνει και τα 25 cm.^[10] Η διαφορά αυτή αντανακλάται στην αβεβαιότητα των προβολικών συντεταγμένων (x, y) στο σύνολο του μετασχηματισμού (3D αρχικά + 2D), σε σχέση με τις προβολικές συντεταγμένες που θα προέκυπταν από την πύκνωση μόνο του ΕΓΣΑ87.

3.12 Το Δίκτυο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών

Το δίκτυο αναφοράς του Αστεροσκοπείου Αθηνών, αποτελείται από 12 μόνιμους σταθμούς GNSS. Οι πέντε σταθμοί του συστήματος βρίσκονται στην περιοχή του Ιονίου Πελάγους, ώστε να παρακολουθούν την έντονη σεισμική δραστηριότητα της περιοχής, ενώ οι υπόλοιποι απλώνονται στην υπόλοιπη Ελλάδα. Οι σταθμοί είναι εξοπλισμένοι με δέκτες τύπου GRX 1200 PRO της εταιρείας Leica. Ο οργανισμός παρέχει δωρεάν στοιχεία για έρευνα και δραστηριοποιείται στους τομείς της Σεισμολογίας, Γεωφυσικής, Αστρονομίας, Τηλεπισκόπησης κ.α.



Εικόνα 8: Οι σταθμοί αναφοράς GNSS του Ε.Α.Α. (πηγή : <http://www.gein.noa.gr/el/>)

3.13 Ιδιωτικά Δίκτυα Εντοπισμού Θέσης

Πέρα από το κρατικό σύστημα εντοπισμού HEPOS, τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί ένας μεγάλος αριθμός ιδιωτικών δικτύων εντοπισμού θέσης, όπου ο χρήστης μπορεί να συνδεθεί με αυτά πληρώνοντας μια ετήσια συνδρομή. Παρακάτω, αναφέρονται μερικά από τα πιο σημαντικά δίκτυα δορυφορικού εντοπισμού που εφαρμόζονται στην Ελλάδα. Να σημειωθεί ότι όλα αυτά τα δίκτυα χρησιμοποιούν και σταθμούς του HEPOS για την υλοποίησή τους, ώστε το τελικό προϊόν να ταυτίζεται με αυτό του HEPOS.

3.13.1 Το δίκτυο SMARTNET της εταιρείας METRICA GNSS

Η METRICA A.E. είναι η πρώτη ιδιωτική εταιρεία στην Ελλάδα η οποία παρέχει από το 2005 υπηρεσίες δορυφορικού εντοπισμού θέσης. Το δίκτυο της καλύπτει όλη την Ελλάδα με ένα δίκτυο 745 μόνιμων σταθμών αναφοράς από τους οποίους οι πέντε ανήκουν στην υπηρεσία του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (PONT, PRVK, LEMN, KASI, VLMS).

Οι σταθμοί έχουν δυνατότητα παρακολούθησης τόσο του συστήματος GPS όσο και του συστήματος GLONASS και είναι τύπου Leica. Παρέχουν διορθώσεις πραγματικού χρόνου (RTK, DGPS) για αποστάσεις έως και 50Km μέσω GRPS Internet και δεδομένα Post Processing για εκ των υστέρων επεξεργασία. Τα δεδομένα post processing αποθηκεύονται σε μορφή RINEX.

Το πλαίσιο αναφοράς των συντεταγμένων του δικτύου υλοποιήθηκε με μετρήσεις στο γεωκεντρικό ITRF, με την εξάρτηση των σταθμών EPN που βρίσκονται στην Ελλάδα και από δεδομένα εβδομάδων για τον ακριβή προσδιορισμό της τροχιάς των δορυφόρων. Στην τελική ενιαία συνόρθωση του δικτύου συμμετείχαν και τριγωνομετρικά της ΓΥΣ που βρίσκονταν κοντά στους σταθμούς του δικτύου. Τελικά προέκυψαν οι παράμετροι μετασχηματισμού από το WGS84 στο ΕΓΣΑ87 και οι διαφορές των συντεταγμένων από την εφαρμογή των παραμέτρων μετασχηματισμού ήταν

της τάξης των μερικών εκατοστών. Έτσι προκύπτει το ΕΓΣΑ του δικτύου της METRICA (ΕΓΣΑ_Smartnet) με μία διαφορά από αυτήν του HEPOS της τάξης των μερικών εκατοστών. Η διαφορά αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι δεν έχουν μετρηθεί όλα τα τριγωνομετρικά στην Ελλάδα άρα δεν υπάρχει συνολικός κάρναβος διορθώσεων. Ο κάθε χρήστης μπορεί όμως να εφαρμόσει τους παραμέτρους του μετασχηματισμού που υπάρχουν για την περιοχή εργασίας του.



Εικόνα 9: Οι σταθμοί αναφοράς GNSS του δικτύου Metricanet (πηγή : <http://www.metricanet.gr/documentation/smartnet-greece-network.html>)

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι το 2011, στα πλαίσια της συνεργασίας της METRICA A.E. με το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης – Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Τομέα Γεωδαισίας και Τοπογραφίας, εκπονήθηκε ερευνητικό πρόγραμμα με τίτλο "Επίλυση δικτύου μόνιμων σταθμών αναφοράς GNSS στην Ελλάδα και μετασχηματισμοί συντεταγμένων" με σκοπό την επίλυση, συνόρθωση και πιστοποίηση του δικτύου αναφοράς METRICANET (SmartNet Greece) καθώς και την ένταξη του, στο σύστημα HTRS07 του HEPOS.^[25]

3.13.2 Άλλα ιδιωτικά δίκτυα εντοπισμού θέσης

- Το δίκτυο URANUS της εταιρίας TREE COMPANY που αποτελείται από 86 σταθμούς αναφοράς τύπου Topcon και παρέχει υπηρεσίες RTK, VRS, DGPS, Post Processing και είναι πιστοποιημένο από το ΕΜΠ (Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας).
- Το δίκτυο της εταιρίας JGC αποτελείται από 27 σταθμούς τύπου Pro Flex 500 με δυνατότητες RTK και Post Processing. Κάθε σταθμός του δικτύου είναι συνορθωμένος στο datum HTRS07 ώστε να υπάρχει ταύτιση με το σύστημα HEPOS.

- Το δίκτυο σταθμών της εταιρείας GEOTECH αποτελείται από 4 σταθμούς σε Αθήνα , Θεσσαλονίκη, Αγρίνιο και Καρδίτσα και είναι τύπου Trimble. Οι συντεταγμένες των σταθμών αναφοράς, προκύπτουν μετά από συνόρθωση με τους γειτονικούς σταθμούς HEPOS.
- Το δίκτυο CORS της εταιρείας CIVILSHOP αποτελείται από 61 σταθμούς αναφοράς τύπου Stonex και South.



Εικόνα 10: Τα ιδιωτικά δίκτυα δορυφορικού εντοπισμού στην Ελλάδα (πάνω αριστερά το δίκτυο URANUS της εταιρείας TREE COMPANY, πάνω δεξιά το δίκτυο της εταιρείας JGC, κάτω αριστερά το δίκτυο CORS της εταιρείας CIVILSHOP, κάτω δεξιά το δίκτυο σταθμών της εταιρείας GEOTECH) (πηγή: <http://www.uranus.gr/>, <http://www.civilshop.com/>, <http://www.jgc.gr/>, <http://www.geotech.gr/>)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΣΤΗΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗ ΖΩΓΡΑΦΟΥ ΜΕ ΔΕΚΤΕΣ GNSS

4.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο γίνεται μια περιγραφή της περιοχής εφαρμογής της διπλωματικής εργασίας που είναι η Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου καθώς και η περιγραφή του δικτύου εντός αυτής. Επίσης, δίνεται ο ορισμός ενός γεωδαιτικού δικτύου, καθώς και των μεθόδων μέτρησης που ακολουθήθηκαν. Τέλος γίνεται μια αναφορά στις δυσκολίες που εντοπίστηκαν καθ' όλη τη διαδικασία των μετρήσεων.

4.2 Γεωδαιτικά Δίκτυα

Το *Γεωδαιτικό Δίκτυο* είναι ένα σύνολο σημείων πάνω στην φυσική γήινη επιφάνεια (φ.γ.ε.), που συνδέεται με απευθείας παρατηρήσεις ή και με παρατηρήσεις σε σημεία έξω από τη φ.γ.ε., με σκοπό να δοθούν συντεταγμένες ή άλλου είδους τιμές, ώστε να χρησιμεύσουν ως σημεία ελέγχου σε μελλοντικές εργασίες [Μπαλοδήμος Δ.-Δ., Δ. Σταθάς, Φεβρουάριος 2006]

Οι κορυφές ενός γεωδαιτικού δικτύου ονομάζονται *Τριγωνομετρικά Σημεία* και ανά τρία ορίζουν ένα τρίγωνο στο χώρο, το οποίο και ονομάζεται *Τριγωνομετρικό Δίκτυο*. Οι συντεταγμένες (X,Y,Z), προκύπτουν από την επίλυση του τριγώνου, το οποίο προβάλλεται πάνω σε μια επιφάνεια αναφοράς (ελλειψοειδές, σφαίρα) ή σε ένα επίπεδο. Ανάλογα με το σκοπό της εργασίας, οι κατηγορίες των δικτύων που χρησιμοποιούνται είναι :

- *Δίκτυα Οριζόντιου Ελέγχου* : Στα δίκτυα αυτά, προσδιορίζονται οι συντεταγμένες των κορυφών ενός δικτύου σε δύο διαστάσεις, σε κάποιο σύστημα αναφοράς όπου και προβάλλονται. Εάν το σύστημα αναφοράς είναι η σφαίρα ή το ελλειψοειδές, θα αναφερόμαστε στις γεωγραφικές συντεταγμένες του σημείου, δηλαδή, στο γεωγραφικό πλάτος (φ) και στο γεωγραφικό μήκος (λ). Εάν το σύστημα αναφοράς είναι το επίπεδο, θα αναφερόμαστε στις καρτεσιανές συντεταγμένες (X,Y), οι οποίες μπορεί να είναι αυθαίρετες ως προς ένα αυθαίρετο επίπεδο αναφοράς ή και εξαρτημένες ως προς κάποιο κρατικό σύστημα αναφοράς (ΕΓΣΑ87).
- *Δίκτυα Κατακόρυφου Ελέγχου* : Στα δίκτυα αυτά, κάθε σημείο της φ.γ.ε. ορίζεται αμφιμονοσήμαντα μόνο με την τρίτη διάσταση (Z), δηλαδή, το υψόμετρο του σημείου. Ανάλογα με την επιφάνεια αναφοράς που θα επιλεγεί, υπολογίζονται διαφορετικά υψόμετρα. Αν η επιφάνεια αναφοράς είναι το γεωειδές, το υψόμετρο ονομάζεται ορθομετρικό (H),

ενώ αν η επιφάνεια αναφοράς είναι το ελλειψοειδές, το υψόμετρο ονομάζεται γεωμετρικό (h).

- *Τρισδιάστατα Δίκτυα Ελέγχου* : Είναι τα δίκτυα τα οποία κάθε κορυφή του αναφέρεται στις συντεταγμένες (X,Y,Z) οι οποίες προσδιορίζονται ταυτόχρονα ως προς ένα Τρισσορθογώνιο Σύστημα Αναφοράς.

Στις περιπτώσεις όπου το δίκτυο μετράται με δέκτες GNSS, θα αναφέρεται σε συντεταγμένες ως προς το Παγκόσμιο Γεωκεντρικό Τρισσορθογώνιο Σύστημα Αναφοράς (WGS84). Επίσης, στις μετρήσεις που γίνονται με δέκτες GNSS, το υψόμετρο που προσδιορίζεται κάθε φορά είναι το γεωμετρικό υψόμετρο (h), αφού η επιφάνεια αναφοράς του συστήματος GPS είναι ένα γεωκεντρικό ελλειψοειδές. Μπορούμε αν γνωρίζουμε την αποχή του γεωειδούς (N) της περιοχής, να αναχθούμε στο ορθομετρικό υψόμετρο, που είναι και το ζητούμενο στις συνήθεις τοπογραφικές εργασίες με τη γνωστή σχέση $h = H + N$, διαφορετικά το υψόμετρο από το γεωειδές μπορεί να προκύψει από γεωμετρική χωροστάθμηση ή τριγωνομετρική υψομετρία με μεγάλη ακρίβεια (γεωμετρική χωροστάθμηση $\cong \pm 1\text{mm}$, τριγωνομετρική υψομετρία $\cong \pm 5\text{mm}$).

Στην περίπτωση του σχετικού στατικού εντοπισμού θέσης, όταν επιλύεται το δίκτυο με σταθερό σημείο κάποιο τριγωνομετρικό της ΓΥΣ (Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού), τα υψόμετρα που προκύπτουν είναι ορθομετρικά, με ακρίβεια μερικών εκατοστών ανάλογα πάντα με την ακρίβεια που είναι προσδιορισμένο το υψόμετρο του σταθερού σημείου. Τα προγράμματα επίλυσης δορυφορικών δικτύων, δεν διαθέτουν ακόμα αξιόπιστα μοντέλα γεωειδούς για τον Ελλαδικό χώρο και γι αυτό αναλόγως με το μετασχηματισμό που κάνει το κάθε πρόγραμμα, προκύπτουν τα ορθομετρικά υψόμετρα με ακρίβεια μερικών εκατοστών. Επίσης, η ακρίβεια αυτή των ορθομετρικών υψομέτρων έχει να κάνει και με το πεδίο βαρύτητας της περιοχής, όπου για τη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης θεωρείται ομοιογενές.

4.3 Η Περιοχή Μελέτης

Η περιοχή μελέτης αναφέρεται στην Πολυτεχνειούπολη του Ζωγράφου Αττικής, συνολικής έκτασης 1000 στρεμμάτων περίπου και εγκαταστάσεις έκτασης 240000 m² περίπου. Το δίκτυο της περιοχής μελέτης αποτελείται από 10 τριγωνομετρικά σημεία, τα οποία είναι προσημασμένα σε βάθρα ομοιόμορφα κατανομημένα σε όλη την έκταση. Τα περισσότερα βάθρα του δικτύου για λόγους ορατότητας είναι τοποθετημένα στις ταράτσες των κτηρίων, εκτός από ένα, το οποίο βρίσκεται στην πλαγιά έναντι του κτηρίου Λαμπαδαρίου της σχολής ΣΑΤΜ. Έχουν υλοποιηθεί σταδιακά από το 1987

έως το 2000 και αποτελούν σημεία αναφοράς των γεωδαιτικών εργασιών που γίνονται στο χώρο.

Προκειμένου να δοθούν συντεταγμένες στο δίκτυο, απαιτούνται δύο σταθερά τριγωνομετρικά σημεία τα οποία και επιλέχθηκε να είναι τα τριγωνομετρικά Κύρου Πήρα και Λιθάρι. Να σημειωθεί ότι, στην προκειμένη περίπτωση κατά τη μέτρηση του δικτύου με δορυφορικές μεθόδους, χρειαζόμαστε ένα τριγωνομετρικό σημείο για να επιλυθεί το δίκτυο. Το δεύτερο τριγωνομετρικό σημείο, χρησιμοποιείται ώστε να έχουμε έλεγχο του αποτελέσματος. Η επιλογή των δύο συγκεκριμένων σημείων, έγινε αφενός για λόγους ευκολίας πρόσβασης σε αυτά, αφετέρου της καλής γεωμετρίας που επιτυγχάνεται κατά το σχεδιασμό του δικτύου. Τελικά το δίκτυο αποτελείται από 12 κορυφές, οι οποίες και παρουσιάζονται στην εικόνα 11 :



Εικόνα 11: Οι κορυφές του δικτύου (πηγή <http://gis.ktimanet.gr/wms/ktbasemap/default.aspx0>)

4.4 Αναγνώριση Περιοχής Μελέτης

Η αναγνώριση της περιοχής έγινε με επιτόπου επίσκεψη στις ταράτσες των κτηρίων, ώστε να εκτιμηθεί η κατάσταση των βάθρων, η ορατότητα που επιτυγχάνεται από κάθε βάθρο καθώς και ο τρόπος πρόσβασης σε αυτά, που σε κάποιες περιπτώσεις ήταν αρκετά δύσκολος. Οι κορυφές του δικτύου με τους κωδικούς του κάθε σημείου είναι οι εξής :

- 02 Κτήριο Φυσικής
- 03 Κτήριο Σ.Ε.Μ.Φ.Ε.
- 04 Κτήριο Ναυπηγών Μηχανικών (Βάθρο στο δώμα του εργαστηρίου αεροναυπηγικής)
- 05 Αντλιοστάσιο (Βρίσκεται στην ανατολική πλευρά της έκτασης και εντός της Πανεπιστημιούπολης)
- 06 Κτήριο Χημικών Μηχανικών (Βάθρο που βρίσκεται σε δώμα στην ανατολική πλευρά του κτηρίου)
- 07 Κτήριο Παλιών Φοιτητικών Εστιών
- 08 Κτήριο Υδραυλικής
- 09 Κτήριο Βέη
- 10 Πλαγιά (Έναντι του κτηρίου Λαμπαδαρίου)
- 11 Κτήριο Λαμπαδαρίου (Το δυτικότερο βάθρο στο δώμα του κτηρίου)
- T01 Κύρου Πήρα (Βρίσκεται σε λόφο στο δάσος της Καισαριανής και αποτελεί τριγωνομετρικό της ΓΥΣ)
- T02 Λιθάρι (Βρίσκεται σε λόφο στην περιοχή Παπάγου και αποτελεί τριγωνομετρικό της ΓΥΣ)

4.5 Σχεδιασμός Δικτύου

Κατά το σχεδιασμό ενός δικτύου, λαμβάνονται υπ' όψη κάποια κριτήρια, τα οποία και αναφέρονται κυρίως, στην ορθή, όσο το δυνατόν επιλογή της θέσης των κορυφών του, στο χώρο. Στη συγκεκριμένη εργασία, το δίκτυο που μετρήθηκε ήταν υλοποιημένο ήδη όπως αναφέρθηκε, συνεπώς αναφερόμαστε σε μέτρηση και επίλυση ενός υφιστάμενου δικτύου αναφοράς. Τα τριγωνομετρικά σημεία επιλέχθηκαν να είναι τα, Κύρου Πήρα και Λιθάρι αντί του Λυκαβηττού, που ήταν και η αρχική επιλογή. Ο λόγος της απόρριψης του Λυκαβηττού, ήταν ότι υπήρχε κίνδυνος ευθυγραμμίας με κάποιες κορυφές του δικτύου, γεγονός που θα αποδυνάμωνε την επίλυση. Τα σημαντικότερα κριτήρια, όπου πρέπει να πληρούνται στην επιλογή των κορυφών ενός δικτύου είναι :

- Η επίτευξη καλής γεωμετρίας μεταξύ αυτών και συγκεκριμένα, θα πρέπει τα τρίγωνα τα οποία δημιουργούνται να έχουν όσο το δυνατόν ίσες πλευρές, σχετικά μικρού μήκους για την ομοιόμορφη μετάδοση

των σφαλμάτων. Τα τελευταία χρόνια με τη χρήση δεκτών GPS, το μήκος των πλευρών του δικτύου έχει αυξηθεί σημαντικά σε σχέση με τη χρήση ολοκληρωμένου γεωδαιτικού σταθμού, καθώς πλέον επιλύονται δίκτυα με πλευρές έως 5Km με μεγάλη ακρίβεια.

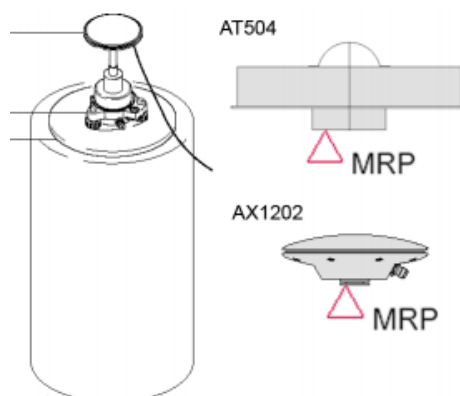
- Η αμοιβαία ορατότητα μεταξύ των κορυφών. Ο περιορισμός αναφέρεται σε δίκτυα, τα οποία πρόκειται να μετρηθούν με ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό, ενώ στα δίκτυα GPS δεν απαιτείται. Σε πολλές περιπτώσεις όταν μετράται το δίκτυο με δέκτες GNSS, θα πρέπει να λαμβάνουμε υπ' όψιν τυχόν παρεμβολές του σήματος. Οι παρεμβολές αυτές μπορεί να οφείλονται σε κεραιές υψηλής συχνότητας ή υψηλά κτήρια, ειδικά όταν μετράμε σε αστικό περιβάλλον. Συνεπώς, θα πρέπει οι κορυφές του δικτύου να βρίσκονται σε ανοιχτό ορίζοντα, ώστε να επιτυγχάνεται η συνεχής λήψη του σήματος.
- Τα τριγωνομετρικά σημεία πρέπει να βρίσκονται σε περιοχές όπου είναι αρκετά εμφανείς από τη γειτονική περιοχή, καθώς ο κύριος ρόλος τους είναι ότι αποτελούν το υπόβαθρο πύκνωσης δικτύου σε τρέχουσες τοπογραφικές εργασίες.
- Να έχουν εύκολη πρόσβαση.

4.6 Τα Βάθρα του Δικτύου

Η κατασκευή των βάθρων των Τριγωνομετρικών σημείων, υπόκειται σε κάποιες προδιαγραφές των κρατικών υπηρεσιών και ο κύριος ρόλος τους είναι η σήμανση των κορυφών ενός δικτύου. Οι προδιαγραφές αυτές, έχουν να κάνουν με τις διαστάσεις των βάθρων, τους τρόπους θεμελίωσης και τη σήμανση του σημείου στη στέψη του βάθρου, κατά την κατακόρυφο από το έδαφος. Συνήθως, τοποθετούνται στις ταρατσες κτηρίων ή σε λόφους για να έχουν ένα ευρύ πεδίο ορατότητας, ώστε να αποτελέσουν σημεία αναφοράς των γεωδαιτικών εργασιών.

Το υλικό της κατασκευής, είναι κυρίως το σκυρόδεμα, ενώ υπάρχουν και μεταλλικά βάθρα. Στη στέψη του βάθρου υπάρχει, τις περισσότερες φορές, μια ειδική πλακέτα που προσδιορίζει σημειακά το σημείο αναφοράς, ή ειδικά μεταλλικά συστήματα εξαναγκασμένης κέντρωσης, ώστε να αποφευχθούν τα σφάλματα κεντρώσεων. Επίσης, υπάρχει και μια αφετηρία των υψομέτρων (Repere), η οποία μεταφέρεται και αυτή στην κορυφή τους ώστε τελικά οι συντεταγμένες (X, Y, H) να αναφέρονται στη στέψη ή στη μεταλλική πλακέτα εφόσον υπάρχει.

Όταν τοποθετείται δέκτης GNSS στα βάθρα, το ύψος της κεραίας του δέκτη (bottom of antenna mount) μετράται από τη στέψη, έως ένα μεταλλικό δαχτυλίδι στο κάτω μέρος της κεραίας, όπως φαίνεται στην εικόνα 12:



Εικόνα 12: Ύψος κεραίας σε βάθρο (Πηγή: Web: <http://gef.nerc.ac.uk>)

4.7 Μέτρηση Δικτύου με τη Μέθοδο του Σχετικού Στατικού Εντοπισμού (Static)

Σε πρώτη φάση, η μέτρηση του δικτύου περιελάμβανε τη μέτρηση των βάσεων όλων των δυνατών συνδυασμών των κορυφών του, με τη μέθοδο του σχετικού στατικού εντοπισμού, ώστε να προσδιοριστούν οι συντεταγμένες της κάθε κορυφής. Τα δύο σταθερά σημεία επιλέχθηκε να είναι τα βάθρα της ΓΥΣ, Λιθάρι και Κύρου Πήρα. Συνολικά οι βάσεις που μετρήθηκαν είναι 66 και παρουσιάζονται στον πίνακα 1.

Ο χρόνος παραμονής στο σημείο, ώστε να αποκτηθούν οι αναγκαίες παρατηρήσεις των δύο δεκτών (Base, Rover), για την επίλυση των ασαφειών φάσης, ήταν της τάξης των 30 min, με καταγραφή ανεπεξέργαστων παρατηρήσεων ανά 15sec. Η γωνία αποκοπής, κατά την οποία, κάτω από αυτή δεν βλέπει δορυφόρους ο δέκτης, ορίστηκε στις 15°. Η επεξεργασία των βάσεων πραγματοποιήθηκε με την εκ των υστέρων επεξεργασία στο λογισμικό LGO (Leica Geo Office). Το σύστημα αναφοράς των μετρήσεων επιλέχθηκε να είναι το WGS84, ενώ ο μετασχηματισμός σε ΕΓΣΑ'87 πραγματοποιήθηκε εκ των υστέρων κατά τη συνόρθωση του δικτύου.

Όνομα		Λαμπ	Βέη	Πλαγιά	Υδραυλ	Π. Εστίες	Φυσική	Σεμφε	Χ. Μηχαν	Ναυπ	Αντλιοστ	Κ. Πήρα	Λιθάρι
	Κωδικός	11	09	10	08	07	02	03	06	04	05	01	12
Λαμπ	11		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Βέη	09			OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Πλαγιά	10				OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Υδραυλ	08					OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Π. Εστίες	07						OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Φυσική	02							OK	OK	OK	OK	OK	OK
Σεμφε	03								OK	OK	OK	OK	OK
Χ. Μηχαν	06									OK	OK	OK	OK
Ναυπ	04										OK	OK	OK
Αντλιοστ	05											OK	OK
Κ. Πήρα	01												OK
Λιθάρι	12												

Πίνακας 1: Μετρημένες βάσεις κατά το σχετικό στατικό εντοπισμό (static)

4.7.1 Εξοπλισμός μετρήσεων (Static)

Ο αναγκαίος εξοπλισμός του πεδίου κατά τη μέθοδο του στατικού εντοπισμού θέσης είναι :

- δύο δέκτες (Base, Rover) της σειράς Leica 1200+ GNSS, με κεραία την ATX1230,
- δύο χειριστήρια RX 1250 X,
- δύο βάσεις εξαναγκασμένης κέντρωσης,
- ένα τρικόχλιο,
- ένα μπουλόνι κέντρωσης,
- μια μετροταινία,
- ένα έντυπο καταγραφής των παρατηρήσεων.

Οι δέκτες έχουν τη δυνατότητα μέτρησης στις συχνότητες L1 και L2, ενώ μπορούν να εντοπίζουν δορυφόρους τόσο του αμερικάνικου συστήματος GPS, όσο και του ρωσικού GLONASS. Οι κεραίες επικοινωνούν με το χειριστήριο μέσω ενός καλωδίου με τον rover, ενώ ο base διαθέτει ασύρματη επικοινωνία με το χειριστήριο μέσω θύρας Bluetooth εμβέλειας τριών μέτρων. Στο έντυπο καταγράφονται στοιχεία όπως, το ύψος κεραίας, ο χρόνος έναρξης και λήξης παραμονής στο σημείο, η ημερομηνία και ο κωδικός του σημείου. Στον παρακάτω πίνακα [πίνακας 2] παρουσιάζονται οι δυνατότητες του δέκτη από τον κατασκευαστή :

Δυνατότητες Δέκτη			
Στατικός Εντοπισμός (Static)		Κινηματικός Εντοπισμός (Kinematic)	
Οριζοντιογραφικά	Κατακόρυφα	Οριζοντιογραφικά	Κατακόρυφα
5mm ± 5ppm	10mm ± 5ppm	10mm ± 1ppm	20mm ± 1ppm

Πίνακας 2: Ονομαστικές ακρίβειες του δέκτη Leica RX1200 για Post Processing και RTK δεδομένα
(πηγή : Leica RX1200 User Manual)

4.8 Μέτρηση Δικτύου με τη Μέθοδο του Σχετικού Κινηματικού Εντοπισμού σε Πραγματικό Χρόνο (RTK)

Σε δεύτερη φάση, οι συντεταγμένες των κορυφών του δικτύου προέκυψαν με τη μέθοδο RTK. Μετρήθηκαν συνολικά οι 10 υπό προσδιορισμό κορυφές του δικτύου. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, απαιτείται ένας δέκτης μόνο (rover) και ένα κινητό τηλέφωνο με δυνατότητα σύνδεσης Bluetooth κι ενσωματωμένη κάρτα SIM για υποστήριξη GPRS, ώστε να συνδέεται στο διαδίκτυο και να παίρνει τις απαραίτητες διορθώσεις. Ο σταθερός σταθμός του δικτύου της METRICA στη Μεταμόρφωση, απέχει περίπου 10Km από την περιοχή μελέτης. Στην ουσία επιλύεται η βάση στο χώρο, σε πραγματικό χρόνο, από τον κοντινότερο σταθμό του δικτύου METRICANET με την κάθε κορυφή του δικτύου. Για 4 κορυφές του δικτύου, έγινε επίλυση και από το δίκτυο Uranus της εταιρίας TOPCON.

Ο χρόνος παραμονής του δέκτη σε κάθε σημείο ήταν από 15sec έως 30sec, ώστε να γίνει αποδεκτή η οριζοντιογραφική και υψομετρική ακρίβεια του σημείου μαζί, όπου είναι τα 3 cm. Ο δέκτης συνδέεται με το κινητό μέσω θύρας Bluetooth και το κινητό επιτρέπει τη ραδιοσύζευξη μεταξύ, δέκτη (rover) – σταθμού (base station). Κατά την εφαρμογή της μεθόδου, εισάγεται στο χειριστήριο το ύψος κεραίας και ο κωδικός του σημείου.

4.8.1 Εξοπλισμός για RTK

Ο απαραίτητος εξοπλισμός για την τεχνική του σχετικού κινηματικού εντοπισμού θέσης είναι :

- ένας δέκτης (rover) της σειράς Leica 1200+ GNSS, με κεραία την ATX1230 και ένας δέκτης V30 Pacific Crest Trimble BD-970
- ένα χειριστήριο RX 1250 X ,
- ένα κινητό τηλέφωνο Nokia με δυνατότητα GPRS,
- μία βάση εξαναγκασμένης κέντρωσης,
- ένα τρικόχλιο,
- ένα μπουλόνι κέντρωσης,
- μια μετροταινία,
- ένα έντυπο καταγραφής του ύψους κεραίας

4.9 Καταγραφή Δεδομένων για Σχετικό Στατικό Εντοπισμό (Static) και Σχετικό Κινηματικό Εντοπισμό (RTK)

Τα δεδομένα καταγραφής κάθε μέτρησης γίνονται μέσω του χειριστηρίου RX 1250 X, για κάθε δέκτη και αποθηκεύονται στην κάρτα CompactFlash που βρίσκεται στο εσωτερικό του χειριστηρίου. Τα δεδομένα αυτά έχουν να κάνουν με το όνομα της εργασίας, το σύστημα συντεταγμένων, το κωδικό του σημείου και το ύψος κεραίας. Αναλυτικά τα βήματα εισαγωγής δεδομένων στο λογισμικό smartworx του χειριστηρίου RX 1250 X είναι:



Εικόνα 13: Χειριστήριο RX 1250 X, κεραία ATX 1230 και βάση εξαναγκασμένης κέντρωσης Kern

- Ανοίγουμε το χειριστήριο επιλέγοντας ON [RROG].
- Από την οθόνη επιλέγουμε GPS και εμφανίζεται το κυρίως μενού.
- Επιλέγουμε αποτύπωση (Survey) και στη συνέχεια εισάγουμε τα δεδομένα.
- Μπορούμε να δημιουργήσουμε μια νέα εργασία (Job) ή να επιλέξουμε κάποια από τις υπάρχουσες. Επίσης ορίζουμε το σύστημα συντεταγμένων των μετρήσεων το WGS1984 για το στατικό εντοπισμό ή ΕΓΣΑ_HEPOS για σχετικό κινηματικό εντοπισμό.
- Στο σεντ ρυθμίσεων επιλέγουμε (Config_Set) Smartrover PP (Post Processing) για σχετικό στατικό ή Smartrover για σχετικό κινηματικό εντοπισμό.
- Στην κεραία (Antenna) επιλέγουμε ATX 1230 GNSS + Βάθρο για την τρέχουσα εργασία.
- Αφού εισάγουμε τα δεδομένα πατάμε συνέχεια και λήψη ώστε να ξεκινήσει η μέτρηση.
- Για να αποθηκευθεί το σημείο στην κάρτα του χειριστηρίου πατάμε Stop και αποθήκευση στην κάτω μπάρα της οθόνης.



Εικόνα 14: Κυρίως μενού και εισαγωγή δεδομένων αποτύπωσης στο λογισμικό smartwrx (πηγή : Leica Geosystems User Manual)

4.10 Δυσκολίες που Εντοπίστηκαν Κατά τις Μετρήσεις

Όπως αναφέρθηκε, η έκταση της πολυτεχνειούπολης του Ζωγράφου καταλαμβάνει επιφάνεια 1000 στρεμμάτων περίπου. Συνεπώς, η μετακίνηση από τη μια κορυφή στην άλλη ήταν αδύνατο να γίνει χωρίς κάποιο μεταφορικό μέσο. Σε κάποια κτήρια η πρόσβαση ήταν εύκολη, σε κάποια άλλα όμως όπως πχ το αντλιοστάσιο, έπρεπε να ανέβει κάποιος την περίφραξη με κάγκελα περί των 7 μέτρων με τον εξοπλισμό, αφού δεν υπήρχε από αλλού πρόσβαση. Αντίστοιχα στα δώματα των κτηρίων Χημικών Μηχανικών και Ναυπηγών όπου βρίσκονταν τα βάρη, υπάρχει ανεμόσκαλα 8 μέτρων περίπου για την πρόσβαση σε αυτά. Η προσπέλαση στο τριγωνομετρικό λιθάρι ήταν επίσης δύσκολη, καθώς δεν υπήρχε κάποιο μονοπάτι που να οδηγούσε στην κορυφή του λόφου. Τέλος, η φύση της εργασίας ειδικά όταν πρόκειται για μετρήσεις στατικού προσδιορισμού θέσης με εξάρτηση από κάποιο τριγωνομετρικό σημείο, ως γνωστόν, απαιτεί δυο δέκτες. Θα πρέπει λοιπόν ένα δεύτερο άτομο να βρίσκεται στον ένα σταθερό δέκτη (base) για αρκετές ώρες (στη συγκεκριμένη εργασία ο χρόνος παραμονής του base ήταν περίπου 8 ώρες / ημέρα), έως ότου ο άλλος δέκτης (rover) αποτυπώσει τις υπόλοιπες κορυφές του δικτύου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΕΠΙΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΟΡΘΩΣΗ 3D ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

5.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε κατά την επίλυση των βάσεων και την τελική συνόρθωση του δικτύου στο πρόγραμμα LGO (Leica Geo Office). Αρχικά γίνεται μια αναφορά στις συνορθώσεις γεωδαιτικών δικτύων και στις παρατηρήσεις που εισάγονται στο πρόγραμμα, όταν αναφερόμαστε σε παρατηρήσεις GNSS συστημάτων. Το τελικό προϊόν της συνόρθωσης είναι οι συντεταγμένες κάθε κορυφής στη προβολή του συστήματος ΕΓΣΑ87 (X, Y, H), συνοδευόμενες από τις τελικές a posteriori ακρίβειες (Standard Deviation) που προέκυψαν από τα υπολογισμένα υπόλοιπα (Residuals), τις ελλείψεις σφάλματος κάθε κορυφής και κάποια στατιστικά τεστ (F-test, W-test, T-test), για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Οι συντεταγμένες αυτές προκύπτουν μετά τη μετατροπή από το σύστημα αναφοράς WGS84 στο ελληνικό ΕΓΣΑ87. Επίσης, παρουσιάζεται η τελική μορφή του δικτύου όπως προέκυψε από τη συνόρθωση.

5.2 Συνόρθωση Γεωδαιτικών Δικτύων με Παρατηρήσεις GNSS

Σήμερα, με τη Γεωδαισία των δορυφόρων, γίνεται εφικτή η συνόρθωση μεγάλων Γεωδαιτικών δικτύων στις τρεις διαστάσεις. Οι παρατηρήσεις όπως και σε όλα τα είδη δικτύων είναι περισσότερες από τις άγνωστες καθοριστικές παραμέτρους του μοντέλου που θέλουμε να προσδιορίσουμε, συνεπώς χρειάζεται να γίνει συνόρθωση. Το τελικό αποτέλεσμα είναι ο υπολογισμός άμεσα των καλύτερων 3D συντεταγμένων του δικτύου και ο πίνακας μεταβλητότητας – συμμεταβλητότητας τους.

Η ακρίβεια των παρατηρήσεων GNSS όταν αναφερόμαστε σε παρατηρήσεις φάσης, είναι πολύ υψηλή της τάξης του 1ppm [βλέπε: κεφάλαιο 2]. Το γεγονός αυτό δεν σημαίνει ότι και το αποτέλεσμα της επεξεργασίας θα είναι επίσης ποιοτικό, εάν δεν έχουν αντιμετωπιστεί τα συστηματικά σφάλματα και δεν έχουν επιλυθεί σωστά οι ασάφειες φάσεις της κάθε επιλυμένης βάσης. Η κακή γεωμετρία των δορυφόρων παίζει σημαντικό ρόλο στη δημιουργία συστηματικών σφαλμάτων κατά τις μετρήσεις και συνεπώς πρέπει να ελέγχεται ο δείκτης DOP.

Το πρόγραμμα της επίλυσης εφαρμόζει τη μέθοδο Delft για τη συνόρθωση του δικτύου, ώστε να γίνει ελαχιστοποίηση των τετραγώνων των υπολοίπων κάθε παρατήρησης.^[5] Μετά την εφαρμογή της MET (Μέθοδος Ελαχίστων Τετραγώνων) γνωρίζουμε ότι έχουμε την καλύτερη προσαρμογή (λύση), με βάση πάντα την ποιότητα των παρατηρήσεων. Το πρόγραμμα δίνει ένα γενικό έλεγχο της ακρίβειας και της αξιοπιστίας (ορθότητα + ακρίβεια) των μετρήσεων, κατά το αποτέλεσμα της επίλυσης. Το εξαγόμενο προϊόν της

διαδικασίας, πέρα από τις συντεταγμένες της κάθε κορυφής για ποιοτικό έλεγχο του δικτύου είναι :

- Η a posteriori τυπική απόκλιση των παρατηρήσεων.
- Η a posteriori τυπική απόκλιση των κορυφών του δικτύου.
- Τα στοιχεία των απόλυτων και σχετικών ελλείψεων σφάλματος των κορυφών.
- Η τιμή MDB (Minimal Detectable Bias) των παρατηρήσεων (αναφέρεται και ως ακρίβεια των παρατηρήσεων)
- Η τιμή BNR (Bias to Noise Ratio) των παρατηρήσεων (αναφέρεται και ως θόρυβος ή ορθότητα των παρατηρήσεων)

Ως συνέπεια των επιπλέων παρατηρήσεων, είναι το γεγονός ότι δεν υπάρχει μια μοναδική λύση η οποία να αντιπροσωπεύει ακριβώς το δίκτυο. Ως εκ τούτου, με τη διαδικασία της συνόρθωσης, διορθώνονται οι αρχικές παρατηρήσεις που γίνονται με τους δέκτες, προκειμένου να ικανοποιούν τις προϋποθέσεις της MET. Το πόσο καλά προσαρμόζονται οι μετρήσεις στο μαθηματικό μοντέλο, το δείχνουν τα υπόλοιπα (Residuals) της κάθε παρατήρησης.

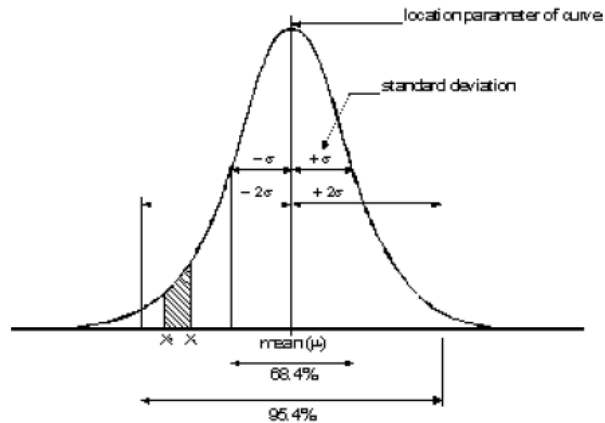
Κάθε μοντέλο προσαρμογής ελαχίστων τετραγώνων αποτελείται από δύο εξίσου σημαντικές συνιστώσες: το *μαθηματικό μοντέλο* και το *στοχαστικό μοντέλο*. Το μαθηματικό μοντέλο είναι ένα σύνολο σχέσεων μεταξύ των παρατηρήσεων και των αγνώστων. Το στοχαστικό μοντέλο περιγράφει την αναμενόμενη κατανομή του σφάλματος, που θα έχουν οι παρατηρήσεις.

Το μαθηματικό μοντέλο στην περίπτωση των παρατηρήσεων GPS είναι αρκετά περίπλοκο, καθώς οι άγνωστες συντεταγμένες των κορυφών (X, Y, Z) θα πρέπει να υπολογιστούν σε διαφορετικό σύστημα αναφοράς από αυτό των μετρημένων βάσεων (μετασχηματισμός WGS84-ΕΓΣΑ87) :

$$\Delta X_{ij} = F(a, b, c, m, X_i, Y_i, Z_i, X_j, Y_j, Z_j)$$

Όπου : a, b, c, m οι παράμετροι του μετασχηματισμού.

Εκτός από το μαθηματικό μοντέλο είναι απαραίτητο και ένα στοχαστικό μοντέλο, το οποίο θα περιγράφει και θα μοντελοποιεί την απόκλιση που έχουν οι παρατηρήσεις. Η ανάγκη για τη δημιουργία ενός τέτοιου μοντέλου γίνεται κατανοητή καθώς, εάν για παράδειγμα μετρήσουμε μια απόσταση δέκα φορές με κάποιο μετρητικό όργανο, ενδέχεται να προκύψουν 10 διαφορετικές τιμές για την ίδια απόσταση. Το στοχαστικό μοντέλο έρχεται να μας δώσει την τυπική απόκλιση που μπορούν να πάρουν οι παρατηρήσεις μας ώστε να ταυτίζονται με το μαθηματικό μοντέλο. Κάτι τέτοιο περιγράφεται από την καμπύλη της κανονικής κατανομής.



Σχήμα 1 : Η καμπύλη της κανονικής κατανομής

Η ακριβή τιμή (μ) αντιπροσωπεύει την αξία της μαθηματικής προσδοκίας της παρατήρησης, ενώ η τυπική απόκλιση (σ) αποτελεί ένα μέτρο εκτίμησης της διασποράς των μετρήσεων από την ακριβή τιμή. Η τυπική απόκλιση (Standard deviation) συνεπώς χαρακτηρίζει την ακρίβεια της παρατήρησης. Η διαφορά μιας εκτίμησης της μεταβλητής από την ακριβή της τιμή, θα βρίσκεται ανάμεσα σε $-\sigma$ και $+\sigma$ με πιθανότητα 68%, ενώ θα βρίσκεται στο διάστημα -2σ και $+2\sigma$ με πιθανότητα 95%, στα πλαίσια της κανονικής κατανομής.

Τα διανυσματικά στοιχεία (ΔX , ΔY , ΔZ) κατά τις παρατηρήσεις GPS για την επίλυση βάσεων, αποτελούν αλληλοεξαρτώμενα στοιχεία. Η εξάρτηση αυτή ποσοτικοποιείται με το συντελεστή συσχέτισης :

$$\rho = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}, \quad -1 \leq \rho \leq 1.$$

Τα δίκτυα που βασίζονται σε παρατηρήσεις δορυφόρων, επιλύονται δεσμεύοντάς τα εξωτερικά από μια γνωστή κορυφή (X,Y,Z), δηλαδή σταθεροποιείται από τρεις παραμέτρους. Η συνόρθωση γίνεται με παρατηρήσεις των συνιστωσών των ανεξάρτητων βάσεων και έτσι δημιουργείται ένας πίνακας μεταβλητότητας – συμμεταβλητότητας 3 x 3 για κάθε επιλυθείσα (fixed) βάση.

$$\begin{bmatrix} \sigma_{\Delta X}^2 & \sigma_{\Delta X \Delta Y} & \sigma_{\Delta X \Delta Z} \\ \sigma_{\Delta X \Delta Y} & \sigma_{\Delta Y}^2 & \sigma_{\Delta Y \Delta Z} \\ \sigma_{\Delta X \Delta Z} & \sigma_{\Delta Y \Delta Z} & \sigma_{\Delta Z}^2 \end{bmatrix}$$

5.3 Εισαγωγή Δεδομένων στο LGO

Αφού ολοκληρωθούν οι μετρήσεις με τους δέκτες GNSS, τα αρχεία των παρατηρήσεων "κατεβαίνουν" στο πρόγραμμα LGO από την αποθηκευτική κάρτα (CF card), που διαθέτουν τα χειριστήρια (base, rover).

Όταν οι μετρήσεις γίνονται με δύο δέκτες (Post Processing), τα αρχεία "κατεβαίνουν" και από τους δύο δέκτες. Όταν μάλιστα χρησιμοποιείται κάποιος σταθμός αναφοράς GNSS κάποιου δικτύου (π.χ. METRICANET, HEPOS, URANUS) ως σταθερό σημείο, τότε εισάγεται και το αρχείο του σταθμού μαζί με τις μετρήσεις των δεκτών σε μορφή RINEX. Το αρχείο αυτό μπορούμε να το αποκτήσουμε έπειτα από παραγγελία, από το εκάστοτε κέντρο του δικτύου. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, το σταθερό σημείο αναφοράς από το οποίο θα εξαρτηθεί το δίκτυο, έχει επιλεγθεί να είναι τριγωνομετρικό βάθρο (Λιθάρι, Κύρου Πήρα και Λαμπαδάριο).

Όσον αφορά τις μετρήσεις που γίνονται με ένα δέκτη κατά την τεχνική του σχετικού κινηματικού εντοπισμού σε πραγματικό χρόνο (RTK), οι παρατηρήσεις εισάγονται μόνο από το δέκτη rover. Ο κοντινότερος σταθμός αναφοράς στην περίπτωση αυτή, είναι ο σταθμός της METRICA στη Μεταμόρφωση Αττικής. Ο δέκτης επικοινωνεί διαδικτυακά μέσω τηλεφώνου GSM με το σταθμό αναφοράς, ώστε να δέχεται τις διορθώσεις σε πραγματικό χρόνο. Να σημειωθεί ότι, για να είμαστε εντός της διαδικτυακής λύσης του δικτύου της METRICA, θα πρέπει η περιοχή της εργασίας να μην υπερβαίνει τα 15 Km.

Τέλος, στο πρόγραμμα υπάρχουν εγκατεστημένοι οι παράμετροι του μετασχηματισμού από το σύστημα των μετρήσεων WGS84 στο επιθυμητό ΕΓΣΑ87. Για το μετασχηματισμό αυτό, χρησιμοποιούνται οι παράμετροι του ελλειψοειδούς GRS80 ώστε να γίνει η μεταφορά του γεωκεντρικού συστήματος στο κρατικό γεωδαιτικό σύστημα συντεταγμένων.

5.4 Επίλυση Βάσεων κατά το Σχετικό Στατικό Εντοπισμό Θέσης (Static)

Η επίλυση των βάσεων (fixed), σχετίζεται με το γεγονός της επίλυσης των ασαφειών φάσης και τον υπολογισμό των ορθών ακέραιων κύκλων, του μήκους κύματος μεταξύ δέκτη – δορυφόρου. Το αποτέλεσμα της επίλυσης αυτής που θα προκύψει, είναι τα τρισδιάστατα διανύσματα μεταξύ των βάσεων.

Για να επιτευχθεί αυτό, αφού έχουν εισαχθεί τα αρχεία των παρατηρήσεων, πρέπει να ορίσουμε στο πρόγραμμα τις παρατηρήσεις που έγιναν από το δέκτη base και από το δέκτη rover. Στο σημείο αυτό μπορούμε να επεξεργαστούμε τις εισαγόμενες τιμές κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, όπως το ύψος κεραίας, τον κωδικό του σημείου και το σύστημα αναφοράς, που θα αναφέρονται οι βάσεις. Μόνο για μεμονωμένη επίλυση βάσης, υπάρχει η δυνατότητα να αφαιρεθούν οι δορυφόροι με κακή γεωμετρία, οι οποίοι δεν συμμετέχουν στην τελική λύση. Επίσης μπορεί να αλλαχθεί η γωνία

αποκοπής της κεραίας, δηλαδή η γωνία ύψους κάτω από την οποία δεν λαμβάνει δορυφόρους ο δέκτης. Η αλλαγή αυτή όπως και στην αφαίρεση δορυφόρων, πραγματοποιείται σε όλες τις προς επίλυση βάσεις και γι' αυτό είναι προτιμότερο να γίνονται για μεμονωμένες επιλύσεις.

Ως γωνία αποκοπής επιλέχθηκε το σύνηθες, δηλαδή 15° , ως ελάχιστη απόσταση από το σημείο αναφοράς τα 8Km και το τροποσφαιρικό μοντέλο είναι το Hopfield. Τελικά, η επίλυση για κάθε μία βάση επισυνάπτεται στο παράρτημα Β. Ο τύπος της επίλυσης για όλες τις βάσεις ήταν fixed στις συχνότητες L1 και L2 με παρατηρήσεις GPS και GLONASS. Οι συντεταγμένες είναι στο σύστημα WGS84 και αναφέρονται στις γεωγραφικές συντεταγμένες (φ , λ , h).

5.4.1 Βήματα επίλυσης βάσεων

- Αρχικά χρησιμοποιούνται οι ψευδοαποστάσεις μεταξύ των δύο σταθμών, για την εξαγωγή των προσεγγιστικών συντεταγμένων (Pseudorange Processing).
- Στη συνέχεια γίνεται βελτίωση των χρονικών εποχών (Time tag improvement), ώστε οι αρχικές συντεταγμένες να ταυτίζονται με τη χρονική στιγμή της μέτρησης.
- Λύνονται οι τριπλές διαφορές ως προς τους δέκτες, δορυφόρους και το χρόνο ώστε να προκύψουν οι σχετικές συντεταγμένες του ενός σταθμού ως προς τον άλλον με ακρίβεια εκατοστού.
- Γίνεται εντοπισμός και διόρθωση των παρατηρήσεων (Cycle slip fixing).
- Λύνονται οι διπλές διαφορές ως προς δέκτες – δορυφόρους και προκύπτουν τα dx , dy , dz και οι δεκαδικές ασάφειες φάσης N_i . Η λύση αυτή διατυπώνεται ως float.
- Από τις δεκαδικές ασάφειες φάσης που προέκυψαν, γίνεται μετατροπή σε ακέραιες ασάφειες φάσης N (Ambiguity resolution), σχηματίζονται όλοι οι συνδυασμοί ακεραίων και προκύπτει το Ratio (to Noise). Η μετατροπή γίνεται κρατώντας σταθερή τη βάση και λύνοντας ως προς τις ασάφειες φάσεις.
- Τέλος, γίνεται η επεξεργασία των διπλών διαφορών με σταθερά τώρα τα ακέραια N ώστε να προκύψουν τα dx , dy , dz με ακρίβεια της τάξης του χιλιοστού.

5.5 Συνόρθωση του Δικτύου

Μετά την επίλυση των βάσεων, ακολουθεί η διαδικασία της συνόρθωσης του δικτύου και ο υπολογισμός των τελικών 3D συντεταγμένων με τις τελικές τους ακρίβειες. Για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο, μετά τη λύση που προέρχεται από την

επίλυση των βάσεων και για να πάρει το δίκτυο την τελική του μορφή, πρέπει να ορισθεί ένα σταθερό τριγωνομετρικό σημείο. Ο ορισμός του σημείου αναφέρεται στις 3D συντεταγμένες του στο επιθυμητό σύστημα αναφοράς. Άρα λοιπόν, για να συνορθωθεί ένα γεωδαιτικό δίκτυο που προέρχεται από μετρήσεις GNSS στο σύστημα WGS84, χρειάζεται ένα σταθερό τριγωνομετρικό σημείο στο ΕΓΣΑ87, ώστε να ενταχθεί στο σύστημα. Να σημειωθεί ότι, η τελική ακρίβεια των συντεταγμένων της κάθε κορυφής του δικτύου που θα προκύψει, είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την ακρίβεια των συντεταγμένων του σταθερού σημείου που δίνεται. Άρα λοιπόν χρειάζεται μεγάλη προσοχή από που θα εξαρτηθεί το δίκτυο.

Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε το δίκτυο να σταθεροποιηθεί εξωτερικά από τα τριγωνομετρικά Κύρου Πήρα, Λιθάρι και Λαμπαδάριο ξεχωριστά, ώστε να είναι εφικτός ο έλεγχος των τελικών συντεταγμένων. Οι συντεταγμένες των σταθερών κορυφών δίνονται από τη ΓΥΣ για τα βάθρα Κύρου Πήρα και Λιθάρι, ενώ οι συντεταγμένες για το βάθρο του Λαμπαδαρίου έχουν προκύψει από διάφορες επιλύσεις παλαιότερων διπλωματικών. Στον παρακάτω πίνακα [πίνακας: 3], παρουσιάζονται οι δοθείσες συντεταγμένες του κάθε σταθερού τριγωνομετρικού σημείου. Οι οριζοντιογραφικές συντεταγμένες της κορυφής του Λαμπαδαρίου, προήλθαν από τη διπλωματική: "Ίδρυση Πρότυπου Τρισδιάστατου Δικτύου Στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου" [Πηλιώτης Γεώργιος, Σαραφιάν Κριστινέ, Μάρτιος 2000], ενώ το ορθομετρικό υψόμετρο του βάθρου από τη διπλωματική: "Μέτρηση Υψομετρικού Δικτύου Βάθρων Στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου" [Λεμπέσης Σωτήριος, Ιούνιος 2009]. Το ορθομετρικό υψόμετρο της διπλωματικής του 2009 έχει προκύψει με αναβιβασμό από το *repere* που βρίσκεται στην ταράτσα του κτηρίου και έχει προέλθει με ΤΡΥΑ (Τριγωνομετρική Υψομετρία Ακριβείας). Το *repere* ($H_{\Gamma\lambda\mu\pi\tau}=210.353\text{m}$) έχει προέλθει από πύκνωση του υψομετρικού δικτύου Ιης τάξης της ΓΥΣ στη διπλωματική: "Η Επίδραση Της Διάθλασης Στις Γεωδαιτικές Μετρήσεις. Εφαρμογή ΕΤΥ Στο Δίκτυο Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου" [Σιούλης Α., Αθήνα 1993]. Τα δύο πρώτα υψόμετρα (Κ. Πήρα, Λιθάρι) αναφέρονται σε μπουλόνη στο πόδι του βάθρου, ενώ το τρίτο (Λαμπαδάριο) στη στέψη του ($H+1,055$ για στέψη στο βάθρο Κύρου Πήρα και $H+0.95$ για στέψη στο βάθρο Λιθάρι).

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΣΤΟ ΕΓΣΑ87							
ΟΝΟΜΑ	X	Y	H	σ_X	σ_Y	σ_H	ΤΑΞΗΣ
ΚΥΡΟΥ ΠΗΡΑ	481933,338	4201757,427	435,625	0,022	0,021	0,009	III _{ης}
ΛΙΘΑΡΙ	483165,876	4204474,099	362,892	0,004	0,005	0,013	IV _{ης}
ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟ	480547,715	4202792,111	210,661	-	-	-	IV _{ης}

Πίνακας 3: Οι δοθείσες συντεταγμένες των σταθερών κορυφών στο ΕΓΣΑ87

5.5.1 Τα βήματα της συνόρθωσης

Το μοντέλο επίλυσης που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα Leica Geo Office για την τελική συνόρθωση και με τα επιμέρους βήματα παρουσιάζεται παρακάτω:

- Το μαθηματικό μοντέλο είναι :

$$b + u = A x + a$$

Όπου :

b = το διάνυσμα των εξισώσεων παρατήρησης

u = το διάνυσμα των υπολοίπων της παρατήρησης

A = ο πίνακας σχεδιασμού

x = το διάνυσμα των αγνώστων στοιχείων

a = το διάνυσμα της σταθερής κορυφής.

- Το στοχαστικό μοντέλο είναι :

$$V_x = \sigma_0^2 P^{-1}$$

Όπου :

V_x = ο a priori πίνακας μεταβλητότητας - συμμεταβλητότητας

σ_0^2 = a-priori εκτίμηση της μονάδας βάρους

P = ο πίνακας βαρών

Θα πρέπει τα τετράγωνα των υπολοίπων να ελαχιστοποιηθούν σύμφωνα με την αρχή της MET άρα :

$$u^T P u = \min$$

η λύση θα προκύψει από :

$$x = N^{-1} A^T P (b - a)$$

$$\hat{\sigma}_0 = \pm \sqrt{\frac{u^T P u}{r}} \quad (r = n - m)$$

Όπου :

N = ο πίνακας των συντελεστών βάρους των αγνώστων

$\hat{\sigma}_0$ = a posteriori τιμή της μονάδας βάρους

Ο πίνακας μεταβλητότητας – συμμεταβλητότητας των αγνώστων στοιχείων θα είναι :

$$Vx_{\text{apost}} = \sigma_0^2 N^{-1}$$

Η τελική λύση με μεταβολή των συντεταγμένων θα είναι η:

$$x = x_0 + \Delta x$$

Η a posteriori εκτίμηση της μεταβλητότητας που προκύπτει μετά τη συνόρθωση είναι συνήθως αρκετά πιο μικρή σε σχέση με την αρχική a priori εκτίμηση, άρα προκύπτει μία υπεραισιόδοξη λύση και γι' αυτό ο ολικός έλεγχος αξιοπιστίας αποτυγχάνει συνήθως στο ολικό τεστ (F test ή X^2), κατά την πρώτη επίλυση. Το γεγονός της πολύ μικρής τιμής της εκτίμησης της μεταβλητότητας, οφείλεται στο γεγονός ότι δεν λαμβάνεται υπόψη η φυσική συσχέτιση των πρωτογενών παρατηρήσεων, σε συνδυασμό με τις πολλές παρατηρήσεις που έχουμε.^[7] Άρα η a priori εκτίμηση δεν είναι ρεαλιστική και θα πρέπει να αντικαθίσταται με την a posteriori τιμή που προκύπτει από μια πρώτη επίλυση και να συνορθώνεται εκ νέου το δίκτυο.

5.5.2 Εκτίμηση τυπικών σφαλμάτων από τις μετρήσεις

Η μεταβλητότητα σ_0^2 της μονάδας βάρους, είναι μια ποσότητα που μπορεί να επιλέξει ο χρήστης αυθαίρετα και θεωρείται σαν μεταβλητότητα του πληθυσμού ισοβαρών παρατηρήσεων. Στη συγκεκριμένη εργασία έχει δοθεί η τιμή 15 mm και αναφέρεται ως sigma_apriori (GPS) στη συνόρθωση του δικτύου. Αφού υπολογιστεί η καλύτερη τιμή κάθε παρατήρησης, συγκρίνονται οι αρχικές παρατηρήσεις με την καλύτερη τιμή και προκύπτει η a posteriori τιμή της μονάδας βάρους $\hat{\sigma}_0$. Ο λόγος αυτών των δύο πρέπει να είναι κοντά στη μονάδα, ώστε η αρχική θεώρηση που έγινε κατά την επιλογή της a priori τιμής των μετρήσεων, να ταυτίζεται με τη, μετά την επεξεργασία τιμή. Εάν είναι πολύ πάνω από τη μονάδα, σημαίνει ότι υπάρχει κάποιο συστηματικό σφάλμα στις μετρήσεις και το στοχαστικό μοντέλο δεν ταυτίζεται με το μαθηματικό. Ο λόγος αυτών των δύο τιμών αναφέρεται ως F-Test στην επίλυση του δικτύου με το LGO και στην προκειμένη περίπτωση το τεστ έγινε αποδεκτό. Στην ουσία αυτό σημαίνει ότι το στοχαστικό μοντέλο προσαρμόζεται καλά στο μαθηματικό.

$$\hat{\sigma}_0 = \sqrt{\frac{u^T P u}{r}}, F = \frac{\hat{\sigma}_0}{\sigma_0}$$

Όπου :

u = ο πίνακας των υπολοίπων

P = ο πίνακας βαρών

r = ο βαθμός ελευθερίας (r = n – m)

$\hat{\sigma}_0$ = Το a posteriori τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους,

σ_0 = Το a priori τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους

5.6 Τελικά Αποτελέσματα μετά τη Συνόρθωση του Δικτύου

Τελικά με τη μέθοδο του σχετικού στατικού εντοπισμού, έγιναν τρεις επιλύσεις και τα αποτελέσματα της κάθε επίλυσης παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες [πίνακες: 4, 5 και 6]. Παρατηρώντας τις επιλύσεις του δικτύου, βλέπουμε ότι προκύπτουν διαφορές στις τελικές συντεταγμένες της τάξης των μερικών εκατοστών οριζοντιογραφικά και υψομετρικά. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο διαφορετικό σταθερό τριγωνομετρικό που έχει επιλεγθεί κάθε φορά.

Συγκεκριμένα για τα υψόμετρα, το πρόγραμμα κάνει αυτόματα τις αναγωγές χωρίς να διαθέτει κατάλληλο μοντέλο γεωειδούς το οποίο να ταυτίζεται με την Ελλάδα και γι αυτό τα υψόμετρα που προκύπτουν δεν είναι ακριβώς ορθομετρικά. Οι αναγωγές αυτές έχουν να κάνουν με την μετατροπή από το WGS84 στο τοπικό γεωειδές, αλλά οι παράμετροι του μετασχηματισμού (ομοιότητας) από το ένα σύστημα στο άλλο δεν είναι γνωστοί με μεγάλη ακρίβεια. Συνεπώς, είναι λογική η διαφοροποίηση μερικών εκατοστών κατά την παραγωγή ορθομετρικών υψομέτρων με παρατηρήσεις GPS, κατά την επίλυση του δικτύου με την τεχνική του στατικού εντοπισμού θέσης, με επίλυση από σταθερό της ΓΥΣ.

Συνόρθωση Στατικού από Κύρου Πήρα (T01)							
ΟΝΟΜΑ	Code	X	Y	H	σ_x	σ_y	σ_H
α/α		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
ΚΥΡΟΥ ΠΗΡΑ	T01	481933,338	4201757,427	436,680	-	-	-
ΛΙΘΑΡΙ	T02	483165,897	4204474,073	363,771	0,001	0,002	0,004
ΦΥΣΙΚΗ	2	480757,371	4203004,549	203,068	0,001	0,001	0,003
ΣΕΜΦΕ	3	480832,900	4202923,786	215,936	0,001	0,001	0,003
ΝΑΥΠΗΓΟΙ	4	481029,006	4203128,892	211,197	0,001	0,002	0,004
ΑΝΤΙΟΣΤΑΣΙΟ	5	481464,604	4202489,428	261,878	0,002	0,002	0,004
Χ. ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ	6	481047,560	4202885,388	222,184	0,001	0,001	0,003
Φ. ΕΣΤΙΑ	7	480612,970	4202652,108	237,136	0,001	0,001	0,003
ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ	8	480135,700	4203123,055	195,431	0,002	0,002	0,004
ΒΕΗ	9	480527,296	4202865,848	204,422	0,001	0,001	0,003
ΠΛΑΓΙΑ	10	480617,530	4202829,340	193,658	0,002	0,002	0,006
ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟ	11	480547,731	4202792,161	210,674	0,001	0,001	0,003

Πίνακας 4: Τελικές συντεταγμένες από το τριγωνομετρικό Κύρου Πήρα στο ΕΓΣΑ87

Συνόρθωση Στατικού από Λιθάρι (T02)							
ΟΝΟΜΑ	Code	X	Y	H	σ_x	σ_y	σ_H
α/α		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
ΚΥΡΟΥ ΠΗΡΑ	T01	481933,318	4201757,453	436,751	0,001	0,002	0,004
ΛΙΘΑΡΙ	T02	483165,876	4204474,099	363,842	-	-	-
ΦΥΣΙΚΗ	2	480757,351	4203004,576	203,138	0,001	0,002	0,004
ΣΕΜΦΕ	3	480832,879	4202923,812	216,006	0,001	0,002	0,004
ΝΑΥΠΗΓΟΙ	4	481028,986	4203128,918	211,268	0,001	0,002	0,004
ΑΝΤΙΟΣΤΑΣΙΟ	5	481464,583	4202489,454	261,949	0,002	0,002	0,004
Χ. ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ	6	481047,539	4202885,414	222,255	0,001	0,002	0,004
Φ. ΕΣΤΙΑ	7	480612,950	4202652,134	237,207	0,001	0,002	0,004
ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ	8	480135,680	4203123,082	195,501	0,002	0,002	0,005
ΒΕΗ	9	480527,275	4202865,874	204,492	0,001	0,002	0,004
ΠΛΑΓΙΑ	10	480617,510	4202829,366	193,729	0,002	0,002	0,006
ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟ	11	480547,710	4202792,187	210,745	0,001	0,002	0,004

Πίνακας 5: Τελικές συντεταγμένες από το τριγωνομετρικό Λιθάρι στο ΕΓΣΑ87

Συνόρθωση Στατικού από Λαμπαδάριο (11)							
ΟΝΟΜΑ	Code	X	Y	H	σ_x	σ_y	σ_H
α/α		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
ΚΥΡΟΥ ΠΗΡΑ	T01	481933,322	4201757,377	436,667	0,001	0,001	0,003
ΛΙΘΑΡΙ	T02	483165,880	4204474,023	363,758	0,001	0,002	0,004
ΦΥΣΙΚΗ	2	480757,356	4203004,500	203,054	0,001	0,001	0,003
ΣΕΜΦΕ	3	480832,884	4202923,736	215,922	0,001	0,001	0,003
ΝΑΥΠΗΓΟΙ	4	481028,990	4203128,842	211,184	0,001	0,001	0,003
ΑΝΤΙΟΣΤΑΣΙΟ	5	481464,588	4202489,378	261,865	0,001	0,002	0,004
Χ. ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ	6	481047,544	4202885,338	222,171	0,001	0,001	0,003
Φ. ΕΣΤΙΑ	7	480612,954	4202652,058	237,123	0,001	0,001	0,003
ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ	8	480135,684	4203123,006	195,417	0,002	0,002	0,004
ΒΕΗ	9	480527,280	4202865,798	204,408	0,001	0,001	0,003
ΠΛΑΓΙΑ	10	480617,514	4202829,290	193,645	0,002	0,002	0,006
ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟ	11	480547,715	4202792,111	210,661	-	-	-

Πίνακας 6: Τελικές συντεταγμένες από το τριγωνομετρικό Λαμπαδάριο στο ΕΓΣΑ87

5.7 Επίλυση Βάσεων Κατά το Σχετικό Κινηματικό Εντοπισμό σε Πραγματικό Χρόνο (RTK)

Κατά την επίλυση των βάσεων με τη μέθοδο δικτυακού RTK, επιλέχθηκε ο σταθμός αναφοράς METO για το δίκτυο METRICANET. Από το δίκτυο URANUS μετρήθηκαν ενδεικτικά 4 κορυφές, ώστε να συγκριθούν τα αποτελέσματα [βλέπε πίνακα: 19]. Οι οριζοντιογραφικές συντεταγμένες αναφέρονται στο ΕΓΣΑ87 ενώ το υψόμετρο αναφέρεται στο υψόμετρο του ελλειψοειδούς του συστήματος WGS84. Τα υψόμετρα του ελλειψοειδούς όπως προέκυψαν από την επίλυση, μετασχηματίστηκαν σε ορθομετρικά με τη βοήθεια του προγράμματος HEPOS TRANSFORMATION TOOL [πηγή : <http://www.hepos.gr/>], το οποίο επιτρέπει το μετασχηματισμό του υψομέτρου στο γεωειδές της περιοχής με ακρίβεια μερικών εκατοστών. Οι συντεταγμένες του σταθμού και οι τελικές συντεταγμένες των κορυφών του δικτύου, με το αντίστοιχο μέσο τετραγωνικό σφάλμα RMS (Root Mean Square), οριζοντιογραφικά και υψομετρικά παρουσιάζονται στον πίνακα 7 :

ΟΝΟΜΑ	CODE	X	Y	H _(ellips)	H _(ortho)	RMS _H	RMS _V
α/α		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
METRICANET	METO	479000,633	4212795,626	191,091	-	0,000	0,000
ΦΥΣΙΚΗ	2	480757,400	4203004,533	213,279	203,227	0,005	0,014
ΣΕΜΦΕ	3	480832,924	4202923,773	226,110	216,054	0,006	0,013
ΝΑΥΠΗΓΟΙ	4	481029,031	4203128,877	221,382	211,326	0,006	0,022
ΑΝΤΙΟΣΤΑΣΙΟ	5	481464,628	4202489,412	272,014	261,931	0,008	0,013
Χ. ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ	6	481047,590	4202885,377	232,363	222,300	0,010	0,017
Φ. ΕΣΤΙΑ	7	480612,997	4202652,086	247,338	237,281	0,006	0,011
ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ	8	480135,726	4203123,035	205,611	195,577	0,008	0,015
ΒΕΗ	9	480527,325	4202865,826	214,600	204,550	0,006	0,011
ΠΛΑΓΙΑ	10	480617,563	4202829,301	203,821	193,768	0,006	0,012
ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟ	11	480547,755	4202792,144	220,839	210,787	0,006	0,011

Πίνακας 7: Τελικές συντεταγμένες των κορυφών του δικτύου στο ΕΓΣΑ87 της METRICANET με την μέθοδο RTK

5.8 Συγκρίσεις Αποτελεσμάτων

Αρχικά παρουσιάζονται οι διαφορές που προέκυψαν από κάθε μια διαφορετική λύση του στατικού εντοπισμού σε σχέση με την RTK μέθοδο. Η επίλυση του στατικού εντοπισμού από το τριγωνομετρικό Κύρου Πήρα δείχνει να συγκλίνει περισσότερο οριζοντιογραφικά με τη λύση της RTK όπου, η διαφορά κατά X είναι από 2 – 3 cm, κατά Y από 1 – 4 cm ενώ υψομετρικά από 5 – 15 cm. Σε σχέση με τις υπόλοιπες επιλύσεις, η οριζοντιογραφική διαφορά είναι από 3 – 7 cm. Οι διαφορές αυτές είναι λογικές και εντός θορύβου της τεχνικής RTK. Τα ορθομετρικά υψόμετρα διαφέρουν στις

υπόλοιπες επιλύσεις από 2 – 17cm. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι διαφορές αυτές [πίνακες: 8, 9,10]. Σε σχέση με το δίκτυο URANUS οι διαφορές οριζοντιγραφικά είναι 0,1 cm – 4 cm [πίνακας: 19].

Στη συνέχεια έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων από τις τρεις στατικές επιλύσεις. Όπως μπορούμε να δούμε στους παρακάτω πίνακες [πίνακες: 11, 12, 13], οι διαφορές των επιλύσεων από τα βάθρα της ΓΥΣ είναι της τάξης των 2cm κατά Χ, Υ και 7cm υψομετρικά. Η διαφορά αυτή έχει να κάνει με την ακρίβεια του σταθερού σημείου από το οποίο σταθεροποιείται το δίκτυο. Όσον αφορά την επίλυση από το βάθρο του Λαμπαδαρίου, οι συντεταγμένες του οποίου προήλθαν από επίγειες μετρήσεις παλαιότερων διπλωματικών, η διαφορά των συντεταγμένων είναι εμφανής. Εντοπίζεται κυρίως στην Υ συνιστώσα, όπου διαφέρει 5cm από την επίλυση με σταθερό το τριγωνομετρικό Κύρου Πήρα και 8cm από την επίλυση με σταθερό το Λιθάρι. Αντιθέτως η συνιστώσα Χ συγκλίνει περισσότερο στις διαφορετικές επιλύσεις όπου από Κύρου Πήρα είναι 2cm ενώ από Λιθάρι είναι της τάξης του 1mm. Η τρίτη διάσταση ταυτίζεται με την επίλυση από Κ. Πήρα όπου υπάρχει μια διαφορά του 1cm, ενώ με το Λιθάρι η διαφορά εντοπίζεται στα 8cm.

Τα αποτελέσματα της επίλυσης από το τριγωνομετρικό Λαμπαδάριο συγκρίθηκαν με αυτά της διπλωματικής *”Ίδρυση Πρότυπου Τρισδιάστατου Δικτύου Στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου”* [Πηλιώτης Γεώργιος, Σαραφιάν Κριστινε, Μάρτιος 2000] και *”Πύκνωση Και Επίλυση Τριγωνομετρικού Δικτύου Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου”* [Καταπόδης 1999]. Προέκυψαν πολύ μικρές διαφορές της τάξης των cm οριζοντιογραφικά. Υψομετρικά δεν μπορεί να επιτευχθεί σύγκριση, καθώς έχει δοθεί διαφορετικό σταθερό υψόμετρο αναφοράς στις διαχρονικές επιλύσεις που παρουσιάζονται παρακάτω. Για να ελεγχθούν τα ορθομετρικά υψόμετρα που προέκυψαν, έγινε σύγκριση με τη διπλωματική: *”Μέτρηση Υψομετρικού Δικτύου Βάθρων Στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου”* [Λεμπέσης Σωτήριος, Ιούνιος 2009]. Όπως φαίνεται στον πίνακα: 15, τα υψόμετρα παρουσιάζουν μια μικρή διαφορά της τάξης των λίγων εκατοστών (0,2 – 3 cm), η οποία είναι λογική, λόγω των διαφορετικών μεθόδων που ακολουθήθηκαν.

Τέλος να σημειωθεί ότι έγιναν άλλες δύο επιλύσεις στατικού εντοπισμού με το πρόγραμμα GrafNet (πρόγραμμα που χρησιμοποιεί ο το Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας), από τα τριγωνομετρικά Κύρου Πήρα και Λιθάρι. Ενδεικτικά οι λύσεις που προέκυψαν παρατίθενται στο παράρτημα Β. Οι διαφορές που προέκυψαν είναι από 1 – 2 cm σε σχέση με τις λύσεις από το LGO.

ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΤΑΤΙΚΟΥ από ΛΙΘΑΡΙ - RTK				
ΟΝΟΜΑ	CODE	DX	DY	DH
α/α		(m)	(m)	(m)
ΦΥΣΙΚΗ	2	0,029	-0,042	0,089
ΣΕΜΦΕ	3	0,024	-0,039	0,048
ΝΑΥΠΗΓΟΙ	4	0,025	-0,041	0,059
ΑΝΤΙΟΣΤΑΣΙΟ	5	0,024	-0,042	-0,018
Χ. ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ	6	0,030	-0,037	0,045
Φ. ΕΣΤΙΑ	7	0,026	-0,048	0,074
ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ	8	0,026	-0,047	0,076
ΒΕΗ	9	0,030	-0,048	0,058
ΠΛΑΓΙΑ	10	0,032	-0,065	0,040
ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟ	11	0,024	-0,043	0,042

Πίνακας 8: Διαφορές Στατικού (από Λιθάρι) – RTK

ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΤΑΤΙΚΟΥ από ΚΥΡΟΥ ΠΗΡΑ - RTK				
ΟΝΟΜΑ	CODE	DX	DY	DH
α/α		(m)	(m)	(m)
ΦΥΣΙΚΗ	2	0,029	-0,016	0,159
ΣΕΜΦΕ	3	0,024	-0,013	0,118
ΝΑΥΠΗΓΟΙ	4	0,025	-0,015	0,129
ΑΝΤΙΟΣΤΑΣΙΟ	5	0,024	-0,016	0,053
Χ. ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ	6	0,030	-0,010	0,116
Φ. ΕΣΤΙΑ	7	0,026	-0,022	0,145
ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ	8	0,026	-0,021	0,146
ΒΕΗ	9	0,030	-0,022	0,128
ΠΛΑΓΙΑ	10	0,032	-0,038	0,110
ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟ	11	0,024	-0,017	0,113

Πίνακας 9: Διαφορές Στατικού (από Κύρου Πήρα) – RTK

ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΤΑΤΙΚΟΥ από ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟ - RTK				
ΟΝΟΜΑ	CODE	DX	DY	DH
α/α		(m)	(m)	(m)
ΦΥΣΙΚΗ	2	0,045	0,034	0,173
ΣΕΜΦΕ	3	0,040	0,037	0,132
ΝΑΥΠΗΓΟΙ	4	0,041	0,035	0,142
ΑΝΤΙΟΣΤΑΣΙΟ	5	0,040	0,034	0,066
Χ. ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ	6	0,046	0,040	0,129
Φ. ΕΣΤΙΑ	7	0,042	0,028	0,158
ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ	8	0,041	0,029	0,160
ΒΕΗ	9	0,045	0,028	0,142
ΠΛΑΓΙΑ	10	0,048	0,012	0,123
ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟ	11	0,040	0,033	0,126

Πίνακας 10: Διαφορές Στατικού (από Λαμπαδάριο) – RTK

ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΤΑΤΙΚΟΥ Κ. ΠΗΡΑ με ΛΙΘΑΡΙ				
ΟΝΟΜΑ	Code	DX	DY	DH
α/α		(m)	(m)	(m)
ΚΥΡΟΥ ΠΗΡΑ	T01	0,020	-0,026	-0,071
ΛΙΘΑΡΙ	T02	0,020	-0,026	-0,071
ΦΥΣΙΚΗ	2	0,020	-0,026	-0,071
ΣΕΜΦΕ	3	0,020	-0,026	-0,071
ΝΑΥΠΗΓΟΙ	4	0,020	-0,026	-0,071
ΑΝΤΙΟΣΤΑΣΙΟ	5	0,020	-0,026	-0,071
Χ. ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ	6	0,020	-0,026	-0,071
Φ. ΕΣΤΙΑ	7	0,020	-0,026	-0,071
ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ	8	0,020	-0,026	-0,071
ΒΕΗ	9	0,020	-0,026	-0,071
ΠΛΑΓΙΑ	10	0,020	-0,026	-0,071
ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟ	11	0,021	-0,026	-0,071

Πίνακας 11: Διαφορές Στατικών Εντοπισμών (Κ. Πήρα – Λιθάρι)

ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΛΙΘΑΡΙ με ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟ				
ΟΝΟΜΑ	Code	DX	DY	DH
α/α		(m)	(m)	(m)
ΚΥΡΟΥ ΠΗΡΑ	T01	-0,004	0,076	0,084
ΛΙΘΑΡΙ	T02	-0,004	0,076	0,084
ΦΥΣΙΚΗ	2	-0,005	0,076	0,084
ΣΕΜΦΕ	3	-0,005	0,076	0,084
ΝΑΥΠΗΓΟΙ	4	-0,004	0,076	0,083
ΑΝΤΙΟΣΤΑΣΙΟ	5	-0,004	0,076	0,084
Χ. ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ	6	-0,004	0,076	0,084
Φ. ΕΣΤΙΑ	7	-0,005	0,076	0,084
ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ	8	-0,005	0,076	0,084
ΒΕΗ	9	-0,005	0,076	0,084
ΠΛΑΓΙΑ	10	-0,005	0,076	0,083
ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟ	11	-0,005	0,076	0,084

Πίνακας 12: Διαφορές Στατικών Εντοπισμών (Λιθάρι – Λαμπαδάριο)

ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟ με Κ. ΠΗΡΑ				
ΟΝΟΜΑ	Code	DX	DY	DH
α/α		(m)	(m)	(m)
ΚΥΡΟΥ ΠΗΡΑ	T01	-0,016	-0,050	-0,013
ΛΙΘΑΡΙ	T02	-0,016	-0,050	-0,013
ΦΥΣΙΚΗ	2	-0,016	-0,050	-0,014
ΣΕΜΦΕ	3	-0,016	-0,050	-0,014
ΝΑΥΠΗΓΟΙ	4	-0,016	-0,050	-0,013
ΑΝΤΙΟΣΤΑΣΙΟ	5	-0,016	-0,050	-0,013
Χ. ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ	6	-0,016	-0,050	-0,013
Φ. ΕΣΤΙΑ	7	-0,016	-0,050	-0,013
ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ	8	-0,016	-0,050	-0,014
ΒΕΗ	9	-0,016	-0,050	-0,014
ΠΛΑΓΙΑ	10	-0,016	-0,050	-0,013
ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟ	11	-0,016	-0,050	-0,013

Πίνακας 13: Διαφορές Στατικών Εντοπισμών (Λαμπαδάριο – Κ. Πήρα)

ΣΥΝΟΡΘΩΣΗ ΣΤΑΤΙΚΟΥ από ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ 2000							
ΟΝΟΜΑ	Code	X	Y	H	σ X	σ Y	σ H
α/α		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟ	11	480547,715	4202792,111	210,860	-	-	-
ΦΥΣΙΚΗ	2	480757,357	4203004,496	203,263	0,001	0,001	0,002
ΣΕΜΦΕ	3	480832,884	4202923,731	216,138	0,001	0,001	0,002
Χ. ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ	6	481047,541	4202885,330	222,381	0,001	0,001	0,002
Φ. ΕΣΤΙΑ	7	480612,950	4202652,059	237,324	0,001	0,001	0,002

Πίνακας 14: Οι συντεταγμένες των 5 κορυφών από τη διπλωματική του 2000

ΣΥΝΟΡΘΩΣΗ ΣΤΑΤΙΚΟΥ από ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ 2014							
ΟΝΟΜΑ	Code	X	Y	H	σ X	σ Y	σ H
α/α		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟ	11	480547,715	4202792,111	210,661	-	-	-
ΦΥΣΙΚΗ	2	480757,356	4203004,500	203,054	0,001	0,001	0,003
ΣΕΜΦΕ	3	480832,884	4202923,736	215,922	0,001	0,001	0,003
Χ. ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ	6	481047,544	4202885,338	222,171	0,001	0,001	0,003
Φ. ΕΣΤΙΑ	7	480612,954	4202652,058	237,123	0,001	0,001	0,003

Πίνακας 15: Οι συντεταγμένες των 5 κορυφών από τη διπλωματική του 2014

ΔΙΑΦΟΡΕΣ από ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ 2000 - 2014			
ΟΝΟΜΑ	Code	DX	DY
α/α		(m)	(m)
ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟ	11	-	-
ΦΥΣΙΚΗ	2	0,002	-0,003
ΣΕΜΦΕ	3	0,000	-0,005
Χ. ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ	6	-0,003	-0,008
Φ. ΕΣΤΙΑ	7	-0,004	0,001

Πίνακας 16: Οι διαφορές στις συντεταγμένες των 5 κορυφών

ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΥΨΟΜΕΤΡΩΝ από ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ 2009 - 2014				
ΟΝΟΜΑ	Code	H 2009	H 2014	DH 2009-2014
α/α		(m)	(m)	(m)
ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟ	11	210,661	210,661	-
ΦΥΣΙΚΗ	2	203,038	203,054	-0,016
ΣΕΜΦΕ	3	215,907	215,922	-0,015
Χ. ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ	6	222,141	222,171	-0,03
Φ. ΕΣΤΙΑ	7	237,121	237,123	-0,002

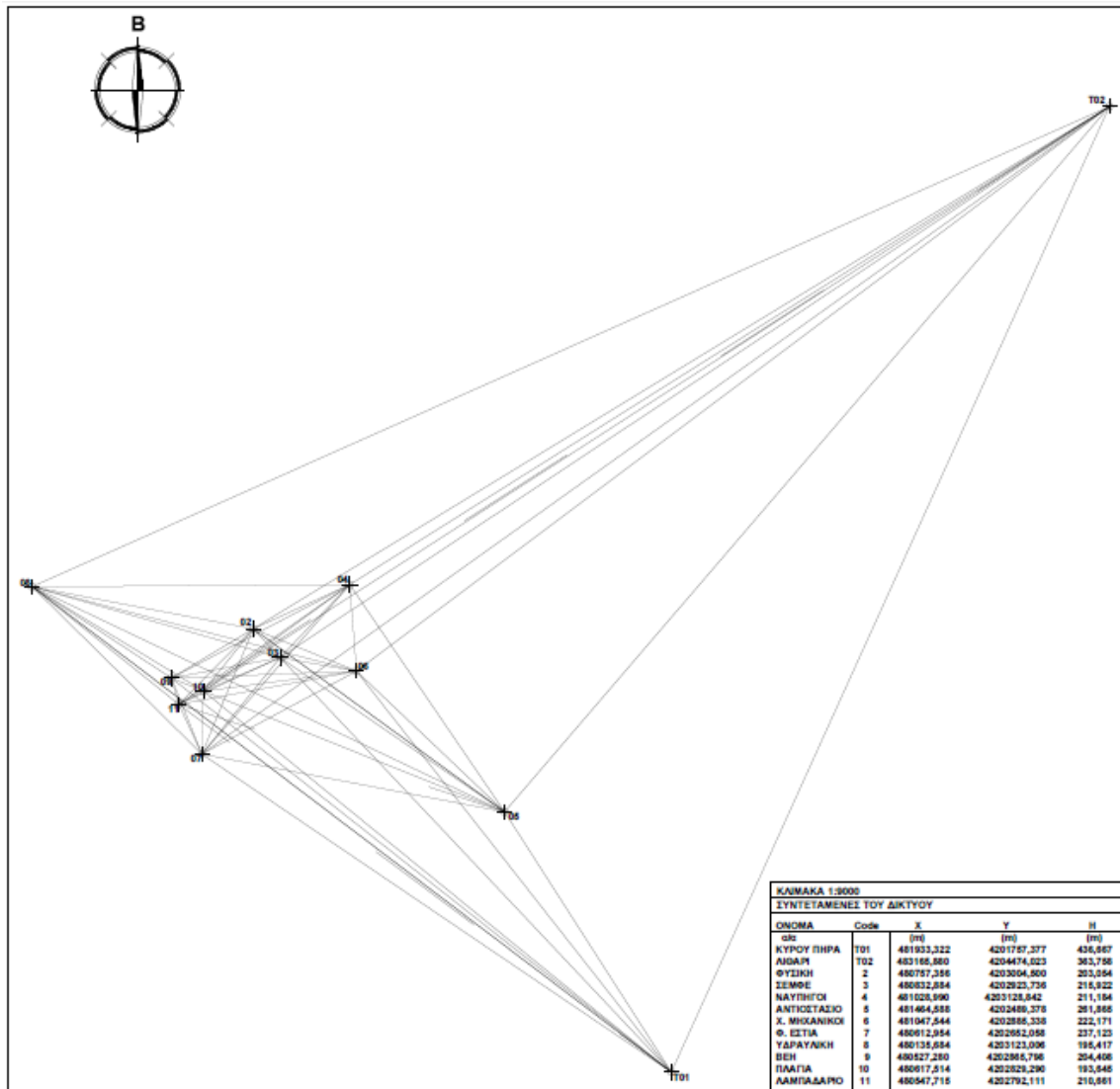
Πίνακας 17: Οι διαφορές στα υψόμετρα των 5 κορυφών 2009 - 2014

ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ 2014 - 1999			
ΟΝΟΜΑ	Code	DX	DY
α/α		(m)	(m)
ΦΥΣΙΚΗ	2	0,015	0,018
ΣΕΜΦΕ	3	-0,005	0,009
ΝΑΥΠΗΓΟΙ	4	0,019	0,012
ΑΝΤΙΟΣΤΑΣΙΟ	5	0,014	-0,008
Χ. ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ	6	0,006	0,008
Φ. ΕΣΤΙΑ	7	-0,003	0,012
ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ	8	0,023	0,016
ΒΕΗ	9	0,001	0,021
ΠΛΑΓΙΑ	10	0,002	0,054
ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟ	11	0,000	0,000

Πίνακας 18 : Οι διαφορές στις συντεταγμένες 2014 – 1999

ΔΙΑΦΟΡΕΣ RTK METRICANET - URANUS			
ΟΝΟΜΑ	CODE	DX	DY
α/α		(m)	(m)
ΣΕΜΦΕ	3	0,008	-0,001
ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ	8	0,019	0,013
ΠΛΑΓΙΑ	10	-0,008	0,041
ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟ	11	-0,003	-0,002

Πίνακας 19 : Οι διαφορές METRICANET – URANUS με RTK



Σχήμα 2: Η μορφή του δικτύου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

6.1 Συμπεράσματα με Βάση τα Αποτελέσματα

Με βάση τις επιλύσεις που προήλθαν από τις τεχνικές δορυφορικών συστημάτων εντοπισμού, μπορούν να εξαχθούν κάποια χρήσιμα συμπεράσματα, όσον αφορά στις ακρίβειες που μπορούν να επιτευχθούν σήμερα με τις τεχνικές αυτές και στο αν οι ακρίβειες προσδιορισμού θέσης που προδιαγράφονται ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα. Παρακάτω διατυπώνονται τα συμπεράσματα, καθώς και κάποιες προτάσεις πάνω σε αυτά.

Από τις διάφορες επιλύσεις και από την τελική συνόρθωση του δικτύου προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα :

- Κατά την επίλυση του δικτύου από τα τριγωνομετρικά της ΓΥΣ, Κύρου Πήρα και Λιθάρι υπάρχει μια διαφορά στις οριζοντιογραφικές συντεταγμένες (X, Y) από 2 – 2,5 cm, ενώ υψομετρικά (H) 7cm. Η διαφορά των 2 cm οριζοντιογραφικά μεταξύ των δύο επιλύσεων είναι εντός προβλεπόμενου θορύβου ειδικά όταν πρόκειται να γίνει πύκνωση δικτύου από βάρη ΙΙης και ΙVης τάξης της ΓΥΣ. Η διαφορά των 7cm του υψόμετρου αποτελεί υπολογίσιμο μέγεθος και δείχνει, τη μειωμένη ακρίβεια των παρεχόμενων από τη ΓΥΣ υψομέτρων των τριγωνομετρικών σημείων. Για να ελεγχθεί η ορθότητα της διαφοράς τόσο των 2,5 cm οριζοντιογραφικά όσο και των 7 cm υψομετρικά, επιλέχθηκε να γίνει και τρίτη επίλυση με σταθερό το βάθρο του Λαμπαδαρίου. Οι συντεταγμένες του βάθρου μπορούν να θεωρηθούν αξιόπιστες, καθώς έχουν επαληθευτεί από παλιότερες εργασίες επίλυσης δικτύων, με επίγειες και δορυφορικές τεχνικές.
- Κατά την τρίτη επίλυση του δικτύου από το τριγωνομετρικό Λαμπαδάριο, οι συντεταγμένες διαφοροποιήθηκαν αρκετά σε σχέση με τις άλλες δύο επιλύσεις. Η διαφορά αυτή οριζοντιογραφικά εντοπίζεται στην Y συνιστώσα, που διαφέρει από την επίλυση Κύρου Πήρα και Λιθάρι, 5 και 8 cm αντίστοιχα. Κατά την X συνιστώσα δεν παρατηρείται μεγάλη διαφοροποίηση, όπου κυμαίνεται από μερικά mm έως 1,5 cm. Τέλος υψομετρικά η διαφορά είναι 1,5 cm με Κύρου Πήρα και 8 cm με Λιθάρι. Η διαφορά κατά Y είναι σημαντική, καθώς η συγκεκριμένη συνιστώσα κάποιου σταθερού σημείου (Κύρου Πήρα, Λιθάρι), αποκλίνει από την ακριβή τιμή. Επίσης, λόγω του ότι τα υψόμετρα των επιλύσεων από Κύρου Πήρα και Λαμπαδάριο συγκλίνουν αρκετά, συνάγεται ότι πιθανότατα υπάρχει πρόβλημα με το υψόμετρο του τριγωνομετρικού Λιθάρι.

- Η επιλογή της επίλυσης με σταθερό το τριγωνομετρικό Λαμπαδάριο, έγινε και για να συγκριθούν τα αποτελέσματα με εκείνα που προέκυψαν από τη διπλωματική εργασία, *”Ίδρυση Πρότυπου Τρισδιάστατου Δικτύου στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου”* [Πηγιώτης Γεώργιος, Σαραφιάν Κριστινέ, Μάρτιος 2000], και *”Πύκνωση Και Επίλυση Τριγωνομετρικού Δικτύου Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου”* [Καταπόδης 1999]. Το αποτέλεσμα της σύγκρισης είναι ότι, οι οριζοντιογραφικές συντεταγμένες από τις τρεις επιλύσεις (1999, 2000, 2014) συγκλίνουν αρκετά για τις πέντε κορυφές και συγκεκριμένα είναι της τάξης του mm έως λίγα cm. Υψομετρικά, έγινε σύγκριση με τη διπλωματική εργασία *”Μέτρηση Υψομετρικού Δικτύου Βάθρων Στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου”* [Λεμπέσης Σωτήριος, Ιούνιος 2009], όπου τα υψόμετρα προέκυψαν από ΤΡΥΑ (Τριγωνομετρική Υψομετρία Ακριβείας). Η διαφορά των υψομέτρων (2009 – 2014) ήταν μικρή και συγκεκριμένα από μερικά mm έως 3cm για τέσσερα κοινά βάθρα του δικτύου. Άρα λοιπόν, οριζοντιογραφικά και υψομετρικά το δίκτυο ταυτίζεται με τις παλαιότερες επιλύσεις, με εξάρτηση από το τριγωνομετρικό Λαμπαδάριο.
- Από τα αποτελέσματα που προέκυψαν με χρήση δικτυακού RTK (METRICANET, URANUS), εντοπίζεται μια διαφορά από 1 – 7 cm σε σχέση με τις διαφορετικές επιλύσεις του στατικού εντοπισμού θέσης οριζοντιογραφικά και 2 – 17 cm υψομετρικά. Συγκλίνει οριζοντιογραφικά περισσότερο με την επίλυση από Κύρου Πήρα (1 – 4 cm), ενώ υψομετρικά με την επίλυση από Λιθάρι (2 – 9 cm). Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των τεχνικών RTK από τα δύο διαφορετικά ιδιωτικά δίκτυα, συμπεραίνουμε ότι υπάρχει ένας θόρυβος από μερικά mm έως και 4 cm για τις 4 συγκρινόμενες κορυφές.
- Συνεπώς, η δοθείσα ακρίβεια προσδιορισμού θέσης από τον κατασκευαστή με την RTK τεχνική του ενός δέκτη (1cm οριζοντιογραφικά και 2cm υψομετρικά για βάσεις μέχρι 15 Km), κρίνεται ως υπερεκτιμημένη. Οριζοντιογραφικά διαφοροποιείται στα μερικά εκατοστά στο σύστημα ΕΓΣΑ87, ενώ υψομετρικά λίγο περισσότερο. Στα θετικά της τεχνικής RTK προσμετράται το γεγονός της πολύ μικρής παραμονής στο πεδίο των μετρήσεων, σε σχέση με τη χρονοβόρα στατική τεχνική. Επίσης, το κόστος μειώνεται στο μισό κατά την RTK τεχνική του ενός δέκτη, σε σχέση με τους δύο δέκτες των στατικών μετρήσεων όπως και το απαραίτητο προσωπικό. Το μόνο που επιβαρύνει το χρήστη πέρα από το κόστος του δέκτη, στην RTK τεχνική χρησιμοποιώντας κάποιο δίκτυο σταθμών αναφοράς, είναι η ετήσια συνδρομή που πρέπει να καταβάλει (από 200 – 400 ευρώ), ώστε να του αποστέλλονται οι διορθώσεις σε πραγματικό χρόνο.

- Όπως έγινε φανερό σε προηγούμενα εδάφια η σημαντική οικονομία χρόνου και κόστους οδήγησε στην κατά κόρον χρησιμοποίηση της δικτυακής RTK τεχνικής σε καθημερινές εργασίες του Τοπογράφου Μηχανικού. Σε πραγματικές συνθήκες εργασίας, ο μηχανικός δεν έχει εξ αντικειμένου δυνατότητα να κάνει ελέγχους και συγκρίσεις ανάλογους με αυτούς που πραγματοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία. Κατά συνέπεια, είναι αναγκασμένος να αποδεχθεί τα αποτελέσματα που εμφανίζει ο δέκτης του. Θα πρέπει επομένως να έχει επίγνωση των ακριβειών που μπορεί να πετύχει και των διαφορών που μπορεί να προκύψουν στα αποτελέσματα του σε σύγκριση με προϋπάρχοντα. Ίσως γι αυτό το λόγο, σύμφωνα με την πρόσφατη νομοθεσία, ο μηχανικός πρέπει να αναφέρει πάνω στο διάγραμμα του, τη μέθοδο με την οποία έγινε η ένταξη στο ΕΓΣΑ87.
- Άρα λοιπόν, θα μπορούσαμε να εμπιστευθούμε την RTK τεχνική για τις τρέχουσες εργασίες αποτυπώσεων, όπως για παράδειγμα σε μια ένταξη στο Εθνικό Κτηματολόγιο, δεν μπορούμε όμως να κάνουμε το ίδιο σε μια χάραξη τεχνικού έργου ή σε μία επίλυση γεωδαιτικού δικτύου αναφοράς ή ακόμα περισσότερο σε μια μελέτη επιφανειακών καθιζήσεων, ή σε περιπτώσεις ογκομετρήσεων σε επιφανειακές εξορύξεις κοιτασμάτων.
- Σε αστικό περιβάλλον που η αποτύπωση είναι περισσότερο λεπτομερής με διάφορες γεωμετρικές κατασκευές, καταλαβαίνει κανείς, ότι η αποτύπωση αποκλειστικά με GNSS δέκτες είναι σχεδόν αδύνατη, αφ' ενός λόγω αδυναμίας λήψης σήματος στις πλείστες των περιπτώσεων, αφετέρου λόγω του μεγέθους της κεραίας που δεν μπορεί να τοποθετηθεί με ακρίβεια σε γωνίες κτηρίων. Άρα σε τέτοιες περιπτώσεις είναι απαραίτητος και ένας ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός, που θα εξασφαλίζει ποιότητα εκατοστού και καλύτερη, στη σχετική ακρίβεια της αποτύπωσης.
- Σε ότι αφορά την τεχνική του σχετικού στατικού εντοπισμού θέσης, είναι ότι αυτός δίνει καλά αποτελέσματα, ειδικά όταν πρόκειται να μετρηθούν τρισδιάστατα γεωδαιτικά δίκτυα μεγάλων αποστάσεων, χωρίς απαιτήσεις ορατότητας μεταξύ των κορυφών του. Σε καμία περίπτωση όμως στην επίλυση ενταγμένων δικτύων με στατικό εντοπισμό, δεν επιτυγχάνεται ακρίβεια mm, αλλά υπάρχει ένας θόρυβος στα μερικά cm, λόγω των μετατροπών από το ένα σύστημα αναφοράς στο άλλο και της εξάρτησης από το σταθερό σημείο. Επίσης, το σταθερό σημείο (ή σταθερά σημεία) από το οποίο θα εξαρτηθεί ένα

γεωδαιτικό δίκτυο παίζει το σημαντικότερο ρόλο στο τελικό προϊόν που είναι οι τρισδιάστατες συντεταγμένες (X,Y,H), σημείων στη φ.γ.ε..

- Τέλος, αξίζει να ειπωθεί ότι, οι παραπάνω ακρίβειες όπως υπολογίστηκαν στην παρούσα εργασία, αναφέρονται σε συνθήκες ιδανικές, δηλαδή, όταν δεν υπάρχουν παρεμβολές του δορυφορικού σήματος, όταν οι πλευρές του δικτύου δεν ξεπερνάνε τα 5 Km και όταν είμαστε βέβαιοι ότι υπάρχει αρκετή και αξιόπιστη πληροφορία για τη θέση των Τριγωνομετρικών σημείων, από τα οποία πρόκειται να εξαρτηθεί ένα δίκτυο ή μια βάση. Σε πραγματικές συνθήκες εργασίας καταλαβαίνει κανείς ότι κάτι τέτοιο, στις περισσότερες περιπτώσεις, δεν είναι εφικτό για τους λόγους που εξηγήθηκαν παραπάνω.

6.2 Προτάσεις

Με την ολοκλήρωση των εργασιών, περιγράφονται κάποιες προτάσεις που απορρέουν από τα συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας :

- Μετά τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις επιλύσεις του δικτύου στην προβολή του ΕΓΣΑ87 από τα τριγωνομετρικά Κύρου Πήρα, Λιθάρι, και Λαμπαδάριο, φαίνεται μια διαφοροποίηση στις συντεταγμένες κατά τη Y κυρίως συνιστώσα η οποία δεν μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα. Συνεπώς προτείνεται να μετρηθεί το τρίγωνο Κύρου Πήρα – Λιθάρι – Λαμπαδάριο με επίγειες μεθόδους και να συγκριθούν τα αποτελέσματα. Επίσης, χρειάζεται να γίνει έλεγχος στα ορθομετρικά υψόμετρα των βάθρων της ΓΥΣ.
- Να επιλυθεί εκ νέου το δίκτυο και με τις δύο τεχνικές (RTK – Static), με σταθερό σταθμό αναφοράς από τα υπόλοιπα ιδιωτικά δίκτυα και από το HEPOS ή από σταθμό του Αστεροσκοπείου Αθηνών και να συγκριθεί με τις συντεταγμένες της παρούσας διπλωματικής. Επίσης, να γίνει έλεγχος οριζόντιων και κατακόρυφων μετακινήσεων για τα βάθρα της ΓΥΣ.
- Επέκταση του γεωδαιτικού δικτύου, με πύκνωση σημείου κοντά στην περιοχή των νέων εστιών. Το δίκτυο όπως φαίνεται δυτικά δεν έχει μεγάλη κάλυψη από τριγωνομετρικά σημεία, συνεπώς προτείνεται η ένταξη τουλάχιστον ενός επιπλέον. Η δυτική πλευρά της Πολυτεχνειούπολης, να σημειωθεί ότι χρησιμοποιείται αρκετά για τις θερινές γεωδαιτικές ασκήσεις, οπότε θα διευκολύνει τις εργασίες πεδίου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Altamimi Zuheir, Collilieux Xavier, Métivier Laurent, **ITRF2008 An Improved Solution of the International Terrestrial Reference Frame**, in: Springerlink.com, 3 February 2011
2. Αγάτζα – Μπαλοδήμου Α. – Μ.: **Θεωρία Σφαλμάτων και Συνορθώσεις I**, Εκδόσεις: ΕΜΠ, Αθήνα (2009)
3. Αγάτζα – Μπαλοδήμου Α. – Μ.: **Θεωρία Σφαλμάτων και Συνορθώσεις II**, Εκδόσεις: ΕΜΠ, Αθήνα (2009)
4. Βέης Γ., Μπιλλήρης Χ., Παπαζήση Κ.: **Κεφάλαια Ανώτερης Γεωδαισίας**, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα (2009)
5. Εγχειρίδιο : L.G.O Manual
6. Εγχειρίδιο : Leica GX1230 Quick Reference Guide for ARSF Flights
7. Φωτίου Α., Πικριδάς Χ.: **GPS και Γεωδαιτικές Εφαρμογές**, Εκδόσεις: ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη (2006)
8. Φωτίου Α., Λιβιεράτος Ε.: **Γεωμετρική Γεωδαισία και Δίκτυα**, Εκδόσεις : ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη (2000)
9. Groten E., Strauß R.: **Techniques Applied to Geodesy and Surveying Processing of the International GPS**, Εκδόσεις: Springer, Darmstadt, April 10 to 13, 1988
10. Κωτσάκης Χ.: **HEPOS, συστήματα/πλαίσια αναφοράς και μετασχηματισμοί συντεταγμένων**, Δελτίο : ΠΣΑΤΜ, Τ.191, Νοέμβριος – Δεκέμβριος 2008, σελ. 38-44
11. Κορακίτης Ρ.: **Σημειώσεις Γεωδαιτικής Αστρονομίας**, Εκδόσεις: ΕΜΠ, 5^η έκδοση, Μάρτιος (2008)
12. Καταπόδης: **Πύκνωση Και Επίλυση Τριγωνομετρικού Δικτύου Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου**, Αθήνα (1999)
13. Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ.: **Εφαρμοσμένη Γεωδαισία**, Εκδόσεις: ΖΗΤΗ (2010)
14. Λεμπέσης Σ.: **Μέτρηση Υψομετρικού Δικτύου Βάθρων Στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου**, Αθήνα (2009)
15. Μπαλοδήμος Δ. – Δ., Σταθάς Δ., Αραμπατζή Ο.: **Γεωδαιτικά Δίκτυα Αποτυπώσεις Χαράξεις**, Εκδόσεις: ΕΜΠ, Αθήνα (2006)

16. Ο.Κ.Χ.Ε. : **Το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς**, Αθήνα (1987)
17. Παραδείσης Δ.: **Σημειώσεις Δορυφορικής Γεωδαισίας**, Εκδόσεις : ΕΜΠ, Αθήνα (2000)
18. Πηνιώτης Γ., Σαραφιάν Κ. : **Ίδρυση Πρότυπου Τρισδιάστατου Δικτύου Αναφοράς στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου**, Αθήνα (2000)
19. Τσακίρη Μ.: **Σημειώσεις από το Μάθημα Εισαγωγή στο GPS**, Εκδόσεις ΕΜΠ Αθήνα (2005)
20. Τσακίρη Μ.: **Δίκτυα GPS**, Εκδόσεις: ΕΜΠ, Αθήνα (2007)

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

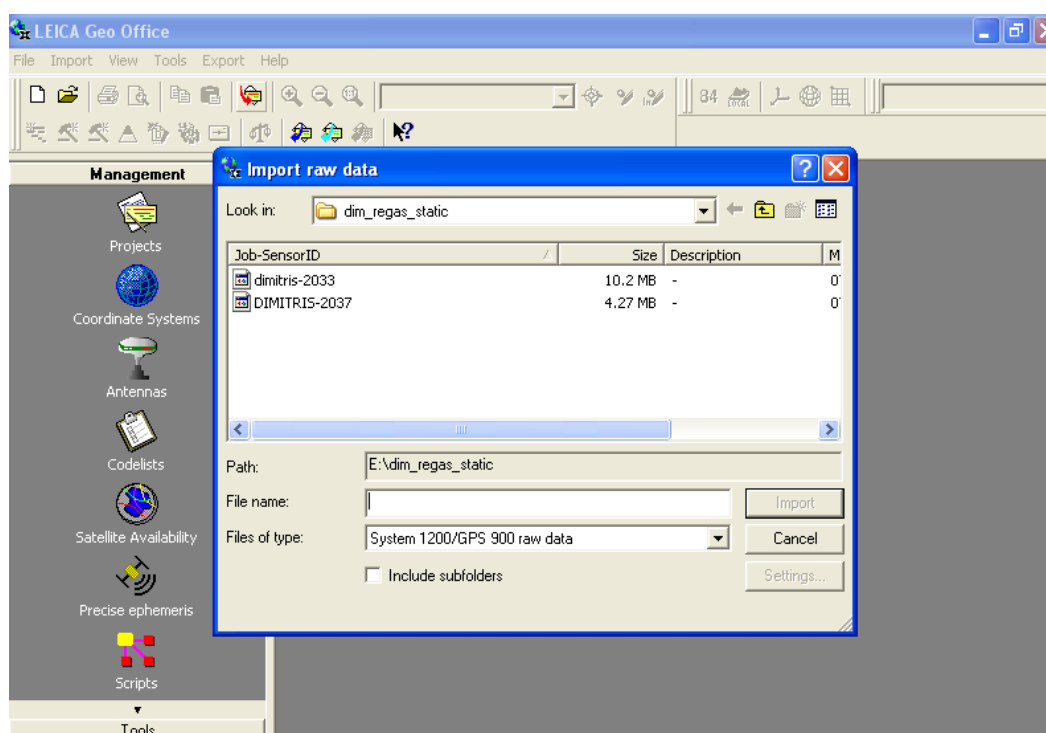
21. http://www.navipedia.net/index.php/BeiDou_General_Introduction
22. <http://www.gps.gov/systems/gps/>
23. <http://link.springer.com/article/10.1007/BF00645781#page-1>
24. <http://iagvf.oma.be/>
25. <http://www.metricanet.gr/>
26. <http://www.hepos.gr/>
27. <http://www.uranus.gr/>
28. <http://www.civilshop.com/>
29. <http://www.jgc.gr/>
30. <http://www.geotech.gr/>
31. <http://gis.ktimanet.gr/>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ LGO (Leica Geo Office)

Εισαγωγή Δεδομένων στο Πρόγραμμα

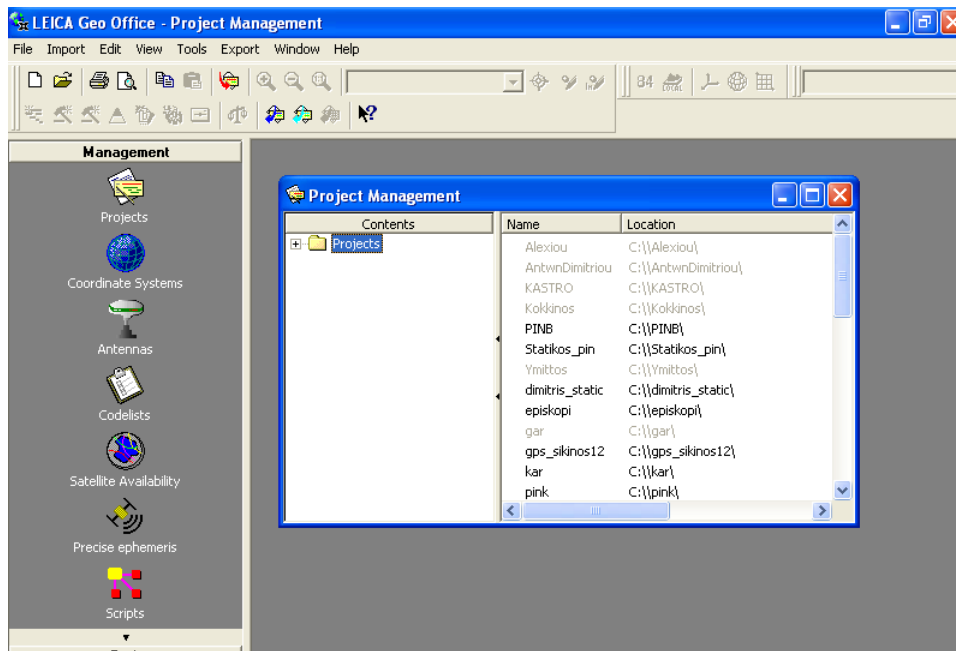
Μετά το πέρας των μετρήσεων, τα αρχεία "κατεβαίνουν" και από τους δύο δέκτες (base, rover). Από τη λίστα των εργαλείων, επιλέγουμε [Import Raw Data] ή από το βασικό μενού επιλέγουμε Import → Raw Data. Επιλέγουμε << files of type >>, το System 1200 GPS 900 raw data. Επιλέγουμε τα αρχεία και πατάμε [Import]. Να σημειωθεί ότι, εάν έχει χρησιμοποιηθεί κάποιος σταθμός αναφοράς κάποιου σταθερού δικτύου αναφοράς, χρειάζεται και η εισαγωγή του RINEX αρχείου το οποίο παραγγέλνεται από το εκάστοτε κέντρο.



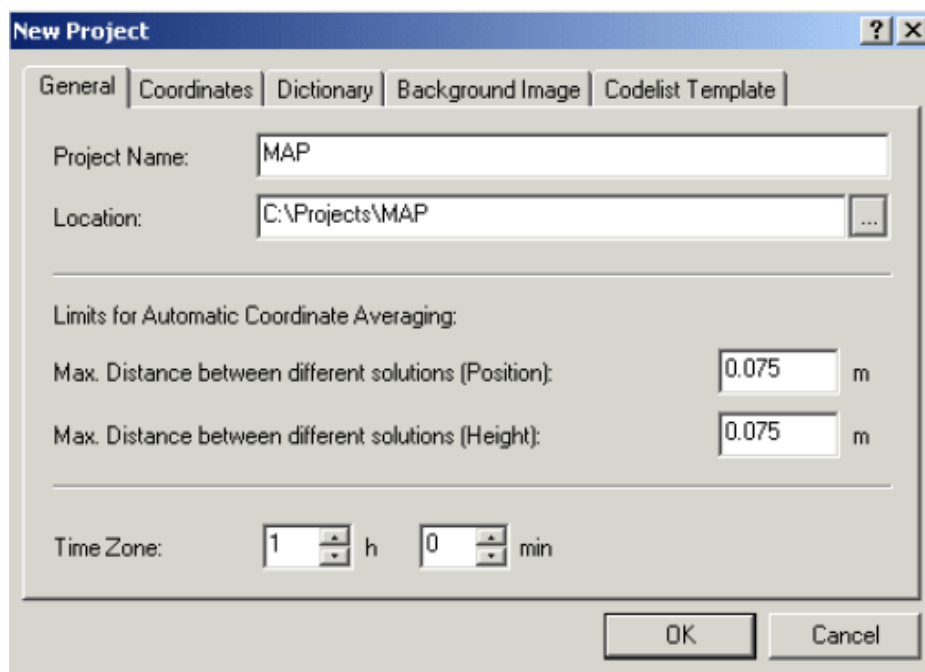
Εικόνα 1: Εισαγωγή Raw αρχείων στο LGO

Δημιουργία Νέας Εργασίας

Στη συνέχεια ανοίγει το παράθυρο Project Manager, όπου με δεξί κλικ στο όνομα της εργασίας ανοίγει το παράθυρο Assign, στο οποίο ο χρήστης μπορεί να εισάγει ένα νέο όνομα στην εργασία του (Project Name), όπως και τον προορισμό που θα έχει η εργασία στο δίσκο (Location). Εισάγεται και η ώρα GPS στο Time Zone (3 h για εαρινή ώρα Ελλάδος και 2 h για χειμερινή ζώνη ώρας). Επίσης, στο παράθυρο αυτό μπορούμε να ορίσουμε το σύστημα αναφοράς των συντεταγμένων των μετρημένων στοιχείων, από την επιλογή Coordinates. Επιλέγουμε WGS84 για μετρήσεις με δορυφορικούς δέκτες.





Εικόνα 2: Άνοιγμα εργασίας στο LGO



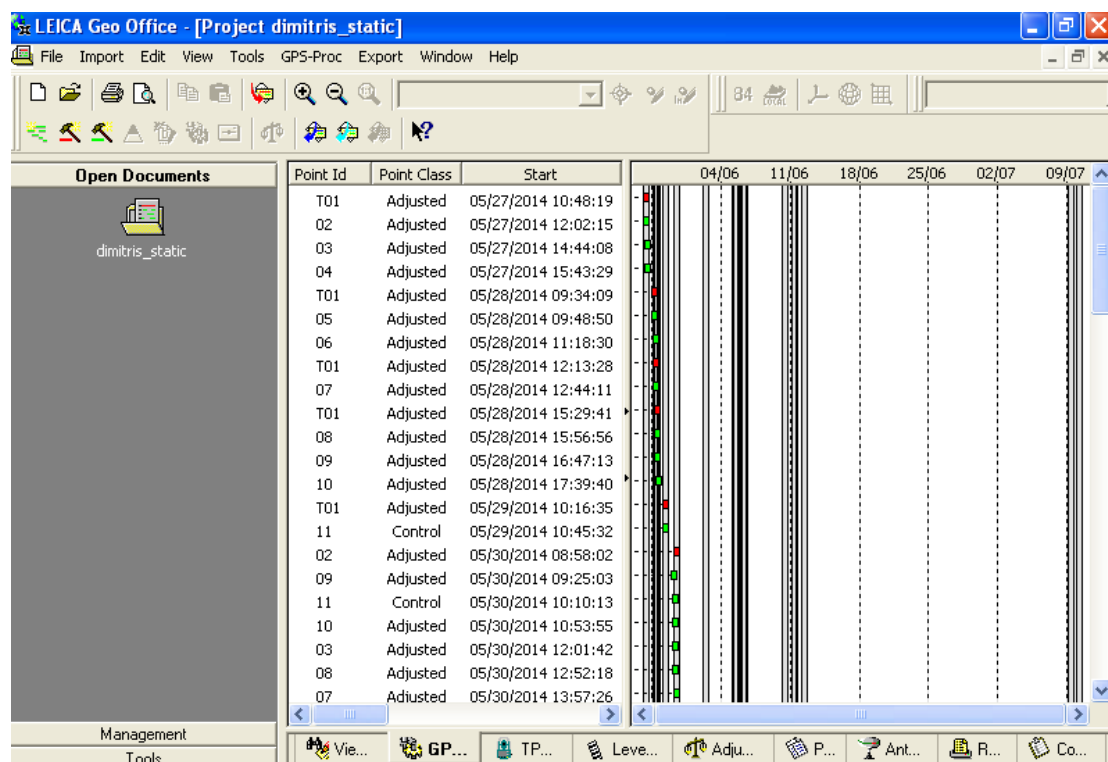
Εικόνα 3: Γενικές πληροφορίες εργασίας

Επίλυση Βάσεων

Μόλις εισαχθούν τα δεδομένα στο πρόγραμμα επόμενο βήμα είναι ο ορισμός των μετρήσεων που έγιναν με τον base και το rover δεκτή. Επιλέγουμε από τα

βασικά εργαλεία με κλικ στο,  για το δέκτη rover και  για τον base όπως έγιναν οι μετρήσεις στις μπάρες δεξιά. Η προϋπόθεση είναι να έχουν

κοινούς χρόνους παρατήρησης. Μπορούμε να διαγράψουμε κάποια παρατήρηση με δεξί κλικ και διαγραφή.



Εικόνα 4: Ορισμός base και rover

Με δεξί κλικ πάνω στο κάθε σταθμό, μπορούμε να αλλάξουμε κάποια στοιχεία όπως το ύψος κεραίας ή τον κωδικό του σημείου. Με δεξί κλικ στις κόκκινες και πράσινες μπάρες, μπορούμε να πάρουμε πληροφορία σχετικά με το όνομα και τη συμμετοχή που είχε ο κάθε δορυφόρος στην παρατήρηση. Μπορεί να γίνει αφαίρεση κάποιου δορυφόρου, αλλά η αφαίρεση αυτή θα γίνει για όλες τις επιλυμένες βάσεις που χρησιμοποιούν το συγκεκριμένο δορυφόρο. Συνεπώς, η αφαίρεση δορυφόρων μπορεί να γίνει μόνο για μεμονωμένη επίλυση βάσης όπως και η γωνία αποκοπής.

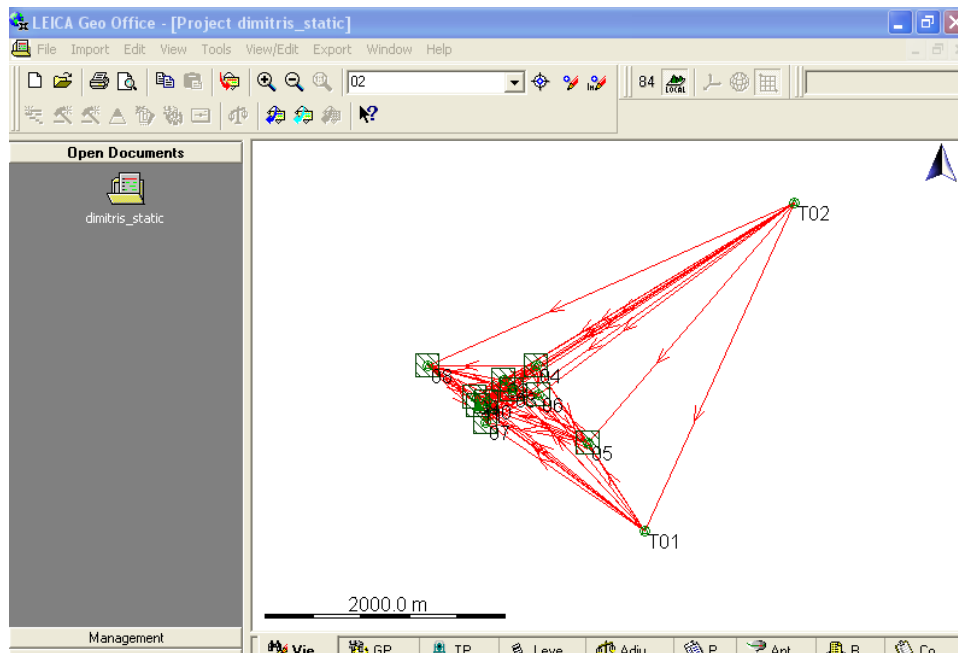
Στη συνέχεια αφού ελεγχθούν όλοι οι σταθμοί, για να γίνει η επίλυση των βάσεων πατάμε Process από τα εργαλεία. Αφού γίνει η επίλυση των βάσεων, πρέπει αυτές να αποθηκευτούν από την επιλογή Store. Μπορούμε να δούμε τα αποτελέσματα των επιλυμένων βάσεων από την επιλογή [RESULTS], που βρίσκεται στην κάτω μπάρα όπως επίσης και τα σημεία των σταθμών όπου και επιλύθηκαν από την επιλογή [POINTS] . Επίσης, το πρόγραμμα δίνει τη δυνατότητα οπτικού ελέγχου του αποτελέσματος από την επιλογή [VIEW]. Για να αποκτήσουμε πρόσβαση των αρχείων RINEX επιλέγουμε από το κυρίως μενού [Export] → [RINEX DATA].

Point Id	Point Class	Date/Time	Easting	Northing	Ellip. Hgt.	Posn. + Hgt.	Qty
<input checked="" type="checkbox"/> 02	Adjusted	07/23/2014 14:01:06	480757.3554	4203004.4995	203.2532		0.0030
<input checked="" type="checkbox"/> 03	Adjusted	07/23/2014 14:01:06	480832.8838	4202923.7361	216.1214		0.0030
<input checked="" type="checkbox"/> 04	Adjusted	07/23/2014 14:01:06	481028.9900	4203128.8418	211.3825		0.0037
<input checked="" type="checkbox"/> 05	Adjusted	07/23/2014 14:01:06	481464.5875	4202489.3779	262.0639		0.0044
<input checked="" type="checkbox"/> 06	Adjusted	07/23/2014 14:01:06	481047.5438	4202885.3377	222.3697		0.0030
<input checked="" type="checkbox"/> 07	Adjusted	07/23/2014 14:00:50	480612.9543	4202652.0577	237.3218		0.0031
<input checked="" type="checkbox"/> 08	Adjusted	07/23/2014 14:01:06	480135.6841	4203123.0055	195.6161		0.0047
<input checked="" type="checkbox"/> 09	Adjusted	07/23/2014 14:01:06	480527.2796	4202865.7976	204.6072		0.0029
<input checked="" type="checkbox"/> 10	Adjusted	07/23/2014 14:01:06	480617.5143	4202829.2899	193.8435		0.0068
<input checked="" type="checkbox"/> 11	Control	07/23/2014 13:33:35	480547.7150	4202792.1110	210.8600		0.0040
<input checked="" type="checkbox"/> T01	Adjusted	07/23/2014 14:01:06	481933.3218	4201757.3774	436.8656		0.0034
<input checked="" type="checkbox"/> T02	Adjusted	07/23/2014 14:01:06	483165.8801	4204474.0226	363.9570		0.0040

Εικόνα 5: Οι επιλυμένες κορυφές του δικτύου [POINTS]

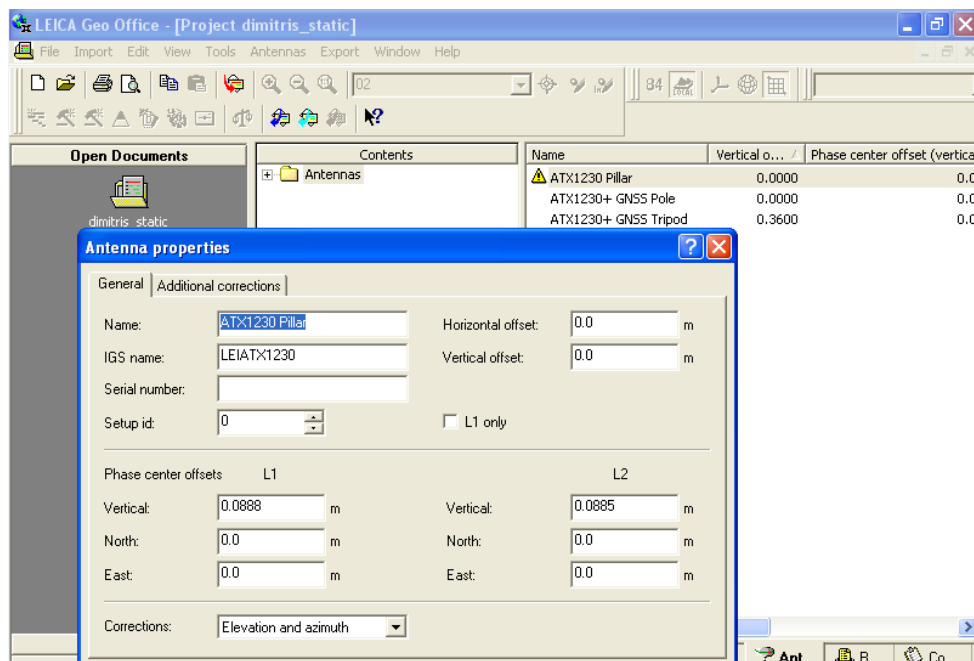
Name	Date/Time	Total No. Points	Keep Status	Result Type
07/23/2014 13:...	07/23/2014 13:00:07	66	No	GPS

Εικόνα 6: Εμφάνιση αποτελεσμάτων επιλυμένων βάσεων [RESULTS]



Εικόνα 7: Οπτικός έλεγχος δικτύου [VIEW]

Τέλος, για να πάρουμε πληροφορίες σχετικά με την κεραία που χρησιμοποιήθηκε, από την κάτω μπάρα επιλέγουμε Antenna και εμφανίζεται το παράθυρο :






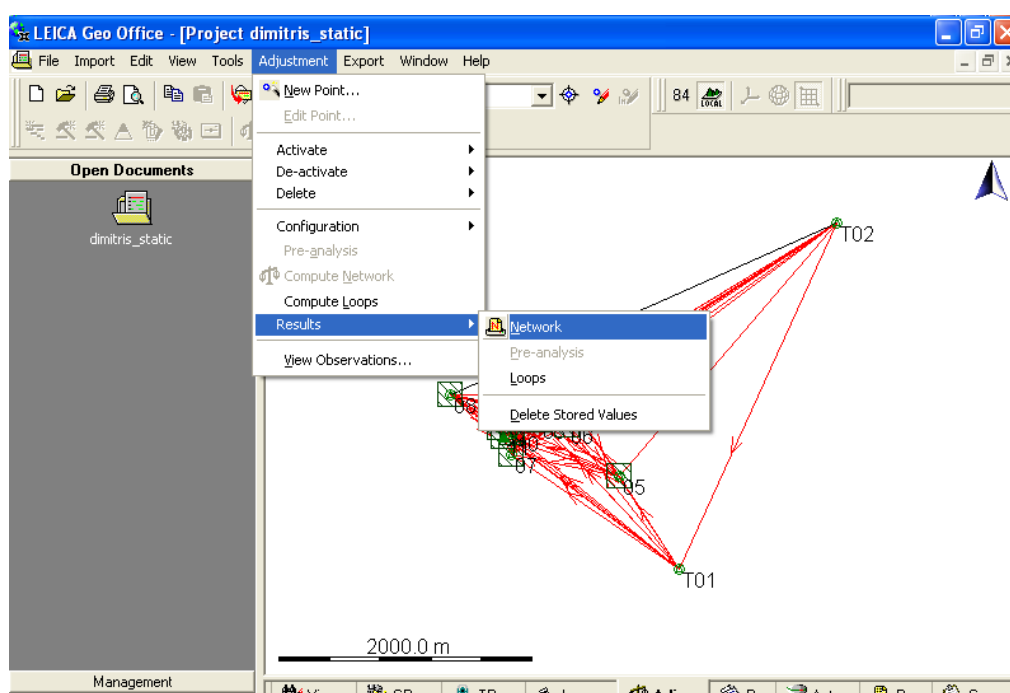
Εικόνα 8: Πληροφορίες κεραίας

Συνόρθωση Δικτύου

Για τη συνόρθωση δικτύου πρέπει αρχικά οι επιλυμένες βάσεις να αποθηκευτούν όπως ειπώθηκε, στη συνέχεια από το [VIEW] της κάτω μπάρας πατάμε δεξί κλικ στο σταθμό που θα επιλεγεί ως σταθμός ελέγχου

(Control Point) για την επίλυση, πληκτρολογώντας τις αντίστοιχες συντεταγμένες και το σύστημα αναφοράς που θέλουμε.

Στη συνέχεια από το μενού επιλέγουμε [Adjustment]  ώστε να συνορθωθεί το δίκτυο. Από το κυρίως μενού επιλέγουμε [Results] και στη συνέχεια  Network ώστε να αποκτήσουμε τα τελικά αποτελέσματα της συνόρθωσης, εναλλακτικά με δεξή κλικ Results και μετά Network στο λευκό φόντο του μενού. Η αναφορά της επίλυσης μπορεί να σωθεί και ως HTML αρχείο, με δεξί κλικ μέσα στην αναφορά και Save As, ή να εκτυπωθεί. Για να ελέγξουμε το περιεχόμενο της αναφοράς, πατάμε δεξί κλικ στο φόντο και Properties, εναλλακτικά  από το [Report] του κυρίως μενού.



Εικόνα 9: Αναφοράς της συνόρθωσης του δικτύου

Τα Στοιχεία της Προβολής του Προγράμματος

Το πρόγραμμα πραγματοποιεί ένα 3D μετασχηματισμό ομοιότητας (Classical 3D) για τη δημιουργία του συστήματος ΕΓΣΑ87 από το αρχικό WGS84. Το ελλειψοειδές αναφοράς που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα για το μετασχηματισμό είναι το GRS80. Αρχικά ορίζεται η Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή (TM) με τα εξής στοιχεία :

Name: TM EGSA: 1987 GR

False Easting: 500000.0 m

False Northing: 0.0 m

Latitude of Origin: 0o 0' 0.00000" N

Central Meridian: 24o 0' 0.00000" E

Zone Width: 6o 0' 0.0 "

Scale Factor: 0.9996

Επίλυση RTK

Η διαδικασία που ακολουθείται είναι ίδια με αυτή του στατικού εντοπισμού, με τη διαφορά ότι τα αρχεία των μετρήσεων εισάγονται μόνο από το δέκτη (rover). Επίσης, επειδή χρησιμοποιείται ο σταθμός αναφοράς της Metrica, οι μετασχηματισμοί που γίνονται είναι δύο, ένας Classical 3D και One Step ώστε να δημιουργηθεί η τοπική ΕΓΣΑ87 όπου είναι και το ζητούμενο. Το αρχείο των μετασχηματισμών παραλαμβάνεται από τη Metrica αναλόγως την περιοχή της εργασίας και αποθηκεύεται στον φάκελο Coordinate System, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μελλοντικές εργασίες. Να σημειωθεί ότι το ΕΓΣΑ87 για την Αττική αναφέρεται ως Smartnet M.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΕΠΙΛΥΣΗ ΒΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΟΡΘΩΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ

Επίλυση Βάσεων και Συνόρθωση Δικτύου στο LGO

Τα αποτελέσματα της συνόρθωσης και των ελέγχων που γίνονται, παρουσιάζονται στο παράρτημα. Στις παρακάτω παραγράφους γίνεται μια επεξήγηση των τιμών αυτών όπως προέκυψαν από την αναφορά του προγράμματος.

Πληροφορίες εργασίας (Project Information)

Κατά τη συνόρθωση του δικτύου στο λογισμικό του προγράμματος LGO αρχικά παρουσιάζονται κάποιες πληροφορίες της εργασίας όπως: το όνομα της εργασίας, η ημερομηνία δημιουργίας, η τοπική ζώνη ώρας και το σύστημα των συντεταγμένων.

Γενικές πληροφορίες (General Information)

Στη συνέχεια παρουσιάζονται κάποιες γενικές πληροφορίες που σχετίζονται με

- το μετασχηματισμό (3D) που γίνεται από το WGS84,
- το είδος των υψομέτρων της επίλυσης,
- το πλήθος των γνωστών και άγνωστων κορυφών (1 γνωστή και 11 άγνωστες),
- το πλήθος των παρατηρήσεων (66 βάσεις),
- το πλήθος των γνωστών (3) και άγνωστων (198) διαφορών των παρατηρήσεων (σύνολο 201),
- τις άγνωστες συντεταγμένες ($m=36$) και το βαθμό ελευθερίας του μοντέλου $r = 201 - 36 = 165$.

Οι συντεταγμένες του δικτύου στο ΕΓΣΑ87 (Coordinates)

Παρακάτω μπορούμε να δούμε τις τελικές συνορθωμένες συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ87, με τον κωδικό της κάθε κορυφής αριστερά. Η στήλη Corr δείχνει το υπόλοιπο που έχει προέλθει από την προσεγγιστική τιμή της πλοήγησης μείον την καλύτερη τιμή της συνόρθωσης ($u = li - l$). Η στήλη Sd εμφανίζει το a posteriori τυπικό σφάλμα της συνορθωμένης τιμής και είναι μια ένδειξη του πόσο οι παρατηρήσεις επηρέασαν τελικά τις τελικές συντεταγμένες.

Οι συνορθωμένες βάσεις του δικτύου και τα υπόλοιπα (Observation an Residuals)

Στον πίνακα αυτό, παρουσιάζονται οι συνορθωμένες βάσεις του δικτύου με τις υπολογισμένες τιμές κάθε μιας συνιστώσας DX, DY, DZ (Adj obs). Επίσης, φαίνονται τα υπόλοιπα της συνόρθωσης (Resid) με τις διορθώσεις κάθε

συνιστώσας (Resid ENH) και την τιμή της τυπικής απόκλισης κάθε συνορθωμένης συνιστώσας (Sd).

Η αξιοπιστία του δικτύου (Reliability)

Η αξιοπιστία ενός δικτύου, μπορεί να περιγραφεί από την ευαισθησία που υπάρχει στην αντιμετώπιση των ακραίων τιμών και διακρίνεται σε εξωτερική και εσωτερική αξιοπιστία.

Εσωτερική αξιοπιστία του δικτύου (Internal Reliability)

Η εσωτερική αξιοπιστία ενός δικτύου εκφράζεται από την τιμή MDB. Η τιμή MDB παρουσιάζει το μέγεθος των μικρότερων σφαλμάτων που αποδέχεται να πάρουν οι παρατηρήσεις. Μια μεγάλη τιμή του MDB σημαίνει ότι υπάρχει αδυναμία σε κάποια παρατήρηση ή όπως συνεπάγετε, στις τελικές συντεταγμένες και έτσι υπάρχει μειωμένη αξιοπιστία.

Εξωτερική αξιοπιστία κορυφών (External Reliability)

Η εξωτερική αξιοπιστία, ορίζει την τιμή ενός μη ανιχνεύσιμου σφάλματος στις τελικές συντεταγμένες εξαιτίας κάποιας λανθασμένης παρατήρησης. Συχνά αναφέρεται ως θόρυβος και αναπαριστάται από την τιμή BRN (Bias to Noise Ratio). Προσδιορίζει την εξωτερική αξιοπιστία των συντεταγμένων κάθε σταθμού και εμφανίζει από ποιά παρατήρηση προκλήθηκε το τυχαίο σφάλμα. Το μέγεθος του σφάλματος είναι όσο το MDB της κορυφής. Συνήθως αναφέρεται και ως ορθότητα που έχουν οι παρατηρήσεις, δηλαδή πόσο κοντά στην ακριβή τιμή (μ) βρίσκεται η παρατήρηση (li). Για παράδειγμα, η τιμή BRN δείχνει το πόσο το μέγεθος MDB εκφρασμένο σε μέτρα, επηρέασε την ποιότητα της τελικής συνιστώσας και είναι ο λόγος της a priori μεταβλητότητας που έχει υπολογίσει το λογισμικό, προς τη μεταβλητότητα της λύσης.

Απόλυτες και σχετικές ελλείψεις σφάλματος (Absolute, Relative Error Ellipse)

Τέλος, παρουσιάζονται τα στοιχεία για τις απόλυτες και σχετικές ελλείψεις σφάλματος για επίπεδα εμπιστοσύνης 39,4% για δισδιάστατο έλεγχο και 68,3% για μονοδιάστατο έλεγχο. Οι απόλυτες ελλείψεις σφάλματος, αποτελούν μια ένδειξη του πόσο επηρέασαν τα τυχαία σφάλματα, τις συντεταγμένες κάθε κορυφής. Οι σχετικές ελλείψεις σφάλματος, αντιπροσωπεύουν τη σχετική ακρίβεια που επιτεύχθηκε μεταξύ δύο σταθμών.

Στατιστικά τεστ

Η ανάλυση που γίνεται στους στατιστικούς ελέγχους έχει να κάνει με τα τετράγωνα των υπολοίπων των μετρήσεων και γίνεται παράλληλα με την εφαρμογή της MET.

Η τιμή του Sigma a-priori (GPS) αναφέρεται στην a priori τυπική απόκλιση του GPS, ορίσθηκε 15 και προέκυψε από την a posteriori τιμή της αρχικής επίλυσης.

Το Critical value F-test είναι ένα πολυδιάστατο τεστ που συνήθως αναφέρεται και ως ολικός έλεγχος δικτύου καθώς ελέγχει εξολοκλήρου το δίκτυο. Η τιμή του στατιστικού F-test δίνεται :

$$F = \frac{\hat{\sigma}_0^2}{\sigma_0^2} \leq \chi_{r,(1-a)}^2$$

Όπου :

$\hat{\sigma}_0$: Το a posteriori τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους,

σ_0 : Το a priori τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους,

οι βαθμοί ελευθερίας είναι $r = 165$, ενώ $a = 0.05$.

Το Critical value W-test αναφέρεται στην τιμή του μονοδιάστατου ελέγχου της κανονικής κατανομής, πάνω από την οποία θα αποτυγχάνει το τεστ. Το W-test συνήθως αναφέρεται και ως data snooping και αποτελεί μια συμβατική στατιστική μέθοδος προσδιορισμού της παρατήρησης με μεγάλο υπόλοιπο. Θεωρείται ότι δεν υπάρχει κάποιο χονδροειδές σφάλμα εφόσον :

$$w_i = \left| \frac{u_i}{\sigma_{v_i}} \right| \leq \sqrt{F_{1,\infty,(1-a_0)}} \quad \text{ή} \quad w_i = \left| \frac{u_i}{\sigma_{v_i}} \right| \leq Z_{(1-a_0/2)}$$

u_i = το υπόλοιπο της i παρατήρησης,

$a_0 = 0,05$ (επίπεδο εμπιστοσύνης)

σ_{v_i} = το τυπικό σφάλμα του υπολοίπου που δίνεται από τη σχέση

$$\sigma_{v_i}^2 = \sigma_{l_i}^2 - \sigma_{\hat{l}_i}^2$$

$F_{1,\infty,(1-a_0)}$ = η οριακή τιμή για την κατανομή Fisher

Z = οριακές τιμές για την κανονική κατανομή

Τέλος, το Critical value T-test αναφέρεται στην τιμή του 2D και 3D ελέγχου πάνω από την οποία αποτυγχάνει το τεστ ανάλογα με της παρατηρήσεις. Εδώ αντίθετα με το W-test ελέγχεται η κάθε επιλυμένη βάση ξεχωριστά στο σύνολο του δικτύου. Χρησιμοποιείται κυρίως για να προσδιοριστεί η ποιότητα του σταθερό σταθμού.

Επίλυση Βάσεων

Processing Summary dimitris_static

Project Information

Project name:	dimitris_static
Date created:	07/21/2014 10:17:04
Time zone:	3h 00'
Coordinate system name:	EGSA 87 (2)
Application software:	LEICA Geo Office 7.0
Start date and time:	05/27/2014 12:02:29
End date and time:	07/10/2014 11:21:14
Manually occupied points:	66
Processing kernel:	PSI-Pro 2.0
Processed:	07/23/2014 12:50:16

Processing Parameters

Parameters	Selected
Cut-off angle:	15°
Ephemeris type:	Broadcast
Solution type:	Automatic
GNSS type:	Automatic
Frequency:	Automatic
Fix ambiguities up to:	80 km
Min. duration for float solution (static):	5' 00"
Sampling rate:	Use all
Tropospheric model:	Hopfield
Ionospheric model:	Automatic
Use stochastic modelling:	Yes
Min. distance:	8 km
Ionospheric activity:	Automatic

Baseline Overview

T01 - 02	Reference: T01	Rover: 02
Coordinates:		
Latitude:	37° 57' 57.03827" N	37° 58' 37.41660" N
Longitude:	23° 47' 45.64871" E	23° 46' 57.33370" E
Ellip. Hgt:	466.4422 m	232.8598 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

T01 - 03	Reference: T01	Rover: 03
----------	----------------	-----------

Coordinates:		
Latitude:	37° 57' 57.03827" N	37° 58' 34.80186" N
Longitude:	23° 47' 45.64871" E	23° 47' 00.43741" E
Ellip. Hgt:	466.4422 m	245.7336 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

T01 - 04	Reference: T01	Rover: 04
Coordinates:		
Latitude:	37° 57' 57.03827" N	37° 58' 41.47163" N
Longitude:	23° 47' 45.64871" E	23° 47' 08.45627" E
Ellip. Hgt:	466.4422 m	240.9956 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

T01 - 05	Reference: T01	Rover: 05
Coordinates:		
Latitude:	37° 57' 57.03827" N	37° 58' 20.75551" N
Longitude:	23° 47' 45.64871" E	23° 47' 26.37072" E
Ellip. Hgt:	466.4422 m	291.6633 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

T01 - 06	Reference: T01	Rover: 06
Coordinates:		
Latitude:	37° 57' 57.03827" N	37° 58' 33.57203" N
Longitude:	23° 47' 45.64871" E	23° 47' 09.23984" E
Ellip. Hgt:	466.4422 m	251.9795 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

T01 - 07	Reference: T01	Rover: 07
Coordinates:		
Latitude:	37° 57' 57.03827" N	37° 58' 25.97040" N
Longitude:	23° 47' 45.64871" E	23° 46' 51.44877" E
Ellip. Hgt:	466.4422 m	266.9092 m

Solution type: Phase: all fix
GNSS type: GPS / GLONASS
Frequency: L1 and L2
Ambiguity: Yes

T01 - 08	Reference: T01	Rover: 08
-----------------	-----------------------	------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 57' 57.03827" N	37° 58' 41.21380" N
Longitude:	23° 47' 45.64871" E	23° 46' 31.83958" E
Ellip. Hgt:	466.4422 m	225.2009 m

Solution type: Phase: all fix
GNSS type: GPS / GLONASS
Frequency: L1 and L2
Ambiguity: Yes

T01 - 09	Reference: T01	Rover: 09
-----------------	-----------------------	------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 57' 57.03827" N	37° 58' 32.89884" N
Longitude:	23° 47' 45.64871" E	23° 46' 47.91628" E
Ellip. Hgt:	466.4422 m	234.2018 m

Solution type: Phase: all fix
GNSS type: GPS / GLONASS
Frequency: L1 and L2
Ambiguity: Yes

T01 - 10	Reference: T01	Rover: 10
-----------------	-----------------------	------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 57' 57.03827" N	37° 58' 31.72153" N
Longitude:	23° 47' 45.64871" E	23° 46' 51.61801" E
Ellip. Hgt:	466.4422 m	223.4266 m

Solution type: Phase: all fix
GNSS type: GPS / GLONASS
Frequency: L1 and L2
Ambiguity: Yes

T01 - 11	Reference: T01	Rover: 11
-----------------	-----------------------	------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 57' 57.03827" N	37° 58' 30.50953" N
Longitude:	23° 47' 45.64871" E	23° 46' 48.76130" E
Ellip. Hgt:	466.4422 m	240.4593 m

Solution type: Phase: all fix
GNSS type: GPS / GLONASS
Frequency: L1 and L2

Ambiguity: Yes

02 - 09	Reference: 02	Rover: 09
----------------	----------------------	------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 37.41683" N	37° 58' 32.89897" N
Longitude:	23° 46' 57.40190" E	23° 46' 47.98451" E
Ellip. Hgt:	242.0438 m	243.3888 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

02 - 11	Reference: 02	Rover: 11
----------------	----------------------	------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 37.41683" N	37° 58' 30.50968" N
Longitude:	23° 46' 57.40190" E	23° 46' 48.82911" E
Ellip. Hgt:	242.0438 m	249.6354 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

02 - 10	Reference: 02	Rover: 10
----------------	----------------------	------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 37.41683" N	37° 58' 31.72140" N
Longitude:	23° 46' 57.40190" E	23° 46' 51.68696" E
Ellip. Hgt:	242.0438 m	232.6119 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

02 - 03	Reference: 02	Rover: 03
----------------	----------------------	------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 37.41683" N	37° 58' 34.80202" N
Longitude:	23° 46' 57.40190" E	23° 47' 00.50554" E
Ellip. Hgt:	242.0438 m	254.9136 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

02 - 08	Reference: 02	Rover: 08
----------------	----------------------	------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 37.41683" N	37° 58' 41.21432" N
Longitude:	23° 46' 57.40190" E	23° 46' 31.90778" E
Ellip. Hgt:	242.0438 m	234.3890 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

02 - 07	Reference: 02	Rover: 07
Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 37.41683" N	37° 58' 25.97034" N
Longitude:	23° 46' 57.40190" E	23° 46' 51.51681" E
Ellip. Hgt:	242.0438 m	276.0947 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

02 - 05	Reference: 02	Rover: 05
Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 37.41683" N	37° 58' 20.75556" N
Longitude:	23° 46' 57.40190" E	23° 47' 26.43879" E
Ellip. Hgt:	242.0438 m	300.8638 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

02 - 04	Reference: 02	Rover: 04
Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 37.41683" N	37° 58' 41.47170" N
Longitude:	23° 46' 57.40190" E	23° 47' 08.52456" E
Ellip. Hgt:	242.0438 m	250.1729 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

04 - 03	Reference: 04	Rover: 03
Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 41.47271" N	37° 58' 34.80323" N
Longitude:	23° 47' 08.50770" E	23° 47' 00.48865" E
Ellip. Hgt:	250.3175 m	255.0306 m

Solution type: Phase: all fix
 GNSS type: GPS / GLONASS
 Frequency: L1 and L2
 Ambiguity: Yes

04 - 06 Reference: 04 Rover: 06

Coordinates:
 Latitude: 37° 58' 41.47271" N 37° 58' 33.57330" N
 Longitude: 23° 47' 08.50770" E 23° 47' 09.29106" E
 Ellip. Hgt: 250.3175 m 261.2946 m

Solution type: Phase: all fix
 GNSS type: GPS / GLONASS
 Frequency: L1 and L2
 Ambiguity: Yes

04 - 11 Reference: 04 Rover: 11

Coordinates:
 Latitude: 37° 58' 41.47271" N 37° 58' 30.51057" N
 Longitude: 23° 47' 08.50770" E 23° 46' 48.81244" E
 Ellip. Hgt: 250.3175 m 249.7603 m

Solution type: Phase: all fix
 GNSS type: GPS / GLONASS
 Frequency: L1 and L2
 Ambiguity: Yes

04 - 09 Reference: 04 Rover: 09

Coordinates:
 Latitude: 37° 58' 41.47271" N 37° 58' 32.89997" N
 Longitude: 23° 47' 08.50770" E 23° 46' 47.96766" E
 Ellip. Hgt: 250.3175 m 243.5118 m

Solution type: Phase: all fix
 GNSS type: GPS / GLONASS
 Frequency: L1 and L2
 Ambiguity: Yes

04 - 10 Reference: 04 Rover: 10

Coordinates:
 Latitude: 37° 58' 41.47271" N 37° 58' 31.72298" N
 Longitude: 23° 47' 08.50770" E 23° 46' 51.66996" E
 Ellip. Hgt: 250.3175 m 232.7325 m

Solution type: Phase: all fix
 GNSS type: GPS / GLONASS
 Frequency: L1 and L2

Ambiguity: Yes

04 - 08	Reference: 04	Rover: 08
----------------	----------------------	------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 41.47271" N	37° 58' 41.21475" N
Longitude:	23° 47' 08.50770" E	23° 46' 31.89074" E
Ellip. Hgt:	250.3175 m	234.5190 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

04 - 07	Reference: 04	Rover: 07
----------------	----------------------	------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 41.47271" N	37° 58' 25.97140" N
Longitude:	23° 47' 08.50770" E	23° 46' 51.50004" E
Ellip. Hgt:	250.3175 m	276.2240 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

04 - 05	Reference: 04	Rover: 05
----------------	----------------------	------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 41.47271" N	37° 58' 20.75692" N
Longitude:	23° 47' 08.50770" E	23° 47' 26.42222" E
Ellip. Hgt:	250.3175 m	300.9666 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

08 - 09	Reference: 08	Rover: 09
----------------	----------------------	------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 41.24620" N	37° 58' 32.93118" N
Longitude:	23° 46' 31.93598" E	23° 46' 48.01281" E
Ellip. Hgt:	231.9977 m	240.9794 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

08 - 11	Reference: 08	Rover: 11
----------------	----------------------	------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 41.24620" N	37° 58' 30.54190" N
Longitude:	23° 46' 31.93598" E	23° 46' 48.85707" E
Ellip. Hgt:	231.9977 m	247.2275 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

08 - 10	Reference: 08	Rover: 10
Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 41.24620" N	37° 58' 31.75297" N
Longitude:	23° 46' 31.93598" E	23° 46' 51.71474" E
Ellip. Hgt:	231.9977 m	230.2275 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

08 - 07	Reference: 08	Rover: 07
Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 41.24620" N	37° 58' 26.00240" N
Longitude:	23° 46' 31.93598" E	23° 46' 51.54511" E
Ellip. Hgt:	231.9977 m	273.6938 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

08 - 03	Reference: 08	Rover: 03
Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 41.24620" N	37° 58' 34.83422" N
Longitude:	23° 46' 31.93598" E	23° 47' 00.53360" E
Ellip. Hgt:	231.9977 m	252.4992 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

08 - 05	Reference: 08	Rover: 05
Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 41.24620" N	37° 58' 20.78777" N
Longitude:	23° 46' 31.93598" E	23° 47' 26.46732" E
Ellip. Hgt:	231.9977 m	298.4537 m

Solution type: Phase: all fix
GNSS type: GPS / GLONASS
Frequency: L1 and L2
Ambiguity: Yes

08 - 06 Reference: 08 Rover: 06

Coordinates:
Latitude: 37° 58' 41.24620" N 37° 58' 33.60463" N
Longitude: 23° 46' 31.93598" E 23° 47' 09.33663" E
Ellip. Hgt: 231.9977 m 258.7525 m

Solution type: Phase: all fix
GNSS type: GPS / GLONASS
Frequency: L1 and L2
Ambiguity: Yes

02 - 06 Reference: 02 Rover: 06

Coordinates:
Latitude: 37° 58' 37.41683" N 37° 58' 33.57235" N
Longitude: 23° 46' 57.40190" E 23° 47' 09.30804" E
Ellip. Hgt: 242.0438 m 261.1528 m

Solution type: Phase: all fix
GNSS type: GPS / GLONASS
Frequency: L1 and L2
Ambiguity: Yes

09 - 10 Reference: 09 Rover: 10

Coordinates:
Latitude: 37° 58' 32.87490" N 37° 58' 31.69736" N
Longitude: 23° 46' 47.97124" E 23° 46' 51.67283" E
Ellip. Hgt: 243.0805 m 232.3347 m

Solution type: Phase: all fix
GNSS type: GPS / GLONASS
Frequency: L1 and L2
Ambiguity: Yes

09 - 05 Reference: 09 Rover: 05

Coordinates:
Latitude: 37° 58' 32.87490" N 37° 58' 20.73149" N
Longitude: 23° 46' 47.97124" E 23° 47' 26.42541" E
Ellip. Hgt: 243.0805 m 300.5367 m

Solution type: Phase: all fix
GNSS type: GPS / GLONASS
Frequency: L1 and L2

Ambiguity: Yes

09 - 11	Reference: 09	Rover: 11
----------------	----------------------	------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 32.87490" N	37° 58' 30.48562" N
Longitude:	23° 46' 47.97124" E	23° 46' 48.81599" E
Ellip. Hgt:	243.0805 m	249.3229 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

06 - 11	Reference: 06	Rover: 11
----------------	----------------------	------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 33.55601" N	37° 58' 30.49342" N
Longitude:	23° 47' 09.24567" E	23° 46' 48.76701" E
Ellip. Hgt:	258.0028 m	246.4773 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

06 - 10	Reference: 06	Rover: 10
----------------	----------------------	------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 33.55601" N	37° 58' 31.70486" N
Longitude:	23° 47' 09.24567" E	23° 46' 51.62436" E
Ellip. Hgt:	258.0028 m	229.4538 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

06 - 09	Reference: 06	Rover: 09
----------------	----------------------	------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 33.55601" N	37° 58' 32.88269" N
Longitude:	23° 47' 09.24567" E	23° 46' 47.92204" E
Ellip. Hgt:	258.0028 m	240.2180 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

06 - 07	Reference: 06	Rover: 07
----------------	----------------------	------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 33.55601" N	37° 58' 25.95422" N
Longitude:	23° 47' 09.24567" E	23° 46' 51.45440" E
Ellip. Hgt:	258.0028 m	272.9352 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

06 - 03	Reference: 06	Rover: 03
Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 33.55601" N	37° 58' 34.78575" N
Longitude:	23° 47' 09.24567" E	23° 47' 00.44321" E
Ellip. Hgt:	258.0028 m	251.7499 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

06 - 05	Reference: 06	Rover: 05
Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 33.55601" N	37° 58' 20.73924" N
Longitude:	23° 47' 09.24567" E	23° 47' 26.37656" E
Ellip. Hgt:	258.0028 m	297.6979 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

11 - 10	Reference: 11	Rover: 10
Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 30.50790" N	37° 58' 31.71940" N
Longitude:	23° 46' 48.76043" E	23° 46' 51.61772" E
Ellip. Hgt:	241.6917 m	224.6682 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

11 - 03	Reference: 11	Rover: 03
Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 30.50790" N	37° 58' 34.80030" N
Longitude:	23° 46' 48.76043" E	23° 47' 00.43673" E
Ellip. Hgt:	241.6917 m	246.9634 m

Solution type: Phase: all fix
 GNSS type: GPS / GLONASS
 Frequency: L1 and L2
 Ambiguity: Yes

11 - 05 Reference: 11 Rover: 05

Coordinates:
 Latitude: 37° 58' 30.50790" N 37° 58' 20.75404" N
 Longitude: 23° 46' 48.76043" E 23° 47' 26.37033" E
 Ellip. Hgt: 241.6917 m 292.8960 m

Solution type: Phase: all fix
 GNSS type: GPS / GLONASS
 Frequency: L1 and L2
 Ambiguity: Yes

11 - 07 Reference: 11 Rover: 07

Coordinates:
 Latitude: 37° 58' 30.50790" N 37° 58' 25.96870" N
 Longitude: 23° 46' 48.76043" E 23° 46' 51.44802" E
 Ellip. Hgt: 241.6917 m 268.1484 m

Solution type: Phase: all fix
 GNSS type: GPS / GLONASS
 Frequency: L1 and L2
 Ambiguity: Yes

03 - 09 Reference: 03 Rover: 09

Coordinates:
 Latitude: 37° 58' 34.86053" N 37° 58' 32.95741" N
 Longitude: 23° 47' 00.50274" E 23° 46' 47.98176" E
 Ellip. Hgt: 256.1959 m 244.6673 m

Solution type: Phase: all fix
 GNSS type: GPS / GLONASS
 Frequency: L1 and L2
 Ambiguity: Yes

03 - 10 Reference: 03 Rover: 10

Coordinates:
 Latitude: 37° 58' 34.86053" N 37° 58' 31.77961" N
 Longitude: 23° 47' 00.50274" E 23° 46' 51.68419" E
 Ellip. Hgt: 256.1959 m 233.9028 m

Solution type: Phase: all fix
 GNSS type: GPS / GLONASS
 Frequency: L1 and L2

Ambiguity: Yes

03 - 07	Reference: 03	Rover: 07
----------------	----------------------	------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 34.86053" N	37° 58' 26.02890" N
Longitude:	23° 47' 00.50274" E	23° 46' 51.51406" E
Ellip. Hgt:	256.1959 m	277.3713 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

09 - 07	Reference: 09	Rover: 07
----------------	----------------------	------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 32.87490" N	37° 58' 25.94639" N
Longitude:	23° 46' 47.97124" E	23° 46' 51.50356" E
Ellip. Hgt:	243.0805 m	275.7866 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

10 - 07	Reference: 10	Rover: 07
----------------	----------------------	------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 31.67300" N	37° 58' 25.92241" N
Longitude:	23° 46' 51.61437" E	23° 46' 51.44451" E
Ellip. Hgt:	229.0249 m	272.5094 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

05 - 07	Reference: 05	Rover: 07
----------------	----------------------	------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 20.76265" N	37° 58' 25.97727" N
Longitude:	23° 47' 26.39548" E	23° 46' 51.47322" E
Ellip. Hgt:	299.3835 m	274.6417 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

05 - 03	Reference: 05	Rover: 03
----------------	----------------------	------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 20.76265" N	37° 58' 34.80924" N
Longitude:	23° 47' 26.39548" E	23° 47' 00.46211" E
Ellip. Hgt:	299.3835 m	253.4314 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

05 - 10	Reference: 05	Rover: 10
Coordinates:		
Latitude:	37° 58' 20.76265" N	37° 58' 31.72841" N
Longitude:	23° 47' 26.39548" E	23° 46' 51.64302" E
Ellip. Hgt:	299.3835 m	231.1822 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

T02 - 10	Reference: T02	Rover: 10
Coordinates:		
Latitude:	37° 59' 25.26870" N	37° 58' 31.72205" N
Longitude:	23° 48' 35.93602" E	23° 46' 51.61788" E
Ellip. Hgt:	393.8609 m	223.6265 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

T02 - 09	Reference: T02	Rover: 09
Coordinates:		
Latitude:	37° 59' 25.26870" N	37° 58' 32.89956" N
Longitude:	23° 48' 35.93602" E	23° 46' 47.91542" E
Ellip. Hgt:	393.8609 m	234.3769 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

T02 - 11	Reference: T02	Rover: 11
Coordinates:		
Latitude:	37° 59' 25.26870" N	37° 58' 30.51044" N
Longitude:	23° 48' 35.93602" E	23° 46' 48.76012" E
Ellip. Hgt:	393.8609 m	240.6398 m

Solution type: Phase: all fix
 GNSS type: GPS / GLONASS
 Frequency: L1 and L2
 Ambiguity: Yes

T02 - 08	Reference: T02	Rover: 08
-----------------	-----------------------	------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 59' 25.26870" N	37° 58' 41.21463" N
Longitude:	23° 48' 35.93602" E	23° 46' 31.83831" E
Ellip. Hgt:	393.8609 m	225.4334 m

Solution type: Phase: all fix
 GNSS type: GPS / GLONASS
 Frequency: L1 and L2
 Ambiguity: Yes

T02 - 07	Reference: T02	Rover: 07
-----------------	-----------------------	------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 59' 25.26870" N	37° 58' 25.97113" N
Longitude:	23° 48' 35.93602" E	23° 46' 51.44766" E
Ellip. Hgt:	393.8609 m	267.0904 m

Solution type: Phase: all fix
 GNSS type: GPS / GLONASS
 Frequency: L1 and L2
 Ambiguity: Yes

T02 - 03	Reference: T02	Rover: 03
-----------------	-----------------------	------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 59' 25.26870" N	37° 58' 34.80276" N
Longitude:	23° 48' 35.93602" E	23° 47' 00.43658" E
Ellip. Hgt:	393.8609 m	245.8882 m

Solution type: Phase: all fix
 GNSS type: GPS / GLONASS
 Frequency: L1 and L2
 Ambiguity: Yes

T02 - 06	Reference: T02	Rover: 06
-----------------	-----------------------	------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 59' 25.26870" N	37° 58' 33.57329" N
Longitude:	23° 48' 35.93602" E	23° 47' 09.23911" E
Ellip. Hgt:	393.8609 m	252.1388 m

Solution type: Phase: all fix
 GNSS type: GPS / GLONASS
 Frequency: L1 and L2

Ambiguity: Yes

T02 - 02	Reference: T02	Rover: 02
-----------------	-----------------------	------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 59' 25.26870" N	37° 58' 37.41776" N
Longitude:	23° 48' 35.93602" E	23° 46' 57.33297" E
Ellip. Hgt:	393.8609 m	233.0271 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

T02 - 04	Reference: T02	Rover: 04
-----------------	-----------------------	------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 59' 25.26870" N	37° 58' 41.47240" N
Longitude:	23° 48' 35.93602" E	23° 47' 08.45556" E
Ellip. Hgt:	393.8609 m	241.1693 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

T02 - 05	Reference: T02	Rover: 05
-----------------	-----------------------	------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 59' 25.26870" N	37° 58' 20.75627" N
Longitude:	23° 48' 35.93602" E	23° 47' 26.37000" E
Ellip. Hgt:	393.8609 m	291.8278 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

T02 - T01	Reference: T02	Rover: T01
------------------	-----------------------	-------------------

Coordinates:		
Latitude:	37° 59' 25.26870" N	37° 57' 57.03907" N
Longitude:	23° 48' 35.93602" E	23° 47' 45.64797" E
Ellip. Hgt:	393.8609 m	466.6272 m
Solution type:	Phase: all fix	
GNSS type:	GPS / GLONASS	
Frequency:	L1 and L2	
Ambiguity:	Yes	

Συνόρθωση Δικτύου από Κύρου Πήρα (T01)

Licensed to Leica Geosystems AG

Created: 07/23/2014 12:52:26

Project Information

Project name:	dimitris_static
Date created:	07/21/2014 10:17:04
Time zone:	3h 00'
Coordinate system name:	EGSA 87 (2)
Application software:	LEICA Geo Office 7.0
Processing kernel:	MOVE3 4.0.1

General Information

Adjustment

Type:	Minimally constrained
Dimension:	3D
Coordinate system:	WGS 1984
Height mode:	Ellipsoidal
Number of iterations:	1
Maximum coord correction in last iteration:	0.0000 m  (tolerance is met)

Stations

Number of (partly) known stations:	1
Number of unknown stations:	11
Total:	12

Observations

GPS coordinate differences:	198 (66 baselines)
Known coordinates:	3
Total:	201

Unknowns

Coordinates:	36
Total:	36

Degrees of freedom:	165
---------------------	-----

Testing

Alfa (multi dimensional):	0.6663
Alfa 0 (one dimensional):	5.0 %
Beta:	80.0 %
Sigma a-priori (GPS):	15.7

Critical value W-test:	1.96
------------------------	------

Critical value T-test (2-dimensional):	2.42	
Critical value T-test (3-dimensional):	1.89	
Critical value F-test:	0.95	
F-test:	0.64	✓ (accepted)

Results based on a-posteriori variance factor

Adjustment Results

Coordinates

Station	Coordinate	Corr	Sd		
02	Easting	480757.3714 m	-1.6627 m	0.0011 m	
	Northing	4203004.5493 m	-0.0005 m	0.0012 m	
	Height	202.0126 m	-9.1849 m	0.0031 m	
03	Easting	480832.8997 m	-1.5994 m	0.0011 m	
	Northing	4202923.7860 m	-1.8030 m	0.0012 m	
	Height	214.8808 m	-10.4707 m	0.0031 m	
04	Easting	481029.0059 m	-1.2521 m	0.0013 m	
	Northing	4203128.8917 m	-0.0334 m	0.0015 m	
	Height	210.1419 m	-9.3174 m	0.0035 m	
05	Easting	481464.6036 m	-0.6027 m	0.0015 m	
	Northing	4202489.4277 m	-0.2208 m	0.0016 m	
	Height	260.8233 m	-7.7208 m	0.0040 m	
06	Easting	481047.5598 m	-0.1406 m	0.0011 m	
	Northing	4202885.3875 m	0.4970 m	0.0012 m	
	Height	221.1291 m	-6.0262 m	0.0030 m	
07	Easting	480612.9702 m	-1.6628 m	0.0011 m	
	Northing	4202652.1075 m	0.0017 m	0.0012 m	
	Height	236.0812 m	-9.1866 m	0.0032 m	
08	Easting	480135.6999 m	-2.3544 m	0.0016 m	
	Northing	4203123.0553 m	-0.9898 m	0.0018 m	
	Height	194.3756 m	-6.7850 m	0.0042 m	
09	Easting	480527.2955 m	-1.3385 m	0.0011 m	
	Northing	4202865.8475 m	0.7397 m	0.0012 m	
	Height	203.3666 m	-8.8794 m	0.0030 m	
10	Easting	480617.5302 m	0.1048 m	0.0019 m	
	Northing	4202829.3397 m	1.4848 m	0.0023 m	
	Height	192.6029 m	-5.5871 m	0.0062 m	
11	Easting	480547.7309 m	0.0159 m	0.0011 m	
	Northing	4202792.1608 m	0.0498 m	0.0011 m	
	Height	209.6194 m	-1.2406 m	0.0031 m	
T01	Easting	481933.3380 m	0.0000 m	-	fixed
	Northing	4201757.4270 m	0.0000 m	-	fixed
	Height	435.6250 m	0.0000 m	-	fixed
T02	Easting	483165.8965 m	0.0205 m	0.0013 m	
	Northing	4204474.0727 m	-0.0263 m	0.0015 m	
	Height	362.7164 m	-0.1756 m	0.0037 m	

Observations and Residuals

	Station	Target	Adj obs	Resid	Resid (ENH)	Sd
<u>DX</u>	02	11	209.7697 m	0.0004 m	-0.0030 m	0.0021 m

<u>DY</u>			-136.2069 m	-0.0031 m	0.0007 m	0.0013 m
<u>DZ</u>			-163.2067 m	0.0001 m	-0.0006 m	0.0018 m
<u>DX</u>	T01	11	-183.9605 m	0.0034 m	0.0056 m	0.0024 m
<u>DY</u>			-1598.5837 m	0.0076 m	0.0003 m	0.0014 m
<u>DZ</u>			674.5510 m	0.0053 m	0.0081 m	0.0020 m
<u>DX</u>	06	11	246.4242 m	-0.0013 m	0.0027 m	0.0020 m
<u>DY</u>			-437.6102 m	0.0023 m	0.0004 m	0.0013 m
<u>DZ</u>			-81.5293 m	0.0003 m	0.0000 m	0.0017 m
<u>DX</u>	08	11	30.3309 m	-0.0040 m	-0.0095 m	0.0032 m
<u>DY</u>			464.6673 m	-0.0121 m	0.0025 m	0.0020 m
<u>DZ</u>			-250.7908 m	-0.0034 m	-0.0088 m	0.0028 m
<u>DX</u>	04	11	383.7762 m	-0.0038 m	0.0005 m	0.0025 m
<u>DY</u>			-356.1746 m	-0.0011 m	-0.0041 m	0.0016 m
<u>DZ</u>			-266.7675 m	-0.0083 m	-0.0082 m	0.0022 m
<u>DX</u>	T02	T01	2079.5181 m	0.0067 m	0.0024 m	0.0028 m
<u>DY</u>			-424.1745 m	0.0056 m	-0.0017 m	0.0018 m
<u>DZ</u>			-2099.6511 m	0.0045 m	0.0094 m	0.0026 m
<u>DX</u>	T02	11	1895.5576 m	0.0095 m	-0.0028 m	0.0027 m
<u>DY</u>			-2022.7583 m	0.0012 m	0.0019 m	0.0018 m
<u>DZ</u>			-1425.1001 m	0.0095 m	0.0131 m	0.0024 m
<u>DX</u>	09	11	37.6770 m	-0.0056 m	-0.0001 m	0.0020 m
<u>DY</u>			39.1328 m	-0.0026 m	0.0003 m	0.0012 m
<u>DZ</u>			-54.2264 m	-0.0044 m	-0.0076 m	0.0017 m
<u>DX</u>	10	07	132.8728 m	0.0047 m	0.0001 m	0.0045 m
<u>DY</u>			54.0206 m	0.0022 m	0.0100 m	0.0027 m
<u>DZ</u>			-113.0309 m	0.0167 m	0.0143 m	0.0044 m
<u>DX</u>	02	10	148.3384 m	-0.0118 m	0.0069 m	0.0045 m
<u>DY</u>			-87.0642 m	0.0024 m	0.0020 m	0.0027 m
<u>DZ</u>			-144.2254 m	-0.0051 m	-0.0109 m	0.0043 m
<u>DX</u>	02	09	172.0928 m	0.0012 m	0.0009 m	0.0020 m
<u>DY</u>			-175.3397 m	0.0015 m	0.0007 m	0.0012 m
<u>DZ</u>			-108.9803 m	0.0022 m	0.0027 m	0.0018 m
<u>DX</u>	02	08	179.4389 m	-0.0112 m	0.0005 m	0.0032 m
<u>DY</u>			-600.8742 m	-0.0044 m	0.0088 m	0.0020 m
<u>DZ</u>			87.5841 m	0.0018 m	-0.0084 m	0.0028 m
<u>DX</u>	02	07	281.2112 m	0.0028 m	-0.0001 m	0.0021 m
<u>DY</u>			-33.0435 m	0.0012 m	-0.0027 m	0.0012 m
<u>DZ</u>			-257.2563 m	-0.0011 m	0.0017 m	0.0019 m
<u>DX</u>	02	06	-36.6545 m	-0.0083 m	0.0012 m	0.0021 m
<u>DY</u>			301.4033 m	-0.0024 m	0.0025 m	0.0013 m
<u>DZ</u>			-81.6774 m	-0.0036 m	-0.0089 m	0.0018 m
<u>DX</u>	02	05	45.8193 m	0.0133 m	-0.0028 m	0.0031 m
<u>DY</u>			794.7026 m	0.0029 m	-0.0012 m	0.0019 m
<u>DZ</u>			-368.7769 m	0.0089 m	0.0160 m	0.0026 m
<u>DX</u>	02	04	-174.0065 m	-0.0097 m	0.0010 m	0.0025 m
<u>DY</u>			219.9677 m	-0.0031 m	0.0008 m	0.0015 m
<u>DZ</u>			103.5608 m	-0.0069 m	-0.0122 m	0.0021 m
<u>DX</u>	02	03	24.1306 m	0.0028 m	0.0008 m	0.0020 m
<u>DY</u>			93.4124 m	0.0021 m	-0.0011 m	0.0013 m
<u>DZ</u>			-55.6342 m	0.0013 m	0.0035 m	0.0017 m
<u>DX</u>	T01	10	-245.3918 m	-0.0090 m	-0.0126 m	0.0046 m
<u>DY</u>			-1549.4410 m	-0.0177 m	0.0105 m	0.0027 m
<u>DZ</u>			693.5323 m	0.0013 m	-0.0113 m	0.0044 m

<u>DX</u>	T01	09	-221.6374 m	0.0003 m	-0.0008 m	0.0023 m
<u>DY</u>			-1637.7165 m	-0.0007 m	0.0008 m	0.0014 m
<u>DZ</u>			728.7774 m	0.0011 m	0.0006 m	0.0021 m
<u>DX</u>	T01	08	-214.2913 m	-0.0067 m	0.0001 m	0.0033 m
<u>DY</u>			-2063.2510 m	-0.0029 m	-0.0033 m	0.0021 m
<u>DZ</u>			925.3417 m	-0.0098 m	-0.0117 m	0.0029 m
<u>DX</u>	T01	07	-112.5190 m	-0.0024 m	0.0028 m	0.0025 m
<u>DY</u>			-1495.4204 m	0.0020 m	0.0038 m	0.0015 m
<u>DZ</u>			580.5014 m	0.0037 m	0.0012 m	0.0021 m
<u>DX</u>	T01	06	-430.3847 m	0.0041 m	-0.0005 m	0.0024 m
<u>DY</u>			-1160.9735 m	0.0012 m	-0.0032 m	0.0014 m
<u>DZ</u>			756.0803 m	-0.0008 m	0.0028 m	0.0020 m
<u>DX</u>	T01	05	-347.9109 m	0.0003 m	-0.0022 m	0.0032 m
<u>DY</u>			-667.6742 m	-0.0022 m	0.0018 m	0.0019 m
<u>DZ</u>			468.9808 m	0.0018 m	0.0006 m	0.0027 m
<u>DX</u>	T01	04	-567.7367 m	-0.0035 m	-0.0028 m	0.0028 m
<u>DY</u>			-1242.4092 m	-0.0046 m	0.0026 m	0.0017 m
<u>DZ</u>			941.3184 m	-0.0007 m	-0.0044 m	0.0024 m
<u>DX</u>	T01	03	-369.5996 m	0.0068 m	0.0010 m	0.0024 m
<u>DY</u>			-1368.9645 m	0.0041 m	-0.0019 m	0.0015 m
<u>DZ</u>			782.1235 m	0.0037 m	0.0085 m	0.0020 m
<u>DX</u>	T01	02	-393.7302 m	0.0029 m	-0.0012 m	0.0024 m
<u>DY</u>			-1462.3768 m	0.0000 m	-0.0030 m	0.0015 m
<u>DZ</u>			837.7577 m	-0.0018 m	0.0010 m	0.0021 m
<u>DX</u>	06	10	184.9928 m	-0.0039 m	0.0004 m	0.0045 m
<u>DY</u>			-388.4675 m	-0.0013 m	-0.0066 m	0.0027 m
<u>DZ</u>			-62.5480 m	-0.0115 m	-0.0103 m	0.0043 m
<u>DX</u>	06	09	208.7472 m	-0.0057 m	-0.0025 m	0.0021 m
<u>DY</u>			-476.7430 m	-0.0052 m	0.0000 m	0.0013 m
<u>DZ</u>			-27.3029 m	-0.0057 m	-0.0093 m	0.0018 m
<u>DX</u>	06	07	317.8656 m	0.0004 m	-0.0020 m	0.0022 m
<u>DY</u>			-334.4469 m	-0.0020 m	0.0020 m	0.0013 m
<u>DZ</u>			-175.5789 m	0.0022 m	0.0010 m	0.0018 m
<u>DX</u>	06	05	82.4737 m	0.0086 m	-0.0008 m	0.0030 m
<u>DY</u>			493.2993 m	0.0029 m	-0.0030 m	0.0018 m
<u>DZ</u>			-287.0995 m	0.0032 m	0.0091 m	0.0026 m
<u>DX</u>	06	03	60.7850 m	-0.0004 m	0.0008 m	0.0020 m
<u>DY</u>			-207.9910 m	0.0007 m	-0.0016 m	0.0013 m
<u>DZ</u>			26.0432 m	-0.0021 m	-0.0014 m	0.0016 m
<u>DX</u>	05	10	102.5191 m	0.0186 m	-0.0055 m	0.0050 m
<u>DY</u>			-881.7668 m	0.0022 m	0.0011 m	0.0030 m
<u>DZ</u>			224.5515 m	0.0154 m	0.0236 m	0.0046 m
<u>DX</u>	05	07	235.3919 m	0.0143 m	-0.0038 m	0.0032 m
<u>DY</u>			-827.7462 m	0.0021 m	-0.0060 m	0.0019 m
<u>DZ</u>			111.5206 m	0.0033 m	0.0130 m	0.0027 m
<u>DX</u>	05	03	-21.6887 m	-0.0132 m	0.0009 m	0.0031 m
<u>DY</u>			-701.2903 m	-0.0049 m	0.0043 m	0.0019 m
<u>DZ</u>			313.1427 m	-0.0055 m	-0.0144 m	0.0026 m
<u>DX</u>	08	10	-31.1005 m	0.0138 m	-0.0041 m	0.0049 m
<u>DY</u>			513.8101 m	0.0016 m	-0.0161 m	0.0030 m
<u>DZ</u>			-231.8094 m	-0.0100 m	0.0043 m	0.0046 m
<u>DX</u>	08	09	-7.3461 m	-0.0073 m	0.0026 m	0.0032 m
<u>DY</u>			425.5345 m	-0.0004 m	0.0022 m	0.0020 m

<u>DZ</u>			-196.5644 m	-0.0025 m	-0.0070 m	0.0028 m
<u>DX</u>	08	07	101.7723 m	0.0029 m	0.0018 m	0.0033 m
<u>DY</u>			567.8307 m	0.0032 m	-0.0056 m	0.0020 m
<u>DZ</u>			-344.8403 m	-0.0041 m	0.0006 m	0.0029 m
<u>DX</u>	08	06	-216.0933 m	-0.0144 m	0.0097 m	0.0032 m
<u>DY</u>			902.2775 m	0.0042 m	0.0063 m	0.0020 m
<u>DZ</u>			-169.2614 m	-0.0010 m	-0.0096 m	0.0028 m
<u>DX</u>	08	05	-133.6196 m	0.0020 m	0.0041 m	0.0039 m
<u>DY</u>			1395.5769 m	0.0054 m	0.0006 m	0.0024 m
<u>DZ</u>			-456.3609 m	0.0039 m	0.0055 m	0.0033 m
<u>DX</u>	08	03	-155.3083 m	-0.0067 m	-0.0035 m	0.0032 m
<u>DY</u>			694.2866 m	-0.0068 m	0.0000 m	0.0020 m
<u>DZ</u>			-143.2183 m	-0.0070 m	-0.0113 m	0.0028 m
<u>DX</u>	04	10	322.3449 m	-0.0279 m	0.0023 m	0.0047 m
<u>DY</u>			-307.0318 m	-0.0098 m	0.0187 m	0.0028 m
<u>DZ</u>			-247.7861 m	0.0007 m	-0.0228 m	0.0044 m
<u>DX</u>	04	09	346.0992 m	-0.0044 m	0.0000 m	0.0026 m
<u>DY</u>			-395.3074 m	-0.0020 m	-0.0007 m	0.0015 m
<u>DZ</u>			-212.5411 m	-0.0047 m	-0.0066 m	0.0022 m
<u>DX</u>	04	08	353.4453 m	-0.0001 m	-0.0051 m	0.0034 m
<u>DY</u>			-820.8419 m	-0.0056 m	-0.0102 m	0.0022 m
<u>DZ</u>			-15.9767 m	-0.0147 m	-0.0109 m	0.0030 m
<u>DX</u>	04	07	455.2176 m	-0.0003 m	0.0010 m	0.0026 m
<u>DY</u>			-253.0112 m	0.0009 m	-0.0020 m	0.0015 m
<u>DZ</u>			-360.8170 m	-0.0024 m	-0.0014 m	0.0022 m
<u>DX</u>	04	06	137.3520 m	0.0016 m	-0.0027 m	0.0025 m
<u>DY</u>			81.4357 m	-0.0023 m	-0.0003 m	0.0016 m
<u>DZ</u>			-185.2381 m	0.0001 m	0.0005 m	0.0021 m
<u>DX</u>	04	05	219.8258 m	-0.0160 m	0.0032 m	0.0034 m
<u>DY</u>			574.7350 m	-0.0036 m	0.0087 m	0.0021 m
<u>DZ</u>			-472.3376 m	-0.0015 m	-0.0136 m	0.0028 m
<u>DX</u>	04	03	198.1370 m	-0.0105 m	-0.0009 m	0.0025 m
<u>DY</u>			-126.5553 m	-0.0056 m	0.0040 m	0.0016 m
<u>DZ</u>			-159.1950 m	-0.0042 m	-0.0119 m	0.0021 m
<u>DX</u>	T02	10	1834.1263 m	0.0074 m	0.0047 m	0.0047 m
<u>DY</u>			-1973.6155 m	0.0084 m	0.0000 m	0.0029 m
<u>DZ</u>			-1406.1187 m	0.0080 m	0.0130 m	0.0045 m
<u>DX</u>	T02	09	1857.8806 m	0.0024 m	-0.0013 m	0.0027 m
<u>DY</u>			-2061.8910 m	-0.0003 m	-0.0032 m	0.0017 m
<u>DZ</u>			-1370.8737 m	-0.0025 m	0.0001 m	0.0024 m
<u>DX</u>	T02	08	1865.2267 m	0.0391 m	-0.0105 m	0.0037 m
<u>DY</u>			-2487.4256 m	0.0058 m	-0.0041 m	0.0023 m
<u>DZ</u>			-1174.3093 m	0.0246 m	0.0451 m	0.0032 m
<u>DX</u>	T02	07	1966.9990 m	0.0064 m	-0.0039 m	0.0029 m
<u>DY</u>			-1919.5949 m	-0.0015 m	0.0001 m	0.0018 m
<u>DZ</u>			-1519.1496 m	0.0042 m	0.0067 m	0.0025 m
<u>DX</u>	T02	06	1649.1334 m	-0.0157 m	0.0021 m	0.0027 m
<u>DY</u>			-1585.1480 m	-0.0047 m	0.0092 m	0.0018 m
<u>DZ</u>			-1343.5708 m	-0.0010 m	-0.0135 m	0.0024 m
<u>DX</u>	T02	05	1731.6072 m	-0.0072 m	0.0009 m	0.0034 m
<u>DY</u>			-1091.8487 m	-0.0022 m	-0.0012 m	0.0021 m
<u>DZ</u>			-1630.6702 m	-0.0074 m	-0.0104 m	0.0029 m
<u>DX</u>	T02	04	1511.7814 m	-0.0047 m	0.0003 m	0.0031 m

<u>DY</u>			-1666.5837 m	-0.0018 m	-0.0001 m	0.0020 m
<u>DZ</u>			-1158.3326 m	-0.0040 m	-0.0064 m	0.0027 m
<u>DX</u>	T02	03	1709.9185 m	-0.0092 m	0.0014 m	0.0028 m
<u>DY</u>			-1793.1390 m	-0.0026 m	-0.0007 m	0.0018 m
<u>DZ</u>			-1317.5276 m	-0.0082 m	-0.0125 m	0.0024 m
<u>DX</u>	T02	02	1685.7879 m	-0.0096 m	0.0014 m	0.0028 m
<u>DY</u>			-1886.5513 m	-0.0027 m	0.0066 m	0.0018 m
<u>DZ</u>			-1261.8934 m	0.0007 m	-0.0073 m	0.0025 m
<u>DX</u>	11	10	-61.4314 m	-0.0028 m	-0.0039 m	0.0045 m
<u>DY</u>			49.1428 m	-0.0055 m	-0.0054 m	0.0027 m
<u>DZ</u>			18.9814 m	-0.0106 m	-0.0103 m	0.0043 m
<u>DX</u>	11	07	71.4414 m	-0.0010 m	0.0002 m	0.0022 m
<u>DY</u>			103.1634 m	-0.0002 m	0.0014 m	0.0012 m
<u>DZ</u>			-94.0496 m	0.0009 m	-0.0002 m	0.0018 m
<u>DX</u>	11	05	-163.9505 m	-0.0106 m	0.0044 m	0.0030 m
<u>DY</u>			930.9096 m	0.0001 m	0.0065 m	0.0019 m
<u>DZ</u>			-205.5702 m	0.0006 m	-0.0072 m	0.0026 m
<u>DX</u>	11	03	-185.6392 m	-0.0017 m	0.0005 m	0.0021 m
<u>DY</u>			229.6193 m	-0.0003 m	-0.0002 m	0.0014 m
<u>DZ</u>			107.5725 m	-0.0016 m	-0.0023 m	0.0017 m
<u>DX</u>	03	10	124.2078 m	-0.0035 m	0.0067 m	0.0044 m
<u>DY</u>			-180.4765 m	0.0057 m	-0.0060 m	0.0027 m
<u>DZ</u>			-88.5912 m	-0.0084 m	-0.0059 m	0.0043 m
<u>DX</u>	03	09	147.9622 m	-0.0035 m	0.0012 m	0.0020 m
<u>DY</u>			-268.7521 m	-0.0003 m	-0.0005 m	0.0013 m
<u>DZ</u>			-53.3461 m	-0.0032 m	-0.0046 m	0.0017 m
<u>DX</u>	03	07	257.0806 m	-0.0056 m	0.0004 m	0.0022 m
<u>DY</u>			-126.4559 m	-0.0020 m	0.0001 m	0.0014 m
<u>DZ</u>			-201.6221 m	-0.0045 m	-0.0074 m	0.0018 m
<u>DX</u>	09	10	-23.7544 m	0.0174 m	-0.0151 m	0.0045 m
<u>DY</u>			88.2755 m	-0.0088 m	0.0023 m	0.0027 m
<u>DZ</u>			-35.2450 m	0.0126 m	0.0174 m	0.0043 m
<u>DX</u>	09	07	109.1184 m	-0.0007 m	-0.0006 m	0.0022 m
<u>DY</u>			142.2962 m	-0.0009 m	0.0005 m	0.0013 m
<u>DZ</u>			-148.2759 m	-0.0001 m	-0.0009 m	0.0019 m
<u>DX</u>	09	05	-126.2735 m	-0.0004 m	-0.0064 m	0.0030 m
<u>DY</u>			970.0423 m	-0.0072 m	-0.0018 m	0.0018 m
<u>DZ</u>			-259.7965 m	-0.0048 m	-0.0055 m	0.0026 m

External Reliability

Station		Ext Rel [m]		Station	Target
02	Latitude	0.0013	DZ	T01	11
	Longitude	-0.0011	DY	02	07
	Height	0.0013	DZ	T01	02
03	Latitude	0.0016	DZ	T01	03
	Longitude	0.0015	DY	T01	03
	Height	0.0014	DX	06	03
04	Latitude	-0.0013	DZ	04	09
	Longitude	-0.0011	DY	04	06
	Height	0.0019	DZ	T01	04
05	Latitude	0.0018	DZ	T01	05
	Longitude	0.0015	DY	T02	05

06	Height	0.0023	DX	T01	05
	Latitude	0.0019	DZ	T01	06
	Longitude	0.0015	DY	T01	06
07	Height	0.0017	DX	T01	06
	Latitude	0.0014	DZ	T01	07
	Longitude	0.0013	DY	T01	07
08	Height	0.0020	DZ	T01	07
	Latitude	0.0019	DZ	T01	08
	Longitude	0.0017	DY	T01	08
09	Height	0.0031	DZ	T01	08
	Latitude	0.0014	DZ	T01	09
	Longitude	0.0015	DY	T01	09
10	Height	0.0016	DX	T01	09
	Latitude	0.0026	DZ	03	10
	Longitude	0.0024	DY	03	10
11	Height	0.0040	DZ	08	10
	Latitude	0.0019	DZ	T01	11
	Longitude	0.0014	DY	T01	11
T01	Height	0.0015	DX	T01	11
	Latitude	0.0000	DZ	T01	06
	Longitude	0.0000	DY	06	07
T02	Height	0.0000	DX	T01	09
	Latitude	-0.0023	DZ	T02	T01
	Longitude	-0.0025	DY	T02	T01
	Height	-0.0027	DX	T02	T01

Absolute Error Ellipses (2D - 39.4% 1D - 68.3%)

Station	A [m]	B [m]	A/B	Phi	Sd Hgt [m]
02	0.0012	0.0011	1.1	-2°	0.0031
03	0.0012	0.0011	1.1	-14°	0.0031
04	0.0015	0.0013	1.2	3°	0.0035
05	0.0016	0.0014	1.1	9°	0.0040
06	0.0012	0.0011	1.1	-6°	0.0030
07	0.0012	0.0011	1.1	-3°	0.0032
08	0.0018	0.0015	1.2	5°	0.0042
09	0.0012	0.0011	1.1	-1°	0.0030
10	0.0023	0.0019	1.2	-19°	0.0062
11	0.0011	0.0011	1.1	-10°	0.0031
T01	0.0000	0.0000	1.0	0°	0.0000
T02	0.0015	0.0013	1.2	-2°	0.0037

Relative Error Ellipses (2D - 39.4%)





Station	Station	A [m]	B [m]	A/B	Psi	Sd Hgt [m]
02	11	0.0010	0.0010	1.1	-44°	0.0026
T01	11	0.0011	0.0011	1.1	43°	0.0031
06	11	0.0011	0.0009	1.2	-87°	0.0026
08	11	0.0017	0.0015	1.2	50°	0.0041
04	11	0.0014	0.0011	1.2	-53°	0.0032
T02	T01	0.0015	0.0013	1.2	-26°	0.0037
T02	11	0.0015	0.0012	1.2	-63°	0.0036
09	11	0.0010	0.0009	1.2	-5°	0.0026
10	07	0.0023	0.0018	1.3	-19°	0.0062
02	10	0.0023	0.0018	1.2	-57°	0.0061






02	09	0.0011	0.0010	1.1	-63°	0.0025
02	08	0.0018	0.0015	1.2	83°	0.0041
02	07	0.0011	0.0009	1.2	-20°	0.0027
02	06	0.0011	0.0010	1.2	71°	0.0027
02	05	0.0016	0.0014	1.1	62°	0.0039
02	04	0.0014	0.0012	1.2	-56°	0.0031
02	03	0.0011	0.0010	1.1	30°	0.0026
T01	10	0.0023	0.0019	1.2	32°	0.0062
T01	09	0.0012	0.0011	1.1	51°	0.0030
T01	08	0.0018	0.0015	1.2	58°	0.0042
T01	07	0.0012	0.0011	1.1	53°	0.0032
T01	06	0.0012	0.0011	1.1	32°	0.0030
T01	05	0.0016	0.0014	1.1	41°	0.0040
T01	04	0.0015	0.0013	1.2	36°	0.0035
T01	03	0.0012	0.0011	1.1	30°	0.0031
T01	02	0.0012	0.0011	1.1	42°	0.0031
06	10	0.0023	0.0018	1.3	80°	0.0061
06	09	0.0011	0.0009	1.2	-89°	0.0027
06	07	0.0011	0.0009	1.2	-65°	0.0028
06	05	0.0016	0.0014	1.2	58°	0.0038
06	03	0.0011	0.0010	1.1	74°	0.0025
05	10	0.0025	0.0021	1.2	53°	0.0067
05	07	0.0016	0.0014	1.2	86°	0.0041
05	03	0.0016	0.0014	1.1	61°	0.0039
08	10	0.0026	0.0021	1.2	45°	0.0066
08	09	0.0017	0.0015	1.2	58°	0.0041
08	07	0.0018	0.0015	1.2	49°	0.0042
08	06	0.0018	0.0015	1.2	80°	0.0041
08	05	0.0021	0.0018	1.2	70°	0.0049
08	03	0.0018	0.0015	1.2	75°	0.0041
04	10	0.0024	0.0019	1.2	-71°	0.0063
04	09	0.0014	0.0011	1.2	-62°	0.0032
04	08	0.0019	0.0016	1.2	-83°	0.0044
04	07	0.0014	0.0011	1.2	-35°	0.0033
04	06	0.0014	0.0011	1.2	7°	0.0032
04	05	0.0018	0.0015	1.2	40°	0.0043
04	03	0.0014	0.0012	1.2	-48°	0.0032
T02	10	0.0024	0.0019	1.3	-76°	0.0064
T02	09	0.0015	0.0012	1.2	-67°	0.0035
T02	08	0.0020	0.0017	1.2	-65°	0.0047
T02	07	0.0015	0.0013	1.2	-59°	0.0037
T02	06	0.0015	0.0012	1.2	-55°	0.0035
T02	05	0.0018	0.0015	1.2	-38°	0.0043
T02	04	0.0017	0.0014	1.2	-60°	0.0040
T02	03	0.0015	0.0013	1.2	-66°	0.0036
T02	02	0.0015	0.0013	1.2	-61°	0.0036
11	10	0.0023	0.0018	1.3	-82°	0.0061
11	07	0.0010	0.0009	1.2	22°	0.0027
11	05	0.0016	0.0014	1.1	81°	0.0038
11	03	0.0011	0.0009	1.1	-89°	0.0027
03	10	0.0023	0.0018	1.3	-87°	0.0061
03	09	0.0010	0.0009	1.1	79°	0.0026
03	07	0.0011	0.0010	1.2	-51°	0.0028

09	10	0.0023	0.0018	1.2	48°	0.0061
09	07	0.0011	0.0009	1.2	18°	0.0028
09	05	0.0016	0.0014	1.1	76°	0.0039



Testing and Estimated Errors

Observation Tests

	Station	Target	MDB	Red	BNR	W-Test	T-Test
<u>DX</u>	02	11	0.0089 m	73	1.7	0.41	1.00
<u>DY</u>			0.0067 m	76	1.6	-1.73	
<u>DZ</u>			0.0075 m	72	1.9	0.56	
<u>DX</u>	T01	11	0.0100 m	77	1.6	-1.06	2.79 
<u>DY</u>			0.0079 m	78	1.4	2.61 	
<u>DZ</u>			0.0089 m	80	1.7	0.43	
<u>DX</u>	06	11	0.0086 m	73	1.7	-1.44	1.09
<u>DY</u>			0.0064 m	78	1.7	1.69	
<u>DZ</u>			0.0079 m	69	1.7	0.18	
<u>DX</u>	08	11	0.0147 m	80	1.5	1.32	2.67 
<u>DY</u>			0.0126 m	85	1.2	-2.76 	
<u>DZ</u>			0.0157 m	84	1.3	-0.51	
<u>DX</u>	04	11	0.0131 m	82	1.2	0.21	0.47
<u>DY</u>			0.0087 m	80	1.3	0.44	
<u>DZ</u>			0.0154 m	94	1.0	-1.07	
<u>DX</u>	T02	T01	0.0114 m	69	1.8	0.35	1.71
<u>DY</u>			0.0079 m	62	2.1	1.73	
<u>DZ</u>			0.0130 m	86	1.5	-0.66	
<u>DX</u>	T02	11	0.0155 m	86	1.1	1.06	1.66
<u>DY</u>			0.0115 m	90	1.1	-1.30	
<u>DZ</u>			0.0143 m	83	1.2	1.42	
<u>DX</u>	09	11	0.0074 m	64	2.1	-0.79	1.30
<u>DY</u>			0.0063 m	74	1.8	-0.20	
<u>DZ</u>			0.0075 m	71	1.9	-0.47	
<u>DX</u>	10	07	0.0291 m	90	0.8	-0.42	0.33
<u>DY</u>			0.0204 m	91	0.9	-0.27	
<u>DZ</u>			0.0371 m	97	0.7	0.96	
<u>DX</u>	02	10	0.0228 m	88	1.0	-1.27	0.68
<u>DY</u>			0.0188 m	88	1.0	0.97	
<u>DZ</u>			0.0263 m	94	1.0	0.66	
<u>DX</u>	02	09	0.0094 m	73	1.5	-0.18	0.34
<u>DY</u>			0.0070 m	77	1.5	0.53	
<u>DZ</u>			0.0087 m	73	1.6	0.63	
<u>DX</u>	02	08	0.0179 m	85	1.1	-1.62	1.39
<u>DY</u>			0.0120 m	85	1.2	-0.34	
<u>DZ</u>			0.0173 m	87	1.1	1.54	
<u>DX</u>	02	07	0.0079 m	62	2.2	1.59	1.36
<u>DY</u>			0.0054 m	57	2.3	0.49	
<u>DZ</u>			0.0079 m	77	1.9	-1.72	
<u>DX</u>	02	06	0.0128 m	90	1.0	-1.12	0.63
<u>DY</u>			0.0080 m	81	1.2	-0.12	
<u>DZ</u>			0.0112 m	88	1.1	0.50	
<u>DX</u>	02	05	0.0156 m	86	1.3	1.12	1.12
<u>DY</u>			0.0126 m	89	1.1	-0.92	
<u>DZ</u>			0.0132 m	80	1.4	0.42	

<u>DX</u>	02	04	0.0134 m	77	1.3	-1.58	2.36	
<u>DY</u>			0.0081 m	76	1.6	0.17		
<u>DZ</u>			0.0110 m	74	1.6	-1.10		
<u>DX</u>	02	03	0.0086 m	72	1.7	0.34	0.35	
<u>DY</u>			0.0067 m	75	1.7	0.55		
<u>DZ</u>			0.0078 m	67	1.8	-0.06		
<u>DX</u>	T01	10	0.0275 m	95	0.9	0.48	2.05	
<u>DY</u>			0.0193 m	89	0.9	-2.30		
<u>DZ</u>			0.0255 m	86	1.0	0.75		
<u>DX</u>	T01	09	0.0121 m	83	1.2	-0.01	0.11	
<u>DY</u>			0.0074 m	73	1.6	-0.50		
<u>DZ</u>			0.0105 m	82	1.3	0.40		
<u>DX</u>	T01	08	0.0198 m	84	1.1	-0.35	1.21	
<u>DY</u>			0.0126 m	84	1.2	0.36		
<u>DZ</u>			0.0160 m	78	1.4	-1.55		
<u>DX</u>	T01	07	0.0120 m	82	1.3	-1.59	1.13	
<u>DY</u>			0.0084 m	84	1.3	0.89		
<u>DZ</u>			0.0106 m	78	1.3	1.35		
<u>DX</u>	T01	06	0.0095 m	73	1.8	1.70	1.12	
<u>DY</u>			0.0079 m	80	1.4	-0.08		
<u>DZ</u>			0.0092 m	79	1.6	-1.53		
<u>DX</u>	T01	05	0.0173 m	83	1.2	0.01	0.18	
<u>DY</u>			0.0131 m	87	1.0	-0.64		
<u>DZ</u>			0.0147 m	82	1.2	0.49		
<u>DX</u>	T01	04	0.0180 m	88	0.9	-0.10	0.26	
<u>DY</u>			0.0134 m	93	0.9	-0.74		
<u>DZ</u>			0.0150 m	85	1.1	0.39		
<u>DX</u>	T01	03	0.0114 m	88	1.4	0.39	0.50	
<u>DY</u>			0.0082 m	80	1.4	0.69		
<u>DZ</u>			0.0095 m	79	1.5	-0.31		
<u>DX</u>	T01	02	0.0141 m	88	1.0	0.87	0.29	
<u>DY</u>			0.0117 m	91	0.9	-0.31		
<u>DZ</u>			0.0135 m	88	1.0	-0.77		
<u>DX</u>	06	10	0.0270 m	89	0.8	0.24	0.22	
<u>DY</u>			0.0193 m	90	0.9	0.22		
<u>DZ</u>			0.0325 m	94	0.7	-0.77		
<u>DX</u>	06	09	0.0087 m	73	1.7	0.21	2.20	
<u>DY</u>			0.0059 m	66	1.9	-2.09		
<u>DZ</u>			0.0095 m	87	1.4	0.04		
<u>DX</u>	06	07	0.0091 m	80	1.7	-0.06	0.84	
<u>DY</u>			0.0069 m	80	1.5	-1.25		
<u>DZ</u>			0.0078 m	69	1.9	1.16		
<u>DX</u>	06	05	0.0184 m	86	1.0	1.00	0.57	
<u>DY</u>			0.0106 m	79	1.4	0.37		
<u>DZ</u>			0.0157 m	87	1.1	-0.31		
<u>DX</u>	06	03	0.0085 m	66	1.8	0.04	0.72	
<u>DY</u>			0.0062 m	73	1.8	0.89		
<u>DZ</u>			0.0073 m	61	2.0	-1.32		
<u>DX</u>	05	10	0.0318 m	95	0.8	0.55	0.43	
<u>DY</u>			0.0221 m	90	0.9	-0.63		
<u>DZ</u>			0.0301 m	90	0.9	0.34		
<u>DX</u>	05	07	0.0260 m	96	0.7	1.19	0.49	
<u>DY</u>			0.0178 m	94	0.7	-0.39		

<u>DZ</u>			0.0221 m	94	0.7	-0.74		
<u>DX</u>	05	03	0.0169 m	84	1.1	-1.46	1.05	
<u>DY</u>			0.0112 m	83	1.2	-0.18		
<u>DZ</u>			0.0194 m	95	0.9	0.88		
<u>DX</u>	08	10	0.0258 m	87	1.1	2.15	2.08	⚠
<u>DY</u>			0.0198 m	89	1.1	-0.60		
<u>DZ</u>			0.0251 m	79	1.3	-2.14		⚠
<u>DX</u>	08	09	0.0173 m	88	1.2	-0.97	0.34	
<u>DY</u>			0.0143 m	88	1.0	0.38		
<u>DZ</u>			0.0156 m	86	1.3	0.54		
<u>DX</u>	08	07	0.0201 m	87	1.0	0.32	0.41	
<u>DY</u>			0.0136 m	89	1.0	0.72		
<u>DZ</u>			0.0222 m	93	0.8	-0.97		
<u>DX</u>	08	06	0.0243 m	90	0.8	-1.99	1.67	⚠
<u>DY</u>			0.0139 m	87	1.0	1.48		
<u>DZ</u>			0.0196 m	88	1.0	-0.10		
<u>DX</u>	08	05	0.0219 m	88	1.1	-0.54	0.23	
<u>DY</u>			0.0181 m	92	0.9	0.67		
<u>DZ</u>			0.0190 m	84	1.2	0.34		
<u>DX</u>	08	03	0.0187 m	89	1.1	0.31	0.58	
<u>DY</u>			0.0126 m	83	1.2	-1.09		
<u>DZ</u>			0.0187 m	91	1.0	-0.14		
<u>DX</u>	04	10	0.0257 m	91	1.0	-2.80	3.10	⚠
<u>DY</u>			0.0222 m	92	0.8	0.29		
<u>DZ</u>			0.0248 m	85	1.1	2.39		⚠
<u>DX</u>	04	09	0.0126 m	87	1.4	0.15	0.25	
<u>DY</u>			0.0087 m	80	1.4	-0.08		
<u>DZ</u>			0.0109 m	80	1.5	-0.60		
<u>DX</u>	04	08	0.0226 m	86	1.0	0.97	1.84	
<u>DY</u>			0.0144 m	87	1.1	-0.22		
<u>DZ</u>			0.0186 m	84	1.1	-2.08		⚠
<u>DX</u>	04	07	0.0147 m	85	1.1	0.18	0.23	
<u>DY</u>			0.0086 m	77	1.4	0.59		
<u>DZ</u>			0.0123 m	84	1.2	-0.73		
<u>DX</u>	04	06	0.0117 m	76	1.5	1.03	0.60	
<u>DY</u>			0.0083 m	81	1.5	-1.27		
<u>DZ</u>			0.0110 m	76	1.5	0.07		
<u>DX</u>	04	05	0.0217 m	93	1.0	-1.74	1.10	
<u>DY</u>			0.0150 m	89	1.0	0.51		
<u>DZ</u>			0.0180 m	87	1.0	1.19		
<u>DX</u>	04	03	0.0121 m	80	1.4	-1.33	1.24	
<u>DY</u>			0.0104 m	87	1.2	-0.21		
<u>DZ</u>			0.0126 m	85	1.2	0.48		
<u>DX</u>	T02	10	0.0188 m	80	1.5	-0.41	0.57	
<u>DY</u>			0.0167 m	84	1.2	1.08		
<u>DZ</u>			0.0210 m	84	1.4	0.34		
<u>DX</u>	T02	09	0.0124 m	79	1.4	1.12	0.52	
<u>DY</u>			0.0108 m	87	1.2	-0.52		
<u>DZ</u>			0.0127 m	78	1.4	-1.05		
<u>DX</u>	T02	08	0.0270 m	92	0.8	2.90	3.62	⚠
<u>DY</u>			0.0180 m	91	0.9	-1.75		⚠
<u>DZ</u>			0.0327 m	96	0.7	-0.05		
<u>DX</u>	T02	07	0.0157 m	89	1.1	0.87	0.54	

<u>DY</u>			0.0117 m	87	1.0	-1.09		
<u>DZ</u>			0.0147 m	88	1.1	0.08		
<u>DX</u>	T02	06	0.0152 m	81	1.2	-2.77		3.19 
<u>DY</u>			0.0103 m	84	1.2	-0.11		
<u>DZ</u>			0.0140 m	81	1.3	1.01		
<u>DX</u>	T02	05	0.0154 m	76	1.5	-0.63		0.92
<u>DY</u>			0.0106 m	79	1.6	0.62		
<u>DZ</u>			0.0141 m	74	1.5	-1.06		
<u>DX</u>	T02	04	0.0198 m	93	1.0	-0.09		0.08
<u>DY</u>			0.0145 m	90	0.9	0.01		
<u>DZ</u>			0.0176 m	88	1.0	-0.24		
<u>DX</u>	T02	03	0.0192 m	92	0.8	-0.57		0.49
<u>DY</u>			0.0185 m	98	0.8	0.79		
<u>DZ</u>			0.0181 m	90	0.8	-0.68		
<u>DX</u>	T02	02	0.0189 m	91	0.9	-1.39		0.85
<u>DY</u>			0.0115 m	85	1.1	-0.28		
<u>DZ</u>			0.0167 m	90	0.9	1.15		
<u>DX</u>	11	10	0.0262 m	93	0.8	0.87		0.46
<u>DY</u>			0.0182 m	88	1.0	-0.70		
<u>DZ</u>			0.0280 m	91	0.8	-0.87		
<u>DX</u>	11	07	0.0083 m	77	1.8	-0.78		0.30
<u>DY</u>			0.0055 m	58	2.1	-0.07		
<u>DZ</u>			0.0072 m	68	2.0	0.90		
<u>DX</u>	11	05	0.0203 m	86	1.0	-1.69		0.95
<u>DY</u>			0.0117 m	84	1.2	0.37		
<u>DZ</u>			0.0168 m	87	1.0	0.49		
<u>DX</u>	11	03	0.0090 m	81	1.5	-0.17		0.11
<u>DY</u>			0.0073 m	82	1.4	0.32		
<u>DZ</u>			0.0076 m	73	1.6	-0.33		
<u>DX</u>	03	10	0.0160 m	72	1.7	-0.42		1.34
<u>DY</u>			0.0137 m	78	1.5	1.80		
<u>DZ</u>			0.0200 m	88	1.4	-0.77		
<u>DX</u>	03	09	0.0082 m	73	1.9	-0.32		0.51
<u>DY</u>			0.0065 m	70	1.7	0.58		
<u>DZ</u>			0.0071 m	69	2.1	-0.67		
<u>DX</u>	03	07	0.0091 m	74	1.6	-0.78		1.04
<u>DY</u>			0.0071 m	81	1.5	0.36		
<u>DZ</u>			0.0086 m	73	1.5	-0.81		
<u>DX</u>	09	10	0.0301 m	91	0.8	1.15		1.60
<u>DY</u>			0.0251 m	94	0.7	-1.72		
<u>DZ</u>			0.0277 m	89	0.9	0.70		
<u>DX</u>	09	07	0.0105 m	78	1.3	0.02		0.05
<u>DY</u>			0.0071 m	83	1.4	-0.34		
<u>DZ</u>			0.0107 m	84	1.2	0.16		
<u>DX</u>	09	05	0.0152 m	83	1.3	1.20		1.39
<u>DY</u>			0.0118 m	84	1.1	-1.66		
<u>DZ</u>			0.0126 m	81	1.4	-0.76		

Συνόρθωση Δικτύου από Λιθάρι (T02)

Network Adjustment

www.MOVE3.com

(c) 1993-2008 Grontmij

Licensed to Leica Geosystems AG

Created: 07/23/2014 12:58:00

Project Information

Project name:	dimitris_static
Date created:	07/21/2014 10:17:04
Time zone:	3h 00'
Coordinate system name:	EGSA 87 (2)
Application software:	LEICA Geo Office 7.0
Processing kernel:	MOVE3 4.0.1

General Information

Adjustment

Type:	Minimally constrained
Dimension:	3D
Coordinate system:	WGS 1984
Height mode:	Ellipsoidal
Number of iterations:	1
Maximum coord correction in last iteration:	0.0000 m  (tolerance is met)

Stations

Number of (partly) known stations:	1
Number of unknown stations:	11
Total:	12

Observations

GPS coordinate differences:	198 (66 baselines)
Known coordinates:	3
Total:	201

Unknowns

Coordinates:	36
Total:	36

Degrees of freedom:	165
---------------------	-----

Testing

Alfa (multi dimensional):	0.6663
Alfa 0 (one dimensional):	5.0 %
Beta:	80.0 %

Sigma a-priori (GPS):	15.7	
Critical value W-test:	1.96	
Critical value T-test (2-dimensional):	2.42	
Critical value T-test (3-dimensional):	1.89	
Critical value F-test:	0.95	
F-test:	0.64	✓ (accepted)

Results based on a-posteriori variance factor

Adjustment Results

Coordinates

Station	Coordinate	Corr	Sd		
02	Easting	480757.3509 m	-1.6832 m	0.0013 m	
	Northing	4203004.5757 m	0.0258 m	0.0015 m	
	Height	202.1882 m	-9.0093 m	0.0036 m	
03	Easting	480832.8792 m	-1.6199 m	0.0013 m	
	Northing	4202923.8123 m	-1.7767 m	0.0015 m	
	Height	215.0564 m	-10.2951 m	0.0036 m	
04	Easting	481028.9855 m	-1.2726 m	0.0014 m	
	Northing	4203128.9180 m	-0.0070 m	0.0017 m	
	Height	210.3175 m	-9.1418 m	0.0040 m	
05	Easting	481464.5831 m	-0.6232 m	0.0015 m	
	Northing	4202489.4540 m	-0.1944 m	0.0018 m	
	Height	260.9989 m	-7.5452 m	0.0043 m	
06	Easting	481047.5393 m	-0.1611 m	0.0012 m	
	Northing	4202885.4139 m	0.5233 m	0.0015 m	
	Height	221.3047 m	-5.8506 m	0.0035 m	
07	Easting	480612.9497 m	-1.6833 m	0.0013 m	
	Northing	4202652.1339 m	0.0280 m	0.0015 m	
	Height	236.2568 m	-9.0110 m	0.0037 m	
08	Easting	480135.6795 m	-2.3749 m	0.0017 m	
	Northing	4203123.0817 m	-0.9635 m	0.0020 m	
	Height	194.5512 m	-6.6094 m	0.0047 m	
09	Easting	480527.2750 m	-1.3590 m	0.0012 m	
	Northing	4202865.8738 m	0.7661 m	0.0015 m	
	Height	203.5422 m	-8.7038 m	0.0035 m	
10	Easting	480617.5097 m	0.0843 m	0.0020 m	
	Northing	4202829.3661 m	1.5112 m	0.0024 m	
	Height	192.7785 m	-5.4115 m	0.0064 m	
11	Easting	480547.7104 m	-0.0046 m	0.0012 m	
	Northing	4202792.1872 m	0.0762 m	0.0015 m	
	Height	209.7950 m	-1.0650 m	0.0036 m	
T01	Easting	481933.3175 m	-0.0205 m	0.0013 m	
	Northing	4201757.4534 m	0.0264 m	0.0015 m	
	Height	435.8006 m	0.1756 m	0.0037 m	
T02	Easting	483165.8760 m	0.0000 m	-	fixed
	Northing	4204474.0990 m	0.0000 m	-	fixed
	Height	362.8920 m	0.0000 m	-	fixed

Observations and Residuals

	Station	Target	Adj obs	Resid	Resid (ENH)	Sd
<u>DX</u>	02	11	209.7697 m	0.0004 m	-0.0030 m	0.0021 m
<u>DY</u>			-136.2069 m	-0.0031 m	0.0007 m	0.0013 m
<u>DZ</u>			-163.2067 m	0.0001 m	-0.0006 m	0.0018 m
<u>DX</u>	T02	T01	2079.5181 m	0.0067 m	0.0024 m	0.0028 m
<u>DY</u>			-424.1745 m	0.0056 m	-0.0017 m	0.0018 m
<u>DZ</u>			-2099.6511 m	0.0045 m	0.0094 m	0.0026 m
<u>DX</u>	T02	11	1895.5576 m	0.0095 m	-0.0028 m	0.0027 m
<u>DY</u>			-2022.7583 m	0.0012 m	0.0019 m	0.0018 m
<u>DZ</u>			-1425.1001 m	0.0095 m	0.0131 m	0.0024 m
<u>DX</u>	04	11	383.7762 m	-0.0038 m	0.0005 m	0.0025 m
<u>DY</u>			-356.1746 m	-0.0011 m	-0.0041 m	0.0016 m
<u>DZ</u>			-266.7675 m	-0.0083 m	-0.0082 m	0.0022 m
<u>DX</u>	T01	11	-183.9605 m	0.0034 m	0.0056 m	0.0024 m
<u>DY</u>			-1598.5837 m	0.0076 m	0.0003 m	0.0014 m
<u>DZ</u>			674.5510 m	0.0053 m	0.0081 m	0.0020 m
<u>DX</u>	06	11	246.4242 m	-0.0013 m	0.0027 m	0.0020 m
<u>DY</u>			-437.6102 m	0.0023 m	0.0004 m	0.0013 m
<u>DZ</u>			-81.5293 m	0.0003 m	0.0000 m	0.0017 m
<u>DX</u>	09	11	37.6770 m	-0.0056 m	-0.0001 m	0.0020 m
<u>DY</u>			39.1328 m	-0.0026 m	0.0003 m	0.0012 m
<u>DZ</u>			-54.2264 m	-0.0044 m	-0.0076 m	0.0017 m
<u>DX</u>	08	11	30.3309 m	-0.0040 m	-0.0095 m	0.0032 m
<u>DY</u>			464.6673 m	-0.0121 m	0.0025 m	0.0020 m
<u>DZ</u>			-250.7908 m	-0.0034 m	-0.0088 m	0.0028 m
<u>DX</u>	05	10	102.5191 m	0.0186 m	-0.0055 m	0.0050 m
<u>DY</u>			-881.7668 m	0.0022 m	0.0011 m	0.0030 m
<u>DZ</u>			224.5515 m	0.0154 m	0.0236 m	0.0046 m
<u>DX</u>	05	07	235.3919 m	0.0143 m	-0.0038 m	0.0032 m
<u>DY</u>			-827.7462 m	0.0021 m	-0.0060 m	0.0019 m
<u>DZ</u>			111.5206 m	0.0033 m	0.0130 m	0.0027 m
<u>DX</u>	05	03	-21.6887 m	-0.0132 m	0.0009 m	0.0031 m
<u>DY</u>			-701.2903 m	-0.0049 m	0.0043 m	0.0019 m
<u>DZ</u>			313.1427 m	-0.0055 m	-0.0144 m	0.0026 m
<u>DX</u>	02	10	148.3384 m	-0.0118 m	0.0069 m	0.0045 m
<u>DY</u>			-87.0642 m	0.0024 m	0.0020 m	0.0027 m
<u>DZ</u>			-144.2254 m	-0.0051 m	-0.0109 m	0.0043 m
<u>DX</u>	02	09	172.0928 m	0.0012 m	0.0009 m	0.0020 m
<u>DY</u>			-175.3397 m	0.0015 m	0.0007 m	0.0012 m
<u>DZ</u>			-108.9803 m	0.0022 m	0.0027 m	0.0018 m
<u>DX</u>	02	08	179.4389 m	-0.0112 m	0.0005 m	0.0032 m
<u>DY</u>			-600.8742 m	-0.0044 m	0.0088 m	0.0020 m
<u>DZ</u>			87.5841 m	0.0018 m	-0.0084 m	0.0028 m
<u>DX</u>	02	07	281.2112 m	0.0028 m	-0.0001 m	0.0021 m
<u>DY</u>			-33.0435 m	0.0012 m	-0.0027 m	0.0012 m
<u>DZ</u>			-257.2563 m	-0.0011 m	0.0017 m	0.0019 m
<u>DX</u>	02	06	-36.6545 m	-0.0083 m	0.0012 m	0.0021 m
<u>DY</u>			301.4033 m	-0.0024 m	0.0025 m	0.0013 m
<u>DZ</u>			-81.6774 m	-0.0036 m	-0.0089 m	0.0018 m
<u>DX</u>	02	05	45.8193 m	0.0133 m	-0.0028 m	0.0031 m
<u>DY</u>			794.7026 m	0.0029 m	-0.0012 m	0.0019 m
<u>DZ</u>			-368.7769 m	0.0089 m	0.0160 m	0.0026 m

<u>DX</u>	02	04	-174.0065 m	-0.0097 m	0.0010 m	0.0025 m
<u>DY</u>			219.9677 m	-0.0031 m	0.0008 m	0.0015 m
<u>DZ</u>			103.5608 m	-0.0069 m	-0.0122 m	0.0021 m
<u>DX</u>	02	03	24.1306 m	0.0028 m	0.0008 m	0.0020 m
<u>DY</u>			93.4124 m	0.0021 m	-0.0011 m	0.0013 m
<u>DZ</u>			-55.6342 m	0.0013 m	0.0035 m	0.0017 m
<u>DX</u>	10	07	132.8728 m	0.0047 m	0.0001 m	0.0045 m
<u>DY</u>			54.0206 m	0.0022 m	0.0100 m	0.0027 m
<u>DZ</u>			-113.0309 m	0.0167 m	0.0143 m	0.0044 m
<u>DX</u>	T02	10	1834.1263 m	0.0074 m	0.0047 m	0.0047 m
<u>DY</u>			-1973.6155 m	0.0084 m	0.0000 m	0.0029 m
<u>DZ</u>			-1406.1187 m	0.0080 m	0.0130 m	0.0045 m
<u>DX</u>	T02	09	1857.8806 m	0.0024 m	-0.0013 m	0.0027 m
<u>DY</u>			-2061.8910 m	-0.0003 m	-0.0032 m	0.0017 m
<u>DZ</u>			-1370.8737 m	-0.0025 m	0.0001 m	0.0024 m
<u>DX</u>	T02	08	1865.2267 m	0.0391 m	-0.0105 m	0.0037 m
<u>DY</u>			-2487.4256 m	0.0058 m	-0.0041 m	0.0023 m
<u>DZ</u>			-1174.3093 m	0.0246 m	0.0451 m	0.0032 m
<u>DX</u>	T02	07	1966.9990 m	0.0064 m	-0.0039 m	0.0029 m
<u>DY</u>			-1919.5949 m	-0.0015 m	0.0001 m	0.0018 m
<u>DZ</u>			-1519.1496 m	0.0042 m	0.0067 m	0.0025 m
<u>DX</u>	T02	06	1649.1334 m	-0.0157 m	0.0021 m	0.0027 m
<u>DY</u>			-1585.1480 m	-0.0047 m	0.0092 m	0.0018 m
<u>DZ</u>			-1343.5708 m	-0.0010 m	-0.0135 m	0.0024 m
<u>DX</u>	T02	05	1731.6072 m	-0.0072 m	0.0009 m	0.0034 m
<u>DY</u>			-1091.8487 m	-0.0022 m	-0.0012 m	0.0021 m
<u>DZ</u>			-1630.6702 m	-0.0074 m	-0.0104 m	0.0029 m
<u>DX</u>	T02	04	1511.7814 m	-0.0047 m	0.0003 m	0.0031 m
<u>DY</u>			-1666.5837 m	-0.0018 m	-0.0001 m	0.0020 m
<u>DZ</u>			-1158.3326 m	-0.0040 m	-0.0064 m	0.0027 m
<u>DX</u>	T02	03	1709.9185 m	-0.0092 m	0.0014 m	0.0028 m
<u>DY</u>			-1793.1390 m	-0.0026 m	-0.0007 m	0.0018 m
<u>DZ</u>			-1317.5276 m	-0.0082 m	-0.0125 m	0.0024 m
<u>DX</u>	T02	02	1685.7879 m	-0.0096 m	0.0014 m	0.0028 m
<u>DY</u>			-1886.5513 m	-0.0027 m	0.0066 m	0.0018 m
<u>DZ</u>			-1261.8934 m	0.0007 m	-0.0073 m	0.0025 m
<u>DX</u>	03	10	124.2078 m	-0.0035 m	0.0067 m	0.0044 m
<u>DY</u>			-180.4765 m	0.0057 m	-0.0060 m	0.0027 m
<u>DZ</u>			-88.5912 m	-0.0084 m	-0.0059 m	0.0043 m
<u>DX</u>	03	09	147.9622 m	-0.0035 m	0.0012 m	0.0020 m
<u>DY</u>			-268.7521 m	-0.0003 m	-0.0005 m	0.0013 m
<u>DZ</u>			-53.3461 m	-0.0032 m	-0.0046 m	0.0017 m
<u>DX</u>	03	07	257.0806 m	-0.0056 m	0.0004 m	0.0022 m
<u>DY</u>			-126.4559 m	-0.0020 m	0.0001 m	0.0014 m
<u>DZ</u>			-201.6221 m	-0.0045 m	-0.0074 m	0.0018 m
<u>DX</u>	04	10	322.3449 m	-0.0279 m	0.0023 m	0.0047 m
<u>DY</u>			-307.0318 m	-0.0098 m	0.0187 m	0.0028 m
<u>DZ</u>			-247.7861 m	0.0007 m	-0.0228 m	0.0044 m
<u>DX</u>	04	09	346.0992 m	-0.0044 m	0.0000 m	0.0026 m
<u>DY</u>			-395.3074 m	-0.0020 m	-0.0007 m	0.0015 m
<u>DZ</u>			-212.5411 m	-0.0047 m	-0.0066 m	0.0022 m
<u>DX</u>	04	08	353.4453 m	-0.0001 m	-0.0051 m	0.0034 m
<u>DY</u>			-820.8419 m	-0.0056 m	-0.0102 m	0.0022 m

<u>DZ</u>			-15.9767 m	-0.0147 m	-0.0109 m	0.0030 m
<u>DX</u>	04	07	455.2176 m	-0.0003 m	0.0010 m	0.0026 m
<u>DY</u>			-253.0112 m	0.0009 m	-0.0020 m	0.0015 m
<u>DZ</u>			-360.8170 m	-0.0024 m	-0.0014 m	0.0022 m
<u>DX</u>	04	06	137.3520 m	0.0016 m	-0.0027 m	0.0025 m
<u>DY</u>			81.4357 m	-0.0023 m	-0.0003 m	0.0016 m
<u>DZ</u>			-185.2381 m	0.0001 m	0.0005 m	0.0021 m
<u>DX</u>	04	05	219.8258 m	-0.0160 m	0.0032 m	0.0034 m
<u>DY</u>			574.7350 m	-0.0036 m	0.0087 m	0.0021 m
<u>DZ</u>			-472.3376 m	-0.0015 m	-0.0136 m	0.0028 m
<u>DX</u>	04	03	198.1370 m	-0.0105 m	-0.0009 m	0.0025 m
<u>DY</u>			-126.5553 m	-0.0056 m	0.0040 m	0.0016 m
<u>DZ</u>			-159.1950 m	-0.0042 m	-0.0119 m	0.0021 m
<u>DX</u>	T01	10	-245.3918 m	-0.0090 m	-0.0126 m	0.0046 m
<u>DY</u>			-1549.4410 m	-0.0177 m	0.0105 m	0.0027 m
<u>DZ</u>			693.5323 m	0.0013 m	-0.0113 m	0.0044 m
<u>DX</u>	T01	09	-221.6374 m	0.0003 m	-0.0008 m	0.0023 m
<u>DY</u>			-1637.7165 m	-0.0007 m	0.0008 m	0.0014 m
<u>DZ</u>			728.7774 m	0.0011 m	0.0006 m	0.0021 m
<u>DX</u>	T01	08	-214.2913 m	-0.0067 m	0.0001 m	0.0033 m
<u>DY</u>			-2063.2510 m	-0.0029 m	-0.0033 m	0.0021 m
<u>DZ</u>			925.3417 m	-0.0098 m	-0.0117 m	0.0029 m
<u>DX</u>	T01	07	-112.5190 m	-0.0024 m	0.0028 m	0.0025 m
<u>DY</u>			-1495.4204 m	0.0020 m	0.0038 m	0.0015 m
<u>DZ</u>			580.5014 m	0.0037 m	0.0012 m	0.0021 m
<u>DX</u>	T01	06	-430.3847 m	0.0041 m	-0.0005 m	0.0024 m
<u>DY</u>			-1160.9735 m	0.0012 m	-0.0032 m	0.0014 m
<u>DZ</u>			756.0803 m	-0.0008 m	0.0028 m	0.0020 m
<u>DX</u>	T01	05	-347.9109 m	0.0003 m	-0.0022 m	0.0032 m
<u>DY</u>			-667.6742 m	-0.0022 m	0.0018 m	0.0019 m
<u>DZ</u>			468.9808 m	0.0018 m	0.0006 m	0.0027 m
<u>DX</u>	T01	04	-567.7367 m	-0.0035 m	-0.0028 m	0.0028 m
<u>DY</u>			-1242.4092 m	-0.0046 m	0.0026 m	0.0017 m
<u>DZ</u>			941.3184 m	-0.0007 m	-0.0044 m	0.0024 m
<u>DX</u>	T01	03	-369.5996 m	0.0068 m	0.0010 m	0.0024 m
<u>DY</u>			-1368.9645 m	0.0041 m	-0.0019 m	0.0015 m
<u>DZ</u>			782.1235 m	0.0037 m	0.0085 m	0.0020 m
<u>DX</u>	T01	02	-393.7302 m	0.0029 m	-0.0012 m	0.0024 m
<u>DY</u>			-1462.3768 m	0.0000 m	-0.0030 m	0.0015 m
<u>DZ</u>			837.7577 m	-0.0018 m	0.0010 m	0.0021 m
<u>DX</u>	11	10	-61.4314 m	-0.0028 m	-0.0039 m	0.0045 m
<u>DY</u>			49.1428 m	-0.0055 m	-0.0054 m	0.0027 m
<u>DZ</u>			18.9814 m	-0.0106 m	-0.0103 m	0.0043 m
<u>DX</u>	11	07	71.4414 m	-0.0010 m	0.0002 m	0.0022 m
<u>DY</u>			103.1634 m	-0.0002 m	0.0014 m	0.0012 m
<u>DZ</u>			-94.0496 m	0.0009 m	-0.0002 m	0.0018 m
<u>DX</u>	11	05	-163.9505 m	-0.0106 m	0.0044 m	0.0030 m
<u>DY</u>			930.9096 m	0.0001 m	0.0065 m	0.0019 m
<u>DZ</u>			-205.5702 m	0.0006 m	-0.0072 m	0.0026 m
<u>DX</u>	11	03	-185.6392 m	-0.0017 m	0.0005 m	0.0021 m
<u>DY</u>			229.6193 m	-0.0003 m	-0.0002 m	0.0014 m
<u>DZ</u>			107.5725 m	-0.0016 m	-0.0023 m	0.0017 m
<u>DX</u>	06	10	184.9928 m	-0.0039 m	0.0004 m	0.0045 m

<u>DY</u>			-388.4675 m	-0.0013 m	-0.0066 m	0.0027 m
<u>DZ</u>			-62.5480 m	-0.0115 m	-0.0103 m	0.0043 m
<u>DX</u>	06	09	208.7472 m	-0.0057 m	-0.0025 m	0.0021 m
<u>DY</u>			-476.7430 m	-0.0052 m	0.0000 m	0.0013 m
<u>DZ</u>			-27.3029 m	-0.0057 m	-0.0093 m	0.0018 m
<u>DX</u>	06	07	317.8656 m	0.0004 m	-0.0020 m	0.0022 m
<u>DY</u>			-334.4469 m	-0.0020 m	0.0020 m	0.0013 m
<u>DZ</u>			-175.5789 m	0.0022 m	0.0010 m	0.0018 m
<u>DX</u>	06	05	82.4737 m	0.0086 m	-0.0008 m	0.0030 m
<u>DY</u>			493.2993 m	0.0029 m	-0.0030 m	0.0018 m
<u>DZ</u>			-287.0995 m	0.0032 m	0.0091 m	0.0026 m
<u>DX</u>	06	03	60.7850 m	-0.0004 m	0.0008 m	0.0020 m
<u>DY</u>			-207.9910 m	0.0007 m	-0.0016 m	0.0013 m
<u>DZ</u>			26.0432 m	-0.0021 m	-0.0014 m	0.0016 m
<u>DX</u>	09	10	-23.7544 m	0.0174 m	-0.0151 m	0.0045 m
<u>DY</u>			88.2755 m	-0.0088 m	0.0023 m	0.0027 m
<u>DZ</u>			-35.2450 m	0.0126 m	0.0174 m	0.0043 m
<u>DX</u>	09	07	109.1184 m	-0.0007 m	-0.0006 m	0.0022 m
<u>DY</u>			142.2962 m	-0.0009 m	0.0005 m	0.0013 m
<u>DZ</u>			-148.2759 m	-0.0001 m	-0.0009 m	0.0019 m
<u>DX</u>	09	05	-126.2735 m	-0.0004 m	-0.0064 m	0.0030 m
<u>DY</u>			970.0423 m	-0.0072 m	-0.0018 m	0.0018 m
<u>DZ</u>			-259.7965 m	-0.0048 m	-0.0055 m	0.0026 m
<u>DX</u>	08	10	-31.1005 m	0.0138 m	-0.0041 m	0.0049 m
<u>DY</u>			513.8101 m	0.0016 m	-0.0161 m	0.0030 m
<u>DZ</u>			-231.8094 m	-0.0100 m	0.0043 m	0.0046 m
<u>DX</u>	08	09	-7.3461 m	-0.0073 m	0.0026 m	0.0032 m
<u>DY</u>			425.5345 m	-0.0004 m	0.0022 m	0.0020 m
<u>DZ</u>			-196.5644 m	-0.0025 m	-0.0070 m	0.0028 m
<u>DX</u>	08	07	101.7723 m	0.0029 m	0.0018 m	0.0033 m
<u>DY</u>			567.8307 m	0.0032 m	-0.0056 m	0.0020 m
<u>DZ</u>			-344.8403 m	-0.0041 m	0.0006 m	0.0029 m
<u>DX</u>	08	06	-216.0933 m	-0.0144 m	0.0097 m	0.0032 m
<u>DY</u>			902.2775 m	0.0042 m	0.0063 m	0.0020 m
<u>DZ</u>			-169.2614 m	-0.0010 m	-0.0096 m	0.0028 m
<u>DX</u>	08	05	-133.6196 m	0.0020 m	0.0041 m	0.0039 m
<u>DY</u>			1395.5769 m	0.0054 m	0.0006 m	0.0024 m
<u>DZ</u>			-456.3609 m	0.0039 m	0.0055 m	0.0033 m
<u>DX</u>	08	03	-155.3083 m	-0.0067 m	-0.0035 m	0.0032 m
<u>DY</u>			694.2866 m	-0.0068 m	0.0000 m	0.0020 m
<u>DZ</u>			-143.2183 m	-0.0070 m	-0.0113 m	0.0028 m

External Reliability

Station		Ext Rel [m]		Station	Target
02	Latitude	0.0016	DZ	T02	T01
	Longitude	0.0016	DY	T02	T01
	Height	0.0020	DX	T02	06
03	Latitude	0.0016	DZ	T02	T01
	Longitude	0.0016	DY	T02	T01
	Height	0.0021	DX	T02	06
04	Latitude	0.0016	DZ	T02	04
	Longitude	0.0016	DY	T02	T01

05	Height	0.0021	DX	T02	06
	Latitude	0.0024	DZ	T02	05
	Longitude	0.0024	DY	T02	05
06	Height	0.0029	DX	T02	05
	Latitude	0.0016	DZ	T02	T01
	Longitude	0.0016	DY	T02	T01
07	Height	0.0028	DX	T02	06
	Latitude	0.0017	DZ	T02	07
	Longitude	0.0016	DY	T02	T01
08	Height	0.0020	DX	T02	06
	Latitude	-0.0018	DZ	08	09
	Longitude	0.0016	DY	T02	T01
09	Height	0.0022	DZ	T01	08
	Latitude	0.0018	DZ	T02	09
	Longitude	0.0016	DY	T02	T01
10	Height	0.0021	DZ	T02	09
	Latitude	0.0032	DZ	T02	10
	Longitude	0.0024	DY	T02	10
11	Height	0.0039	DZ	08	10
	Latitude	0.0016	DZ	T02	T01
	Longitude	0.0016	DY	T02	T01
T01	Height	0.0020	DX	T02	06
	Latitude	0.0023	DZ	T02	T01
	Longitude	0.0025	DY	T02	T01
T02	Height	0.0027	DX	T02	T01
	Latitude	0.0000	DZ	T02	T01
	Longitude	0.0000	DY	T02	T01
	Height	0.0000	DZ	T02	09

Absolute Error Ellipses (2D - 39.4% 1D - 68.3%)

Station	A [m]	B [m]	A/B	Phi	Sd Hgt [m]
02	0.0015	0.0013	1.2	-3°	0.0036
03	0.0015	0.0013	1.2	-9°	0.0036
04	0.0017	0.0014	1.2	-3°	0.0040
05	0.0018	0.0015	1.2	2°	0.0043
06	0.0015	0.0012	1.2	-2°	0.0035
07	0.0015	0.0013	1.2	-4°	0.0037
08	0.0020	0.0017	1.2	0°	0.0047
09	0.0015	0.0012	1.2	-8°	0.0035
10	0.0024	0.0019	1.3	-19°	0.0064
11	0.0015	0.0012	1.2	-6°	0.0036
T01	0.0015	0.0013	1.2	-2°	0.0037
T02	0.0000	0.0000	1.0	0°	0.0000

Relative Error Ellipses (2D - 39.4%)





Station	Station	A [m]	B [m]	A/B	Psi	Sd Hgt [m]
02	11	0.0010	0.0010	1.1	-44°	0.0026
T02	T01	0.0015	0.0013	1.2	-26°	0.0037
T02	11	0.0015	0.0012	1.2	-63°	0.0036
04	11	0.0014	0.0011	1.2	-53°	0.0032
T01	11	0.0011	0.0011	1.1	43°	0.0031
06	11	0.0011	0.0009	1.2	-87°	0.0026

09	11	0.0010	0.0009	1.2	-5°	0.0026
08	11	0.0017	0.0015	1.2	50°	0.0041
05	10	0.0025	0.0021	1.2	53°	0.0067
05	07	0.0016	0.0014	1.2	86°	0.0041
05	03	0.0016	0.0014	1.1	61°	0.0039
02	10	0.0023	0.0018	1.2	-57°	0.0061
02	09	0.0011	0.0010	1.1	-63°	0.0025
02	08	0.0018	0.0015	1.2	83°	0.0041
02	07	0.0011	0.0009	1.2	-20°	0.0027
02	06	0.0011	0.0010	1.2	71°	0.0027
02	05	0.0016	0.0014	1.1	62°	0.0039
02	04	0.0014	0.0012	1.2	-56°	0.0031
02	03	0.0011	0.0010	1.1	30°	0.0026
10	07	0.0023	0.0018	1.3	-19°	0.0062
T02	10	0.0024	0.0019	1.3	-76°	0.0064
T02	09	0.0015	0.0012	1.2	-67°	0.0035
T02	08	0.0020	0.0017	1.2	-65°	0.0047
T02	07	0.0015	0.0013	1.2	-59°	0.0037
T02	06	0.0015	0.0012	1.2	-55°	0.0035
T02	05	0.0018	0.0015	1.2	-38°	0.0043
T02	04	0.0017	0.0014	1.2	-60°	0.0040
T02	03	0.0015	0.0013	1.2	-66°	0.0036
T02	02	0.0015	0.0013	1.2	-61°	0.0036
03	10	0.0023	0.0018	1.3	-87°	0.0061
03	09	0.0010	0.0009	1.1	79°	0.0026
03	07	0.0011	0.0010	1.2	-51°	0.0028
04	10	0.0024	0.0019	1.2	-71°	0.0063
04	09	0.0014	0.0011	1.2	-62°	0.0032
04	08	0.0019	0.0016	1.2	-83°	0.0044
04	07	0.0014	0.0011	1.2	-35°	0.0033
04	06	0.0014	0.0011	1.2	7°	0.0032
04	05	0.0018	0.0015	1.2	40°	0.0043
04	03	0.0014	0.0012	1.2	-48°	0.0032
T01	10	0.0023	0.0019	1.2	32°	0.0062
T01	09	0.0012	0.0011	1.1	51°	0.0030
T01	08	0.0018	0.0015	1.2	58°	0.0042
T01	07	0.0012	0.0011	1.1	53°	0.0032
T01	06	0.0012	0.0011	1.1	32°	0.0030
T01	05	0.0016	0.0014	1.1	41°	0.0040
T01	04	0.0015	0.0013	1.2	36°	0.0035
T01	03	0.0012	0.0011	1.1	30°	0.0031
T01	02	0.0012	0.0011	1.1	42°	0.0031
11	10	0.0023	0.0018	1.3	-82°	0.0061
11	07	0.0010	0.0009	1.2	22°	0.0027
11	05	0.0016	0.0014	1.1	81°	0.0038
11	03	0.0011	0.0009	1.1	-89°	0.0027
06	10	0.0023	0.0018	1.3	80°	0.0061
06	09	0.0011	0.0009	1.2	-89°	0.0027
06	07	0.0011	0.0009	1.2	-65°	0.0028
06	05	0.0016	0.0014	1.2	58°	0.0038
06	03	0.0011	0.0010	1.1	74°	0.0025
09	10	0.0023	0.0018	1.2	48°	0.0061
09	07	0.0011	0.0009	1.2	18°	0.0028

09	05	0.0016	0.0014	1.1	76°	0.0039
08	10	0.0026	0.0021	1.2	45°	0.0066
08	09	0.0017	0.0015	1.2	58°	0.0041
08	07	0.0018	0.0015	1.2	49°	0.0042
08	06	0.0018	0.0015	1.2	80°	0.0041
08	05	0.0021	0.0018	1.2	70°	0.0049
08	03	0.0018	0.0015	1.2	75°	0.0041






Testing and Estimated Errors

Observation Tests

	Station	Target	MDB	Red	BNR	W-Test	T-Test
<u>DX</u>	02	11	0.0089 m	73	1.7	0.41	1.00
<u>DY</u>			0.0067 m	76	1.6	-1.73	
<u>DZ</u>			0.0075 m	72	1.9	0.56	
<u>DX</u>	T02	T01	0.0114 m	69	1.8	0.35	1.71
<u>DY</u>			0.0079 m	62	2.1	1.73	
<u>DZ</u>			0.0130 m	86	1.5	-0.66	
<u>DX</u>	T02	11	0.0155 m	86	1.1	1.06	1.66
<u>DY</u>			0.0115 m	90	1.1	-1.30	
<u>DZ</u>			0.0143 m	83	1.2	1.42	
<u>DX</u>	04	11	0.0131 m	82	1.2	0.21	0.47
<u>DY</u>			0.0087 m	80	1.3	0.44	
<u>DZ</u>			0.0154 m	94	1.0	-1.07	
<u>DX</u>	T01	11	0.0100 m	77	1.6	-1.06	2.79 
<u>DY</u>			0.0079 m	78	1.4	2.61 	
<u>DZ</u>			0.0089 m	80	1.7	0.43	
<u>DX</u>	06	11	0.0086 m	73	1.7	-1.44	1.09
<u>DY</u>			0.0064 m	78	1.7	1.69	
<u>DZ</u>			0.0079 m	69	1.7	0.18	
<u>DX</u>	09	11	0.0074 m	64	2.1	-0.79	1.30
<u>DY</u>			0.0063 m	74	1.8	-0.20	
<u>DZ</u>			0.0075 m	71	1.9	-0.47	
<u>DX</u>	08	11	0.0147 m	80	1.5	1.32	2.67 
<u>DY</u>			0.0126 m	85	1.2	-2.76 	
<u>DZ</u>			0.0157 m	84	1.3	-0.51	
<u>DX</u>	05	10	0.0318 m	95	0.8	0.55	0.43
<u>DY</u>			0.0221 m	90	0.9	-0.63	
<u>DZ</u>			0.0301 m	90	0.9	0.34	
<u>DX</u>	05	07	0.0260 m	96	0.7	1.19	0.49
<u>DY</u>			0.0178 m	94	0.7	-0.39	
<u>DZ</u>			0.0221 m	94	0.7	-0.74	
<u>DX</u>	05	03	0.0169 m	84	1.1	-1.46	1.05
<u>DY</u>			0.0112 m	83	1.2	-0.18	
<u>DZ</u>			0.0194 m	95	0.9	0.88	
<u>DX</u>	02	10	0.0228 m	88	1.0	-1.27	0.68
<u>DY</u>			0.0188 m	88	1.0	0.97	
<u>DZ</u>			0.0263 m	94	1.0	0.66	
<u>DX</u>	02	09	0.0094 m	73	1.5	-0.18	0.34
<u>DY</u>			0.0070 m	77	1.5	0.53	
<u>DZ</u>			0.0087 m	73	1.6	0.63	
<u>DX</u>	02	08	0.0179 m	85	1.1	-1.62	1.39
<u>DY</u>			0.0120 m	85	1.2	-0.34	

<u>DZ</u>			0.0173 m	87	1.1	1.54		
<u>DX</u>	02	07	0.0079 m	62	2.2	1.59	1.36	
<u>DY</u>			0.0054 m	57	2.3	0.49		
<u>DZ</u>			0.0079 m	77	1.9	-1.72		
<u>DX</u>	02	06	0.0128 m	90	1.0	-1.12	0.63	
<u>DY</u>			0.0080 m	81	1.2	-0.12		
<u>DZ</u>			0.0112 m	88	1.1	0.50		
<u>DX</u>	02	05	0.0156 m	86	1.3	1.12	1.12	
<u>DY</u>			0.0126 m	89	1.1	-0.92		
<u>DZ</u>			0.0132 m	80	1.4	0.42		
<u>DX</u>	02	04	0.0134 m	77	1.3	-1.58	2.36	⚠
<u>DY</u>			0.0081 m	76	1.6	0.17		
<u>DZ</u>			0.0110 m	74	1.6	-1.10		
<u>DX</u>	02	03	0.0086 m	72	1.7	0.34	0.35	
<u>DY</u>			0.0067 m	75	1.7	0.55		
<u>DZ</u>			0.0078 m	67	1.8	-0.06		
<u>DX</u>	10	07	0.0291 m	90	0.8	-0.42	0.33	
<u>DY</u>			0.0204 m	91	0.9	-0.27		
<u>DZ</u>			0.0371 m	97	0.7	0.96		
<u>DX</u>	T02	10	0.0188 m	80	1.5	-0.41	0.57	
<u>DY</u>			0.0167 m	84	1.2	1.08		
<u>DZ</u>			0.0210 m	84	1.4	0.34		
<u>DX</u>	T02	09	0.0124 m	79	1.4	1.12	0.52	
<u>DY</u>			0.0108 m	87	1.2	-0.52		
<u>DZ</u>			0.0127 m	78	1.4	-1.05		
<u>DX</u>	T02	08	0.0270 m	92	0.8	2.90	3.62	⚠
<u>DY</u>			0.0180 m	91	0.9	-1.75		⚠
<u>DZ</u>			0.0327 m	96	0.7	-0.05		
<u>DX</u>	T02	07	0.0157 m	89	1.1	0.87	0.54	
<u>DY</u>			0.0117 m	87	1.0	-1.09		
<u>DZ</u>			0.0147 m	88	1.1	0.08		
<u>DX</u>	T02	06	0.0152 m	81	1.2	-2.77	3.19	⚠
<u>DY</u>			0.0103 m	84	1.2	-0.11		⚠
<u>DZ</u>			0.0140 m	81	1.3	1.01		
<u>DX</u>	T02	05	0.0154 m	76	1.5	-0.63	0.92	
<u>DY</u>			0.0106 m	79	1.6	0.62		
<u>DZ</u>			0.0141 m	74	1.5	-1.06		
<u>DX</u>	T02	04	0.0198 m	93	1.0	-0.09	0.08	
<u>DY</u>			0.0145 m	90	0.9	0.01		
<u>DZ</u>			0.0176 m	88	1.0	-0.24		
<u>DX</u>	T02	03	0.0192 m	92	0.8	-0.57	0.49	
<u>DY</u>			0.0185 m	98	0.8	0.79		
<u>DZ</u>			0.0181 m	90	0.8	-0.68		
<u>DX</u>	T02	02	0.0189 m	91	0.9	-1.39	0.85	
<u>DY</u>			0.0115 m	85	1.1	-0.28		
<u>DZ</u>			0.0167 m	90	0.9	1.15		
<u>DX</u>	03	10	0.0160 m	72	1.7	-0.42	1.34	
<u>DY</u>			0.0137 m	78	1.5	1.80		
<u>DZ</u>			0.0200 m	88	1.4	-0.77		
<u>DX</u>	03	09	0.0082 m	73	1.9	-0.32	0.51	
<u>DY</u>			0.0065 m	70	1.7	0.58		
<u>DZ</u>			0.0071 m	69	2.1	-0.67		
<u>DX</u>	03	07	0.0091 m	74	1.6	-0.78	1.04	

<u>DY</u>			0.0071 m	81	1.5	0.36		
<u>DZ</u>			0.0086 m	73	1.5	-0.81		
<u>DX</u>	04	10	0.0257 m	91	1.0	-2.80	⚠ 3.10	⚠
<u>DY</u>			0.0222 m	92	0.8	0.29		
<u>DZ</u>			0.0248 m	85	1.1	2.39	⚠	
<u>DX</u>	04	09	0.0126 m	87	1.4	0.15	0.25	
<u>DY</u>			0.0087 m	80	1.4	-0.08		
<u>DZ</u>			0.0109 m	80	1.5	-0.60		
<u>DX</u>	04	08	0.0226 m	86	1.0	0.97	1.84	
<u>DY</u>			0.0144 m	87	1.1	-0.22		
<u>DZ</u>			0.0186 m	84	1.1	-2.08	⚠	
<u>DX</u>	04	07	0.0147 m	85	1.1	0.18	0.23	
<u>DY</u>			0.0086 m	77	1.4	0.59		
<u>DZ</u>			0.0123 m	84	1.2	-0.73		
<u>DX</u>	04	06	0.0117 m	76	1.5	1.03	0.60	
<u>DY</u>			0.0083 m	81	1.5	-1.27		
<u>DZ</u>			0.0110 m	76	1.5	0.07		
<u>DX</u>	04	05	0.0217 m	93	1.0	-1.74	1.10	
<u>DY</u>			0.0150 m	89	1.0	0.51		
<u>DZ</u>			0.0180 m	87	1.0	1.19		
<u>DX</u>	04	03	0.0121 m	80	1.4	-1.33	1.24	
<u>DY</u>			0.0104 m	87	1.2	-0.21		
<u>DZ</u>			0.0126 m	85	1.2	0.48		
<u>DX</u>	T01	10	0.0275 m	95	0.9	0.48	2.05	⚠
<u>DY</u>			0.0193 m	89	0.9	-2.30	⚠	
<u>DZ</u>			0.0255 m	86	1.0	0.75		
<u>DX</u>	T01	09	0.0121 m	83	1.2	-0.01	0.11	
<u>DY</u>			0.0074 m	73	1.6	-0.50		
<u>DZ</u>			0.0105 m	82	1.3	0.40		
<u>DX</u>	T01	08	0.0198 m	84	1.1	-0.35	1.21	
<u>DY</u>			0.0126 m	84	1.2	0.36		
<u>DZ</u>			0.0160 m	78	1.4	-1.55		
<u>DX</u>	T01	07	0.0120 m	82	1.3	-1.59	1.13	
<u>DY</u>			0.0084 m	84	1.3	0.89		
<u>DZ</u>			0.0106 m	78	1.3	1.35		
<u>DX</u>	T01	06	0.0095 m	73	1.8	1.70	1.12	
<u>DY</u>			0.0079 m	80	1.4	-0.08		
<u>DZ</u>			0.0092 m	79	1.6	-1.53		
<u>DX</u>	T01	05	0.0173 m	83	1.2	0.01	0.18	
<u>DY</u>			0.0131 m	87	1.0	-0.64		
<u>DZ</u>			0.0147 m	82	1.2	0.49		
<u>DX</u>	T01	04	0.0180 m	88	0.9	-0.10	0.26	
<u>DY</u>			0.0134 m	93	0.9	-0.74		
<u>DZ</u>			0.0150 m	85	1.1	0.39		
<u>DX</u>	T01	03	0.0114 m	88	1.4	0.39	0.50	
<u>DY</u>			0.0082 m	80	1.4	0.69		
<u>DZ</u>			0.0095 m	79	1.5	-0.31		
<u>DX</u>	T01	02	0.0141 m	88	1.0	0.87	0.29	
<u>DY</u>			0.0117 m	91	0.9	-0.31		
<u>DZ</u>			0.0135 m	88	1.0	-0.77		
<u>DX</u>	11	10	0.0262 m	93	0.8	0.87	0.46	
<u>DY</u>			0.0182 m	88	1.0	-0.70		
<u>DZ</u>			0.0280 m	91	0.8	-0.87		

<u>DX</u>	11	07	0.0083 m	77	1.8	-0.78	0.30	
<u>DY</u>			0.0055 m	58	2.1	-0.07		
<u>DZ</u>			0.0072 m	68	2.0	0.90		
<u>DX</u>	11	05	0.0203 m	86	1.0	-1.69	0.95	
<u>DY</u>			0.0117 m	84	1.2	0.37		
<u>DZ</u>			0.0168 m	87	1.0	0.49		
<u>DX</u>	11	03	0.0090 m	81	1.5	-0.17	0.11	
<u>DY</u>			0.0073 m	82	1.4	0.32		
<u>DZ</u>			0.0076 m	73	1.6	-0.33		
<u>DX</u>	06	10	0.0270 m	89	0.8	0.24	0.22	
<u>DY</u>			0.0193 m	90	0.9	0.22		
<u>DZ</u>			0.0325 m	94	0.7	-0.77		
<u>DX</u>	06	09	0.0087 m	73	1.7	0.21	2.20	
<u>DY</u>			0.0059 m	66	1.9	-2.09		
<u>DZ</u>			0.0095 m	87	1.4	0.04		
<u>DX</u>	06	07	0.0091 m	80	1.7	-0.06	0.84	
<u>DY</u>			0.0069 m	80	1.5	-1.25		
<u>DZ</u>			0.0078 m	69	1.9	1.16		
<u>DX</u>	06	05	0.0184 m	86	1.0	1.00	0.57	
<u>DY</u>			0.0106 m	79	1.4	0.37		
<u>DZ</u>			0.0157 m	87	1.1	-0.31		
<u>DX</u>	06	03	0.0085 m	66	1.8	0.04	0.72	
<u>DY</u>			0.0062 m	73	1.8	0.89		
<u>DZ</u>			0.0073 m	61	2.0	-1.32		
<u>DX</u>	09	10	0.0301 m	91	0.8	1.15	1.60	
<u>DY</u>			0.0251 m	94	0.7	-1.72		
<u>DZ</u>			0.0277 m	89	0.9	0.70		
<u>DX</u>	09	07	0.0105 m	78	1.3	0.02	0.05	
<u>DY</u>			0.0071 m	83	1.4	-0.34		
<u>DZ</u>			0.0107 m	84	1.2	0.16		
<u>DX</u>	09	05	0.0152 m	83	1.3	1.20	1.39	
<u>DY</u>			0.0118 m	84	1.1	-1.66		
<u>DZ</u>			0.0126 m	81	1.4	-0.76		
<u>DX</u>	08	10	0.0258 m	87	1.1	2.15	2.08	
<u>DY</u>			0.0198 m	89	1.1	-0.60		
<u>DZ</u>			0.0251 m	79	1.3	-2.14		
<u>DX</u>	08	09	0.0173 m	88	1.2	-0.97	0.34	
<u>DY</u>			0.0143 m	88	1.0	0.38		
<u>DZ</u>			0.0156 m	86	1.3	0.54		
<u>DX</u>	08	07	0.0201 m	87	1.0	0.32	0.41	
<u>DY</u>			0.0136 m	89	1.0	0.72		
<u>DZ</u>			0.0222 m	93	0.8	-0.97		
<u>DX</u>	08	06	0.0243 m	90	0.8	-1.99	1.67	
<u>DY</u>			0.0139 m	87	1.0	1.48		
<u>DZ</u>			0.0196 m	88	1.0	-0.10		
<u>DX</u>	08	05	0.0219 m	88	1.1	-0.54	0.23	
<u>DY</u>			0.0181 m	92	0.9	0.67		
<u>DZ</u>			0.0190 m	84	1.2	0.34		
<u>DX</u>	08	03	0.0187 m	89	1.1	0.31	0.58	
<u>DY</u>			0.0126 m	83	1.2	-1.09		
<u>DZ</u>			0.0187 m	91	1.0	-0.14		

Συνόρθωση Δικτύου από Λαμπαδάριο (11)

www.MOVE3.com

(c) 1993-2008 Grontmij

Licensed to Leica Geosystems AG

Created: 09/23/2014 12:42:37

Project Information

Project name:	dimitris_static
Date created:	07/21/2014 10:17:04
Time zone:	3h 00'
Coordinate system name:	EGSA 87 (2)
Application software:	LEICA Geo Office 7.0
Processing kernel:	MOVE3 4.0.1

General Information

	Adjustment
Type:	Minimally constrained
Dimension:	3D
Coordinate system:	WGS 1984
Height mode:	Ellipsoidal
Number of iterations:	1
Maximum coord correction in last iteration:	0.0000 m (tolerance is met)

	Stations
Number of (partly) known stations:	1
Number of unknown stations:	11
Total:	12

	Observations
GPS coordinate differences:	198 (66 baselines)
Known coordinates:	3
Total:	201

	Unknowns
Coordinates:	36
Total:	36
Degrees of freedom:	165

	Testing
Alfa (multi dimensional):	0.6663
Alfa 0 (one dimensional):	5.0 %
Beta:	80.0 %
Sigma a-priori (GPS):	15.7

Critical value W-test:	1.96	
Critical value T-test (2-dimensional):	2.42	
Critical value T-test (3-dimensional):	1.89	
Critical value F-test:	0.95	
F-test:	0.64	(accepted)

Results based on a-posteriori variance factor

Adjustment Results

Coordinates

	Station	Coordinate	Corr	Sd	
02	Easting	480757.3555 m	-1.6786 m	0.0010 m	
	Northing	4203004.4995 m	-0.0504 m	0.0010 m	
	Height	203.0542 m	-8.1433 m	0.0026 m	
03	Easting	480832.8838 m	-1.6153 m	0.0010 m	
	Northing	4202923.7361 m	-1.8529 m	0.0010 m	
	Height	215.9224 m	-9.4291 m	0.0027 m	
04	Easting	481028.9900 m	-1.2681 m	0.0011 m	
	Northing	4203128.8418 m	-0.0832 m	0.0014 m	
	Height	211.1835 m	-8.2758 m	0.0032 m	
05	Easting	481464.5875 m	-0.6187 m	0.0014 m	
	Northing	4202489.3779 m	-0.2705 m	0.0016 m	
	Height	261.8649 m	-6.6792 m	0.0038 m	
06	Easting	481047.5438 m	-0.1565 m	0.0009 m	
	Northing	4202885.3377 m	0.4472 m	0.0011 m	
	Height	222.1707 m	-4.9846 m	0.0026 m	
07	Easting	480612.9543 m	-0.5181 m	0.0009 m	
	Northing	4202652.0577 m	-1.5119 m	0.0010 m	
	Height	237.1228 m	-7.2962 m	0.0027 m	
08	Easting	480135.6841 m	-2.3702 m	0.0015 m	
	Northing	4203123.0055 m	-1.0397 m	0.0017 m	
	Height	195.4172 m	-5.7434 m	0.0041 m	
09	Easting	480527.2796 m	-1.3544 m	0.0009 m	
	Northing	4202865.7976 m	0.6899 m	0.0010 m	
	Height	204.4082 m	-7.8378 m	0.0026 m	
10	Easting	480617.5143 m	0.0889 m	0.0019 m	
	Northing	4202829.2899 m	1.4350 m	0.0022 m	
	Height	193.6445 m	-4.5455 m	0.0061 m	
11	Easting	480547.7150 m	0.0000 m	-	fixed
	Northing	4202792.1110 m	0.0000 m	-	fixed
	Height	210.6610 m	0.0000 m	-	fixed
T01	Easting	481933.3219 m	-1.5733 m	0.0011 m	
	Northing	4201757.3774 m	-0.0612 m	0.0011 m	
	Height	436.6666 m	-7.4534 m	0.0031 m	
T02	Easting	483165.8802 m	-0.0716 m	0.0012 m	
	Northing	4204474.0226 m	-2.8104 m	0.0015 m	
	Height	363.7580 m	-10.1178 m	0.0036 m	

Observations and Residuals

Station	Target	Adj obs	Resid	Resid (ENH)	Sd
---------	--------	---------	-------	-------------	----

<u>DX</u>	T01	11	-183.9605 m	0.0034 m	0.0056 m	0.0024 m
<u>DY</u>			-1598.5837 m	0.0076 m	0.0003 m	0.0014 m
<u>DZ</u>			674.5510 m	0.0053 m	0.0081 m	0.0020 m
<u>DX</u>	T02	11	1895.5576 m	0.0095 m	-0.0028 m	0.0027 m
<u>DY</u>			-2022.7583 m	0.0012 m	0.0019 m	0.0018 m
<u>DZ</u>			-1425.1001 m	0.0095 m	0.0131 m	0.0024 m
<u>DX</u>	06	11	246.4242 m	-0.0013 m	0.0027 m	0.0020 m
<u>DY</u>			-437.6102 m	0.0023 m	0.0004 m	0.0013 m
<u>DZ</u>			-81.5293 m	0.0003 m	0.0000 m	0.0017 m
<u>DX</u>	09	11	37.6770 m	-0.0056 m	-0.0001 m	0.0020 m
<u>DY</u>			39.1328 m	-0.0026 m	0.0003 m	0.0012 m
<u>DZ</u>			-54.2264 m	-0.0044 m	-0.0076 m	0.0017 m
<u>DX</u>	08	11	30.3309 m	-0.0040 m	-0.0095 m	0.0032 m
<u>DY</u>			464.6673 m	-0.0121 m	0.0025 m	0.0020 m
<u>DZ</u>			-250.7908 m	-0.0034 m	-0.0088 m	0.0028 m
<u>DX</u>	04	11	383.7762 m	-0.0038 m	0.0005 m	0.0025 m
<u>DY</u>			-356.1746 m	-0.0011 m	-0.0041 m	0.0016 m
<u>DZ</u>			-266.7675 m	-0.0083 m	-0.0082 m	0.0022 m
<u>DX</u>	02	11	209.7697 m	0.0004 m	-0.0030 m	0.0021 m
<u>DY</u>			-136.2069 m	-0.0031 m	0.0007 m	0.0013 m
<u>DZ</u>			-163.2067 m	0.0001 m	-0.0006 m	0.0018 m
<u>DX</u>	11	10	-61.4314 m	-0.0028 m	-0.0039 m	0.0045 m
<u>DY</u>			49.1428 m	-0.0055 m	-0.0054 m	0.0027 m
<u>DZ</u>			18.9814 m	-0.0106 m	-0.0103 m	0.0043 m
<u>DX</u>	11	07	71.4414 m	-0.0010 m	0.0002 m	0.0022 m
<u>DY</u>			103.1634 m	-0.0002 m	0.0014 m	0.0012 m
<u>DZ</u>			-94.0496 m	0.0009 m	-0.0002 m	0.0018 m
<u>DX</u>	11	05	-163.9505 m	-0.0106 m	0.0044 m	0.0030 m
<u>DY</u>			930.9096 m	0.0001 m	0.0065 m	0.0019 m
<u>DZ</u>			-205.5702 m	0.0006 m	-0.0072 m	0.0026 m
<u>DX</u>	11	03	-185.6392 m	-0.0017 m	0.0005 m	0.0021 m
<u>DY</u>			229.6193 m	-0.0003 m	-0.0002 m	0.0014 m
<u>DZ</u>			107.5725 m	-0.0016 m	-0.0023 m	0.0017 m
<u>DX</u>	T01	10	-245.3918 m	-0.0090 m	-0.0126 m	0.0046 m
<u>DY</u>			-1549.4410 m	-0.0177 m	0.0105 m	0.0027 m
<u>DZ</u>			693.5323 m	0.0013 m	-0.0113 m	0.0044 m
<u>DX</u>	T01	09	-221.6374 m	0.0003 m	-0.0008 m	0.0023 m
<u>DY</u>			-1637.7165 m	-0.0007 m	0.0008 m	0.0014 m
<u>DZ</u>			728.7774 m	0.0011 m	0.0006 m	0.0021 m
<u>DX</u>	T01	08	-214.2913 m	-0.0067 m	0.0001 m	0.0033 m
<u>DY</u>			-2063.2510 m	-0.0029 m	-0.0033 m	0.0021 m
<u>DZ</u>			925.3417 m	-0.0098 m	-0.0117 m	0.0029 m
<u>DX</u>	T01	07	-112.5190 m	-0.0024 m	0.0028 m	0.0025 m
<u>DY</u>			-1495.4204 m	0.0020 m	0.0038 m	0.0015 m
<u>DZ</u>			580.5014 m	0.0037 m	0.0012 m	0.0021 m
<u>DX</u>	T01	06	-430.3847 m	0.0041 m	-0.0005 m	0.0024 m
<u>DY</u>			-1160.9735 m	0.0012 m	-0.0032 m	0.0014 m
<u>DZ</u>			756.0803 m	-0.0008 m	0.0028 m	0.0020 m
<u>DX</u>	T01	05	-347.9109 m	0.0003 m	-0.0022 m	0.0032 m
<u>DY</u>			-667.6742 m	-0.0022 m	0.0018 m	0.0019 m
<u>DZ</u>			468.9808 m	0.0018 m	0.0006 m	0.0027 m
<u>DX</u>	T01	04	-567.7367 m	-0.0035 m	-0.0028 m	0.0028 m
<u>DY</u>			-1242.4092 m	-0.0046 m	0.0026 m	0.0017 m

<u>DZ</u>			941.3184 m	-0.0007 m	-0.0044 m	0.0024 m
<u>DX</u>	T01	03	-369.5996 m	0.0068 m	0.0010 m	0.0024 m
<u>DY</u>			-1368.9645 m	0.0041 m	-0.0019 m	0.0015 m
<u>DZ</u>			782.1235 m	0.0037 m	0.0085 m	0.0020 m
<u>DX</u>	T01	02	-393.7302 m	0.0029 m	-0.0012 m	0.0024 m
<u>DY</u>			-1462.3768 m	0.0000 m	-0.0030 m	0.0015 m
<u>DZ</u>			837.7577 m	-0.0018 m	0.0010 m	0.0021 m
<u>DX</u>	05	10	102.5191 m	0.0186 m	-0.0055 m	0.0050 m
<u>DY</u>			-881.7668 m	0.0022 m	0.0011 m	0.0030 m
<u>DZ</u>			224.5515 m	0.0154 m	0.0236 m	0.0046 m
<u>DX</u>	05	07	235.3919 m	0.0143 m	-0.0038 m	0.0032 m
<u>DY</u>			-827.7462 m	0.0021 m	-0.0060 m	0.0019 m
<u>DZ</u>			111.5206 m	0.0033 m	0.0130 m	0.0027 m
<u>DX</u>	05	03	-21.6887 m	-0.0132 m	0.0009 m	0.0031 m
<u>DY</u>			-701.2903 m	-0.0049 m	0.0043 m	0.0019 m
<u>DZ</u>			313.1427 m	-0.0055 m	-0.0144 m	0.0026 m
<u>DX</u>	10	07	132.8728 m	0.0047 m	0.0001 m	0.0045 m
<u>DY</u>			54.0206 m	0.0022 m	0.0100 m	0.0027 m
<u>DZ</u>			-113.0309 m	0.0167 m	0.0143 m	0.0044 m
<u>DX</u>	T02	T01	2079.5181 m	0.0067 m	0.0024 m	0.0028 m
<u>DY</u>			-424.1745 m	0.0056 m	-0.0017 m	0.0018 m
<u>DZ</u>			-2099.6511 m	0.0045 m	0.0094 m	0.0026 m
<u>DX</u>	T02	10	1834.1263 m	0.0074 m	0.0047 m	0.0047 m
<u>DY</u>			-1973.6155 m	0.0084 m	0.0000 m	0.0029 m
<u>DZ</u>			-1406.1187 m	0.0080 m	0.0130 m	0.0045 m
<u>DX</u>	T02	09	1857.8806 m	0.0024 m	-0.0013 m	0.0027 m
<u>DY</u>			-2061.8910 m	-0.0003 m	-0.0032 m	0.0017 m
<u>DZ</u>			-1370.8737 m	-0.0025 m	0.0001 m	0.0024 m
<u>DX</u>	T02	08	1865.2267 m	0.0391 m	-0.0105 m	0.0037 m
<u>DY</u>			-2487.4256 m	0.0058 m	-0.0041 m	0.0023 m
<u>DZ</u>			-1174.3093 m	0.0246 m	0.0451 m	0.0032 m
<u>DX</u>	T02	07	1966.9990 m	0.0064 m	-0.0039 m	0.0029 m
<u>DY</u>			-1919.5949 m	-0.0015 m	0.0001 m	0.0018 m
<u>DZ</u>			-1519.1496 m	0.0042 m	0.0067 m	0.0025 m
<u>DX</u>	T02	06	1649.1334 m	-0.0157 m	0.0021 m	0.0027 m
<u>DY</u>			-1585.1480 m	-0.0047 m	0.0092 m	0.0018 m
<u>DZ</u>			-1343.5708 m	-0.0010 m	-0.0135 m	0.0024 m
<u>DX</u>	T02	05	1731.6072 m	-0.0072 m	0.0009 m	0.0034 m
<u>DY</u>			-1091.8487 m	-0.0022 m	-0.0012 m	0.0021 m
<u>DZ</u>			-1630.6702 m	-0.0074 m	-0.0104 m	0.0029 m
<u>DX</u>	T02	04	1511.7814 m	-0.0047 m	0.0003 m	0.0031 m
<u>DY</u>			-1666.5837 m	-0.0018 m	-0.0001 m	0.0020 m
<u>DZ</u>			-1158.3326 m	-0.0040 m	-0.0064 m	0.0027 m
<u>DX</u>	T02	03	1709.9185 m	-0.0092 m	0.0014 m	0.0028 m
<u>DY</u>			-1793.1390 m	-0.0026 m	-0.0007 m	0.0018 m
<u>DZ</u>			-1317.5276 m	-0.0082 m	-0.0125 m	0.0024 m
<u>DX</u>	T02	02	1685.7879 m	-0.0096 m	0.0014 m	0.0028 m
<u>DY</u>			-1886.5513 m	-0.0027 m	0.0066 m	0.0018 m
<u>DZ</u>			-1261.8934 m	0.0007 m	-0.0073 m	0.0025 m
<u>DX</u>	03	10	124.2078 m	-0.0035 m	0.0067 m	0.0044 m
<u>DY</u>			-180.4765 m	0.0057 m	-0.0060 m	0.0027 m
<u>DZ</u>			-88.5912 m	-0.0084 m	-0.0059 m	0.0043 m
<u>DX</u>	03	09	147.9622 m	-0.0035 m	0.0012 m	0.0020 m

<u>DY</u>			-268.7521 m	-0.0003 m	-0.0005 m	0.0013 m
<u>DZ</u>			-53.3461 m	-0.0032 m	-0.0046 m	0.0017 m
<u>DX</u>	03	07	257.0806 m	-0.0056 m	0.0004 m	0.0022 m
<u>DY</u>			-126.4559 m	-0.0020 m	0.0001 m	0.0014 m
<u>DZ</u>			-201.6221 m	-0.0045 m	-0.0074 m	0.0018 m
<u>DX</u>	06	10	184.9928 m	-0.0039 m	0.0004 m	0.0045 m
<u>DY</u>			-388.4675 m	-0.0013 m	-0.0066 m	0.0027 m
<u>DZ</u>			-62.5480 m	-0.0115 m	-0.0103 m	0.0043 m
<u>DX</u>	06	09	208.7472 m	-0.0057 m	-0.0025 m	0.0021 m
<u>DY</u>			-476.7430 m	-0.0052 m	0.0000 m	0.0013 m
<u>DZ</u>			-27.3029 m	-0.0057 m	-0.0093 m	0.0018 m
<u>DX</u>	06	07	317.8656 m	0.0004 m	-0.0020 m	0.0022 m
<u>DY</u>			-334.4469 m	-0.0020 m	0.0020 m	0.0013 m
<u>DZ</u>			-175.5789 m	0.0022 m	0.0010 m	0.0018 m
<u>DX</u>	06	05	82.4737 m	0.0086 m	-0.0008 m	0.0030 m
<u>DY</u>			493.2993 m	0.0029 m	-0.0030 m	0.0018 m
<u>DZ</u>			-287.0995 m	0.0032 m	0.0091 m	0.0026 m
<u>DX</u>	06	03	60.7850 m	-0.0004 m	0.0008 m	0.0020 m
<u>DY</u>			-207.9910 m	0.0007 m	-0.0016 m	0.0013 m
<u>DZ</u>			26.0432 m	-0.0021 m	-0.0014 m	0.0016 m
<u>DX</u>	09	10	-23.7544 m	0.0174 m	-0.0151 m	0.0045 m
<u>DY</u>			88.2755 m	-0.0088 m	0.0023 m	0.0027 m
<u>DZ</u>			-35.2450 m	0.0126 m	0.0174 m	0.0043 m
<u>DX</u>	09	07	109.1184 m	-0.0007 m	-0.0006 m	0.0022 m
<u>DY</u>			142.2962 m	-0.0009 m	0.0005 m	0.0013 m
<u>DZ</u>			-148.2759 m	-0.0001 m	-0.0009 m	0.0019 m
<u>DX</u>	09	05	-126.2735 m	-0.0004 m	-0.0064 m	0.0030 m
<u>DY</u>			970.0423 m	-0.0072 m	-0.0018 m	0.0018 m
<u>DZ</u>			-259.7965 m	-0.0048 m	-0.0055 m	0.0026 m
<u>DX</u>	08	10	-31.1005 m	0.0138 m	-0.0041 m	0.0049 m
<u>DY</u>			513.8101 m	0.0016 m	-0.0161 m	0.0030 m
<u>DZ</u>			-231.8094 m	-0.0100 m	0.0043 m	0.0046 m
<u>DX</u>	08	09	-7.3461 m	-0.0073 m	0.0026 m	0.0032 m
<u>DY</u>			425.5345 m	-0.0004 m	0.0022 m	0.0020 m
<u>DZ</u>			-196.5644 m	-0.0025 m	-0.0070 m	0.0028 m
<u>DX</u>	08	07	101.7723 m	0.0029 m	0.0018 m	0.0033 m
<u>DY</u>			567.8307 m	0.0032 m	-0.0056 m	0.0020 m
<u>DZ</u>			-344.8403 m	-0.0041 m	0.0006 m	0.0029 m
<u>DX</u>	08	06	-216.0933 m	-0.0144 m	0.0097 m	0.0032 m
<u>DY</u>			902.2775 m	0.0042 m	0.0063 m	0.0020 m
<u>DZ</u>			-169.2614 m	-0.0010 m	-0.0096 m	0.0028 m
<u>DX</u>	08	05	-133.6196 m	0.0020 m	0.0041 m	0.0039 m
<u>DY</u>			1395.5769 m	0.0054 m	0.0006 m	0.0024 m
<u>DZ</u>			-456.3609 m	0.0039 m	0.0055 m	0.0033 m
<u>DX</u>	08	03	-155.3083 m	-0.0067 m	-0.0035 m	0.0032 m
<u>DY</u>			694.2866 m	-0.0068 m	0.0000 m	0.0020 m
<u>DZ</u>			-143.2183 m	-0.0070 m	-0.0113 m	0.0028 m
<u>DX</u>	04	10	322.3449 m	-0.0279 m	0.0023 m	0.0047 m
<u>DY</u>			-307.0318 m	-0.0098 m	0.0187 m	0.0028 m
<u>DZ</u>			-247.7861 m	0.0007 m	-0.0228 m	0.0044 m
<u>DX</u>	04	09	346.0992 m	-0.0044 m	0.0000 m	0.0026 m
<u>DY</u>			-395.3074 m	-0.0020 m	-0.0007 m	0.0015 m
<u>DZ</u>			-212.5411 m	-0.0047 m	-0.0066 m	0.0022 m

<u>DX</u>	04	08	353.4453 m	-0.0001 m	-0.0051 m	0.0034 m
<u>DY</u>			-820.8419 m	-0.0056 m	-0.0102 m	0.0022 m
<u>DZ</u>			-15.9767 m	-0.0147 m	-0.0109 m	0.0030 m
<u>DX</u>	04	07	455.2176 m	-0.0003 m	0.0010 m	0.0026 m
<u>DY</u>			-253.0112 m	0.0009 m	-0.0020 m	0.0015 m
<u>DZ</u>			-360.8170 m	-0.0024 m	-0.0014 m	0.0022 m
<u>DX</u>	04	06	137.3520 m	0.0016 m	-0.0027 m	0.0025 m
<u>DY</u>			81.4357 m	-0.0023 m	-0.0003 m	0.0016 m
<u>DZ</u>			-185.2381 m	0.0001 m	0.0005 m	0.0021 m
<u>DX</u>	04	05	219.8258 m	-0.0160 m	0.0032 m	0.0034 m
<u>DY</u>			574.7350 m	-0.0036 m	0.0087 m	0.0021 m
<u>DZ</u>			-472.3376 m	-0.0015 m	-0.0136 m	0.0028 m
<u>DX</u>	04	03	198.1370 m	-0.0105 m	-0.0009 m	0.0025 m
<u>DY</u>			-126.5553 m	-0.0056 m	0.0040 m	0.0016 m
<u>DZ</u>			-159.1950 m	-0.0042 m	-0.0119 m	0.0021 m
<u>DX</u>	02	10	148.3384 m	-0.0118 m	0.0069 m	0.0045 m
<u>DY</u>			-87.0642 m	0.0024 m	0.0020 m	0.0027 m
<u>DZ</u>			-144.2254 m	-0.0051 m	-0.0109 m	0.0043 m
<u>DX</u>	02	09	172.0928 m	0.0012 m	0.0009 m	0.0020 m
<u>DY</u>			-175.3397 m	0.0015 m	0.0007 m	0.0012 m
<u>DZ</u>			-108.9803 m	0.0022 m	0.0027 m	0.0018 m
<u>DX</u>	02	08	179.4389 m	-0.0112 m	0.0005 m	0.0032 m
<u>DY</u>			-600.8742 m	-0.0044 m	0.0088 m	0.0020 m
<u>DZ</u>			87.5841 m	0.0018 m	-0.0084 m	0.0028 m
<u>DX</u>	02	07	281.2112 m	0.0028 m	-0.0001 m	0.0021 m
<u>DY</u>			-33.0435 m	0.0012 m	-0.0027 m	0.0012 m
<u>DZ</u>			-257.2563 m	-0.0011 m	0.0017 m	0.0019 m
<u>DX</u>	02	06	-36.6545 m	-0.0083 m	0.0012 m	0.0021 m
<u>DY</u>			301.4033 m	-0.0024 m	0.0025 m	0.0013 m
<u>DZ</u>			-81.6774 m	-0.0036 m	-0.0089 m	0.0018 m
<u>DX</u>	02	05	45.8193 m	0.0133 m	-0.0028 m	0.0031 m
<u>DY</u>			794.7026 m	0.0029 m	-0.0012 m	0.0019 m
<u>DZ</u>			-368.7769 m	0.0089 m	0.0160 m	0.0026 m
<u>DX</u>	02	04	-174.0065 m	-0.0097 m	0.0010 m	0.0025 m
<u>DY</u>			219.9677 m	-0.0031 m	0.0008 m	0.0015 m
<u>DZ</u>			103.5608 m	-0.0069 m	-0.0122 m	0.0021 m
<u>DX</u>	02	03	24.1306 m	0.0028 m	0.0008 m	0.0020 m
<u>DY</u>			93.4124 m	0.0021 m	-0.0011 m	0.0013 m
<u>DZ</u>			-55.6342 m	0.0013 m	0.0035 m	0.0017 m

External Reliability

Station		Ext Rel [m]		Station	Target
02	Latitude	-0.0018	DZ	02	11
	Longitude	-0.0013	DY	02	11
	Height	-0.0017	DX	02	11
03	Latitude	0.0015	DZ	11	03
	Longitude	0.0013	DY	11	03
	Height	0.0014	DZ	11	03
04	Latitude	-0.0014	DZ	04	11
	Longitude	-0.0015	DY	04	11
	Height	0.0019	DX	02	04
05	Latitude	0.0017	DZ	09	05

	Longitude	0.0014	DY	11	05
	Height	0.0028	DX	11	05
06	Latitude	-0.0015	DZ	06	11
	Longitude	-0.0015	DY	06	11
	Height	-0.0021	DZ	06	11
07	Latitude	0.0019	DZ	11	07
	Longitude	0.0018	DY	11	07
	Height	0.0016	DY	11	07
08	Latitude	-0.0020	DZ	08	11
	Longitude	-0.0018	DY	08	11
	Height	0.0021	DZ	T01	08
09	Latitude	-0.0017	DZ	09	11
	Longitude	-0.0016	DY	09	11
	Height	-0.0018	DX	09	11
10	Latitude	0.0027	DZ	03	10
	Longitude	0.0024	DY	03	10
	Height	0.0039	DZ	08	10
11	Latitude	0.0000	DX	02	11
	Longitude	0.0000	DY	09	11
	Height	0.0000	DX	02	09
T01	Latitude	-0.0019	DZ	T01	11
	Longitude	-0.0014	DY	T01	11
	Height	-0.0015	DX	T01	11
T02	Latitude	-0.0016	DZ	T02	T01
	Longitude	-0.0016	DY	T02	T01
	Height	-0.0020	DX	T02	06

Absolute Error Ellipses (2D - 39.4% 1D - 68.3%)

Station	A [m]	B [m]	A/B	Phi	Sd Hgt [m]
02	0.0010	0.0010	1.1	1°	0.0026
03	0.0011	0.0009	1.1	-24°	0.0027
04	0.0014	0.0011	1.2	2°	0.0032
05	0.0016	0.0014	1.1	9°	0.0038
06	0.0011	0.0009	1.2	-8°	0.0026
07	0.0010	0.0009	1.2	-3°	0.0027
08	0.0017	0.0015	1.2	-1°	0.0041
09	0.0010	0.0009	1.2	-21°	0.0026
10	0.0023	0.0018	1.3	-20°	0.0061
11	0.0000	0.0000	1.0	0°	0.0000
T01	0.0011	0.0011	1.1	-10°	0.0031
T02	0.0015	0.0012	1.2	-6°	0.0036

Relative Error Ellipses (2D - 39.4%)

Station	Station	A [m]	B [m]	A/B	Psi	Sd Hgt [m]
T01	11	0.0011	0.0011	1.1	43°	0.0031
T02	11	0.0015	0.0012	1.2	-63°	0.0036
06	11	0.0011	0.0009	1.2	-87°	0.0026
09	11	0.0010	0.0009	1.2	-5°	0.0026
08	11	0.0017	0.0015	1.2	50°	0.0041
04	11	0.0014	0.0011	1.2	-53°	0.0032
02	11	0.0010	0.0010	1.1	-44°	0.0026

11	10	0.0023	0.0018	1.3	-82°	0.0061
11	07	0.0010	0.0009	1.2	22°	0.0027
11	05	0.0016	0.0014	1.1	81°	0.0038
11	03	0.0011	0.0009	1.1	-89°	0.0027
T01	10	0.0023	0.0019	1.2	32°	0.0062
T01	09	0.0012	0.0011	1.1	51°	0.0030
T01	08	0.0018	0.0015	1.2	58°	0.0042
T01	07	0.0012	0.0011	1.1	53°	0.0032
T01	06	0.0012	0.0011	1.1	32°	0.0030
T01	05	0.0016	0.0014	1.1	41°	0.0040
T01	04	0.0015	0.0013	1.2	36°	0.0035
T01	03	0.0012	0.0011	1.1	30°	0.0031
T01	02	0.0012	0.0011	1.1	42°	0.0031
05	10	0.0025	0.0021	1.2	53°	0.0067
05	07	0.0016	0.0014	1.2	86°	0.0041
05	03	0.0016	0.0014	1.1	61°	0.0039
10	07	0.0023	0.0018	1.3	-19°	0.0062
T02	T01	0.0015	0.0013	1.2	-26°	0.0037
T02	10	0.0024	0.0019	1.3	-76°	0.0064
T02	09	0.0015	0.0012	1.2	-67°	0.0035
T02	08	0.0020	0.0017	1.2	-65°	0.0047
T02	07	0.0015	0.0013	1.2	-59°	0.0037
T02	06	0.0015	0.0012	1.2	-55°	0.0035
T02	05	0.0018	0.0015	1.2	-38°	0.0043
T02	04	0.0017	0.0014	1.2	-60°	0.0040
T02	03	0.0015	0.0013	1.2	-66°	0.0036
T02	02	0.0015	0.0013	1.2	-61°	0.0036
03	10	0.0023	0.0018	1.3	-87°	0.0061
03	09	0.0010	0.0009	1.1	79°	0.0026
03	07	0.0011	0.0010	1.2	-51°	0.0028
06	10	0.0023	0.0018	1.3	80°	0.0061
06	09	0.0011	0.0009	1.2	-89°	0.0027
06	07	0.0011	0.0009	1.2	-65°	0.0028
06	05	0.0016	0.0014	1.2	58°	0.0038
06	03	0.0011	0.0010	1.1	74°	0.0025
09	10	0.0023	0.0018	1.2	48°	0.0061
09	07	0.0011	0.0009	1.2	18°	0.0028
09	05	0.0016	0.0014	1.1	76°	0.0039
08	10	0.0026	0.0021	1.2	45°	0.0066
08	09	0.0017	0.0015	1.2	58°	0.0041
08	07	0.0018	0.0015	1.2	49°	0.0042
08	06	0.0018	0.0015	1.2	80°	0.0041
08	05	0.0021	0.0018	1.2	70°	0.0049
08	03	0.0018	0.0015	1.2	75°	0.0041
04	10	0.0024	0.0019	1.2	-71°	0.0063
04	09	0.0014	0.0011	1.2	-62°	0.0032
04	08	0.0019	0.0016	1.2	-83°	0.0044
04	07	0.0014	0.0011	1.2	-35°	0.0033
04	06	0.0014	0.0011	1.2	7°	0.0032
04	05	0.0018	0.0015	1.2	40°	0.0043
04	03	0.0014	0.0012	1.2	-48°	0.0032
02	10	0.0023	0.0018	1.2	-57°	0.0061
02	09	0.0011	0.0010	1.1	-63°	0.0025

02	08	0.0018	0.0015	1.2	83°	0.0041
02	07	0.0011	0.0009	1.2	-20°	0.0027
02	06	0.0011	0.0010	1.2	71°	0.0027
02	05	0.0016	0.0014	1.1	62°	0.0039
02	04	0.0014	0.0012	1.2	-56°	0.0031
02	03	0.0011	0.0010	1.1	30°	0.0026

Testing and Estimated Errors

Observation Tests

	Station	Target	MDB	Red	BNR	W-Test	T-Test
<u>DX</u>	T01	11	0.0100 m	77	1.6	-1.06	2.79
<u>DY</u>			0.0079 m	78	1.4	2.61	
<u>DZ</u>			0.0089 m	80	1.7	0.43	
<u>DX</u>	T02	11	0.0155 m	86	1.1	1.06	1.66
<u>DY</u>			0.0115 m	90	1.1	-1.30	
<u>DZ</u>			0.0143 m	83	1.2	1.42	
<u>DX</u>	06	11	0.0086 m	73	1.7	-1.44	1.09
<u>DY</u>			0.0064 m	78	1.7	1.69	
<u>DZ</u>			0.0079 m	69	1.7	0.18	
<u>DX</u>	09	11	0.0074 m	64	2.1	-0.79	1.30
<u>DY</u>			0.0063 m	74	1.8	-0.20	
<u>DZ</u>			0.0075 m	71	1.9	-0.47	
<u>DX</u>	08	11	0.0147 m	80	1.5	1.32	2.67
<u>DY</u>			0.0126 m	85	1.2	-2.76	
<u>DZ</u>			0.0157 m	84	1.3	-0.51	
<u>DX</u>	04	11	0.0131 m	82	1.2	0.21	0.47
<u>DY</u>			0.0087 m	80	1.3	0.44	
<u>DZ</u>			0.0154 m	94	1.0	-1.07	
<u>DX</u>	02	11	0.0089 m	73	1.7	0.41	1.00
<u>DY</u>			0.0067 m	76	1.6	-1.73	
<u>DZ</u>			0.0075 m	72	1.9	0.56	
<u>DX</u>	11	10	0.0262 m	93	0.8	0.87	0.46
<u>DY</u>			0.0182 m	88	1.0	-0.70	
<u>DZ</u>			0.0280 m	91	0.8	-0.87	
<u>DX</u>	11	07	0.0083 m	77	1.8	-0.78	0.30
<u>DY</u>			0.0055 m	58	2.1	-0.07	
<u>DZ</u>			0.0072 m	68	2.0	0.90	
<u>DX</u>	11	05	0.0203 m	86	1.0	-1.69	0.95
<u>DY</u>			0.0117 m	84	1.2	0.37	
<u>DZ</u>			0.0168 m	87	1.0	0.49	
<u>DX</u>	11	03	0.0090 m	81	1.5	-0.17	0.11
<u>DY</u>			0.0073 m	82	1.4	0.32	
<u>DZ</u>			0.0076 m	73	1.6	-0.33	
<u>DX</u>	T01	10	0.0275 m	95	0.9	0.48	2.05
<u>DY</u>			0.0193 m	89	0.9	-2.30	
<u>DZ</u>			0.0255 m	86	1.0	0.75	
<u>DX</u>	T01	09	0.0121 m	83	1.2	-0.01	0.11
<u>DY</u>			0.0074 m	73	1.6	-0.50	
<u>DZ</u>			0.0105 m	82	1.3	0.40	
<u>DX</u>	T01	08	0.0198 m	84	1.1	-0.35	1.21
<u>DY</u>			0.0126 m	84	1.2	0.36	

<u>DZ</u>			0.0160 m	78	1.4	-1.55	
<u>DX</u>	T01	07	0.0120 m	82	1.3	-1.59	1.13
<u>DY</u>			0.0084 m	84	1.3	0.89	
<u>DZ</u>			0.0106 m	78	1.3	1.35	
<u>DX</u>	T01	06	0.0095 m	73	1.8	1.70	1.12
<u>DY</u>			0.0079 m	80	1.4	-0.08	
<u>DZ</u>			0.0092 m	79	1.6	-1.53	
<u>DX</u>	T01	05	0.0173 m	83	1.2	0.01	0.18
<u>DY</u>			0.0131 m	87	1.0	-0.64	
<u>DZ</u>			0.0147 m	82	1.2	0.49	
<u>DX</u>	T01	04	0.0180 m	88	0.9	-0.10	0.26
<u>DY</u>			0.0134 m	93	0.9	-0.74	
<u>DZ</u>			0.0150 m	85	1.1	0.39	
<u>DX</u>	T01	03	0.0114 m	88	1.4	0.39	0.50
<u>DY</u>			0.0082 m	80	1.4	0.69	
<u>DZ</u>			0.0095 m	79	1.5	-0.31	
<u>DX</u>	T01	02	0.0141 m	88	1.0	0.87	0.29
<u>DY</u>			0.0117 m	91	0.9	-0.31	
<u>DZ</u>			0.0135 m	88	1.0	-0.77	
<u>DX</u>	05	10	0.0318 m	95	0.8	0.55	0.43
<u>DY</u>			0.0221 m	90	0.9	-0.63	
<u>DZ</u>			0.0301 m	90	0.9	0.34	
<u>DX</u>	05	07	0.0260 m	96	0.7	1.19	0.49
<u>DY</u>			0.0178 m	94	0.7	-0.39	
<u>DZ</u>			0.0221 m	94	0.7	-0.74	
<u>DX</u>	05	03	0.0169 m	84	1.1	-1.46	1.05
<u>DY</u>			0.0112 m	83	1.2	-0.18	
<u>DZ</u>			0.0194 m	95	0.9	0.88	
<u>DX</u>	10	07	0.0291 m	90	0.8	-0.42	0.33
<u>DY</u>			0.0204 m	91	0.9	-0.27	
<u>DZ</u>			0.0371 m	97	0.7	0.96	
<u>DX</u>	T02	T01	0.0114 m	69	1.8	0.35	1.71
<u>DY</u>			0.0079 m	62	2.1	1.73	
<u>DZ</u>			0.0130 m	86	1.5	-0.66	
<u>DX</u>	T02	10	0.0188 m	80	1.5	-0.41	0.57
<u>DY</u>			0.0167 m	84	1.2	1.08	
<u>DZ</u>			0.0210 m	84	1.4	0.34	
<u>DX</u>	T02	09	0.0124 m	79	1.4	1.12	0.52
<u>DY</u>			0.0108 m	87	1.2	-0.52	
<u>DZ</u>			0.0127 m	78	1.4	-1.05	
<u>DX</u>	T02	08	0.0270 m	92	0.8	2.90	3.62
<u>DY</u>			0.0180 m	91	0.9	-1.75	
<u>DZ</u>			0.0327 m	96	0.7	-0.05	
<u>DX</u>	T02	07	0.0157 m	89	1.1	0.87	0.54
<u>DY</u>			0.0117 m	87	1.0	-1.09	
<u>DZ</u>			0.0147 m	88	1.1	0.08	
<u>DX</u>	T02	06	0.0152 m	81	1.2	-2.77	3.19
<u>DY</u>			0.0103 m	84	1.2	-0.11	
<u>DZ</u>			0.0140 m	81	1.3	1.01	
<u>DX</u>	T02	05	0.0154 m	76	1.5	-0.63	0.92
<u>DY</u>			0.0106 m	79	1.6	0.62	
<u>DZ</u>			0.0141 m	74	1.5	-1.06	
<u>DX</u>	T02	04	0.0198 m	93	1.0	-0.09	0.08

<u>DY</u>			0.0145 m	90	0.9	0.01	
<u>DZ</u>			0.0176 m	88	1.0	-0.24	
<u>DX</u>	T02	03	0.0192 m	92	0.8	-0.57	0.49
<u>DY</u>			0.0185 m	98	0.8	0.79	
<u>DZ</u>			0.0181 m	90	0.8	-0.68	
<u>DX</u>	T02	02	0.0189 m	91	0.9	-1.39	0.85
<u>DY</u>			0.0115 m	85	1.1	-0.28	
<u>DZ</u>			0.0167 m	90	0.9	1.15	
<u>DX</u>	03	10	0.0160 m	72	1.7	-0.42	1.34
<u>DY</u>			0.0137 m	78	1.5	1.80	
<u>DZ</u>			0.0200 m	88	1.4	-0.77	
<u>DX</u>	03	09	0.0082 m	73	1.9	-0.32	0.51
<u>DY</u>			0.0065 m	70	1.7	0.58	
<u>DZ</u>			0.0071 m	69	2.1	-0.67	
<u>DX</u>	03	07	0.0091 m	74	1.6	-0.78	1.04
<u>DY</u>			0.0071 m	81	1.5	0.36	
<u>DZ</u>			0.0086 m	73	1.5	-0.81	
<u>DX</u>	06	10	0.0270 m	89	0.8	0.24	0.22
<u>DY</u>			0.0193 m	90	0.9	0.22	
<u>DZ</u>			0.0325 m	94	0.7	-0.77	
<u>DX</u>	06	09	0.0087 m	73	1.7	0.21	2.20
<u>DY</u>			0.0059 m	66	1.9	-2.09	
<u>DZ</u>			0.0095 m	87	1.4	0.04	
<u>DX</u>	06	07	0.0091 m	80	1.7	-0.06	0.84
<u>DY</u>			0.0069 m	80	1.5	-1.25	
<u>DZ</u>			0.0078 m	69	1.9	1.16	
<u>DX</u>	06	05	0.0184 m	86	1.0	1.00	0.57
<u>DY</u>			0.0106 m	79	1.4	0.37	
<u>DZ</u>			0.0157 m	87	1.1	-0.31	
<u>DX</u>	06	03	0.0085 m	66	1.8	0.04	0.72
<u>DY</u>			0.0062 m	73	1.8	0.89	
<u>DZ</u>			0.0073 m	61	2.0	-1.32	
<u>DX</u>	09	10	0.0301 m	91	0.8	1.15	1.60
<u>DY</u>			0.0251 m	94	0.7	-1.72	
<u>DZ</u>			0.0277 m	89	0.9	0.70	
<u>DX</u>	09	07	0.0105 m	78	1.3	0.02	0.05
<u>DY</u>			0.0071 m	83	1.4	-0.34	
<u>DZ</u>			0.0107 m	84	1.2	0.16	
<u>DX</u>	09	05	0.0152 m	83	1.3	1.20	1.39
<u>DY</u>			0.0118 m	84	1.1	-1.66	
<u>DZ</u>			0.0126 m	81	1.4	-0.76	
<u>DX</u>	08	10	0.0258 m	87	1.1	2.15	2.08
<u>DY</u>			0.0198 m	89	1.1	-0.60	
<u>DZ</u>			0.0251 m	79	1.3	-2.14	
<u>DX</u>	08	09	0.0173 m	88	1.2	-0.97	0.34
<u>DY</u>			0.0143 m	88	1.0	0.38	
<u>DZ</u>			0.0156 m	86	1.3	0.54	
<u>DX</u>	08	07	0.0201 m	87	1.0	0.32	0.41
<u>DY</u>			0.0136 m	89	1.0	0.72	
<u>DZ</u>			0.0222 m	93	0.8	-0.97	
<u>DX</u>	08	06	0.0243 m	90	0.8	-1.99	1.67
<u>DY</u>			0.0139 m	87	1.0	1.48	
<u>DZ</u>			0.0196 m	88	1.0	-0.10	

<u>DX</u>	08	05	0.0219 m	88	1.1	-0.54	0.23
<u>DY</u>			0.0181 m	92	0.9	0.67	
<u>DZ</u>			0.0190 m	84	1.2	0.34	
<u>DX</u>	08	03	0.0187 m	89	1.1	0.31	0.58
<u>DY</u>			0.0126 m	83	1.2	-1.09	
<u>DZ</u>			0.0187 m	91	1.0	-0.14	
<u>DX</u>	04	10	0.0257 m	91	1.0	-2.80	3.10
<u>DY</u>			0.0222 m	92	0.8	0.29	
<u>DZ</u>			0.0248 m	85	1.1	2.39	
<u>DX</u>	04	09	0.0126 m	87	1.4	0.15	0.25
<u>DY</u>			0.0087 m	80	1.4	-0.08	
<u>DZ</u>			0.0109 m	80	1.5	-0.60	
<u>DX</u>	04	08	0.0226 m	86	1.0	0.97	1.84
<u>DY</u>			0.0144 m	87	1.1	-0.22	
<u>DZ</u>			0.0186 m	84	1.1	-2.08	
<u>DX</u>	04	07	0.0147 m	85	1.1	0.18	0.23
<u>DY</u>			0.0086 m	77	1.4	0.59	
<u>DZ</u>			0.0123 m	84	1.2	-0.73	
<u>DX</u>	04	06	0.0117 m	76	1.5	1.03	0.60
<u>DY</u>			0.0083 m	81	1.5	-1.27	
<u>DZ</u>			0.0110 m	76	1.5	0.07	
<u>DX</u>	04	05	0.0217 m	93	1.0	-1.74	1.10
<u>DY</u>			0.0150 m	89	1.0	0.51	
<u>DZ</u>			0.0180 m	87	1.0	1.19	
<u>DX</u>	04	03	0.0121 m	80	1.4	-1.33	1.24
<u>DY</u>			0.0104 m	87	1.2	-0.21	
<u>DZ</u>			0.0126 m	85	1.2	0.48	
<u>DX</u>	02	10	0.0228 m	88	1.0	-1.27	0.68
<u>DY</u>			0.0188 m	88	1.0	0.97	
<u>DZ</u>			0.0263 m	94	1.0	0.66	
<u>DX</u>	02	09	0.0094 m	73	1.5	-0.18	0.34
<u>DY</u>			0.0070 m	77	1.5	0.53	
<u>DZ</u>			0.0087 m	73	1.6	0.63	
<u>DX</u>	02	08	0.0179 m	85	1.1	-1.62	1.39
<u>DY</u>			0.0120 m	85	1.2	-0.34	
<u>DZ</u>			0.0173 m	87	1.1	1.54	
<u>DX</u>	02	07	0.0079 m	62	2.2	1.59	1.36
<u>DY</u>			0.0054 m	57	2.3	0.49	
<u>DZ</u>			0.0079 m	77	1.9	-1.72	
<u>DX</u>	02	06	0.0128 m	90	1.0	-1.12	0.63
<u>DY</u>			0.0080 m	81	1.2	-0.12	
<u>DZ</u>			0.0112 m	88	1.1	0.50	
<u>DX</u>	02	05	0.0156 m	86	1.3	1.12	1.12
<u>DY</u>			0.0126 m	89	1.1	-0.92	
<u>DZ</u>			0.0132 m	80	1.4	0.42	
<u>DX</u>	02	04	0.0134 m	77	1.3	-1.58	2.36
<u>DY</u>			0.0081 m	76	1.6	0.17	
<u>DZ</u>			0.0110 m	74	1.6	-1.10	
<u>DX</u>	02	03	0.0086 m	72	1.7	0.34	0.35
<u>DY</u>			0.0067 m	75	1.7	0.55	
<u>DZ</u>			0.0078 m	67	1.8	-0.06	

Επίλυση και Συνόρθωση Δικτύου στο Πρόγραμμα GRAFNET

Επίλυση από Κύρου Πήρα (T01)

```
*****
* NETWORK - WEIGHTED GPS NETWORK ADJUSTMENT      *
*                                                  *
* (c) Copyright Waypoint Consulting Inc., (2003) *
*                                                  *
* VERSION: 7.00                                  *
*                                                  *
* FILE:
Z:\home\vangelis\tmp\dim_regas_static\static.net
*****
```

DATE(m/d/y): Fri. 7/18/14 TIME: 15:01:06

```
*****
DATUM:          'GGRS87'
GRID:           Grid: TM87
SCALE_FACTOR:   23.0920
CONFIDENCE LEVEL: 95.00 % (Scale factor is 2.4479)
*****
```

```
*****
INPUT CONTROL/CHECK POINTS
*****
```

STA_ID	TYPE	-- LATITUDE --	-- LONGITUDE --	ELLHGT -
HZ-SD	V-SD			
T01	GCP-3D	37 57 47.69790	23 47 39.57290	474.262
0.02200	0.00900			
T02	CHK-3D	37 59 15.92941	23 48 29.85659	401.632

```
*****
INPUT VECTORS
*****
```

SESSION NAME	VECTOR(m)	----- Covariance (m)
[unscaled] -----	DX/DY/DZ	standard deviations in
brackets		
02 to 03 (1)	24.1183	3.6021e-006 (0.0019)
(0.0014)	93.4115	1.5149e-006 1.8708e-006

1.2666e-006 (0.0011)	-55.6428	7.9450e-007	7.5994e-007
02 to 04 (1)	-174.0147	3.3057e-006 (0.0018)	
(0.0010)	219.9672	3.1494e-007	9.5375e-007
1.3956e-006 (0.0012)	103.5569	2.1164e-007	4.0401e-007
02 to 05 (1)	45.8224	1.1518e-005 (0.0034)	
(0.0030)	794.7060	9.1369e-006	9.1577e-006
2.6480e-006 (0.0016)	-368.7768	4.3390e-006	4.1637e-006
02 to 06 (1)	-36.6643	3.5068e-006 (0.0019)	
(0.0010)	301.3982	9.4387e-007	1.0391e-006
1.5529e-006 (0.0012)	-81.6799	1.2593e-006	2.0648e-007
02 to 07 (1)	281.2127	1.7635e-006 (0.0013)	
(0.0012)	-33.0420	9.7093e-007	1.5326e-006
3.5664e-006 (0.0019)	-257.2583	1.2507e-006	4.8685e-007
02 to 08 (1)	179.4147	4.5763e-006 (0.0021)	
(0.0017)	-600.8860	2.3706e-006	2.9797e-006
2.4318e-006 (0.0016)	87.5766	1.2277e-006	8.4120e-007
02 to 09 (1)	172.0974	3.6458e-006 (0.0019)	
(0.0010)	-175.3373	8.1050e-007	1.0324e-006
1.5440e-006 (0.0012)	-108.9720	1.0383e-006	2.5360e-007
02 to 10 (1)	148.3188	9.4610e-006 (0.0031)	
(0.0016)	-87.0666	3.0415e-006	2.4086e-006
1.4619e-005 (0.0038)	-144.2398	1.0003e-005	3.3169e-006
02 to 11 (1)	209.7733	2.8490e-006 (0.0017)	
(0.0010)	-136.2096	4.9924e-007	1.0506e-006
1.4310e-006 (0.0012)	-163.2007	6.5292e-007	4.1761e-007
02 to T02 (1)	-1685.7858	4.5449e-006 (0.0021)	
(0.0010)	1886.5424	1.1315e-006	1.0708e-006
1.4565e-006 (0.0012)	1261.8788	1.3684e-006	3.1159e-007
03 to 08 (1)	155.3329	1.9194e-006 (0.0014)	

(0.0015)	-694.2798	1.0474e-006	2.1863e-006
6.8221e-006 (0.0026)	143.2419	1.6350e-006	-4.9364e-007
03 to 04 (1)	-198.1174	1.9951e-006	(0.0014)
(0.0011)	126.5624	7.4859e-007	1.1305e-006
3.9976e-006 (0.0020)	159.2085	8.1277e-007	3.0051e-007
03 to 05 (1)	21.6963	4.8872e-006	(0.0022)
(0.0012)	701.2889	1.2736e-006	1.4331e-006
7.3096e-006 (0.0027)	-313.1267	4.1313e-006	9.4175e-007
03 to 06 (1)	-60.7704	1.9795e-006	(0.0014)
(0.0011)	207.9975	9.2772e-007	1.1711e-006
1.0256e-006 (0.0010)	-26.0314	3.9488e-007	4.3912e-007
03 to 07 (1)	257.0966	2.8235e-006	(0.0017)
(0.0014)	-126.4472	1.6170e-006	1.9153e-006
1.2615e-006 (0.0011)	-201.6084	6.6877e-007	7.1112e-007
03 to 09 (1)	147.9804	7.8225e-006	(0.0028)
(0.0012)	-268.7423	1.0337e-006	1.4395e-006
4.8441e-006 (0.0022)	-53.3283	5.1789e-006	9.6709e-007
03 to 10 (1)	124.2291	5.0699e-006	(0.0023)
(0.0015)	-180.4618	1.9434e-006	2.1155e-006
7.3373e-006 (0.0027)	-88.5733	4.1531e-006	1.3550e-006
03 to 11 (1)	185.6496	1.1483e-005	(0.0034)
(0.0030)	-229.6166	9.1849e-006	9.2035e-006
2.7173e-006 (0.0016)	-107.5623	4.4505e-006	4.2773e-006
03 to T02 (1)	-1709.8990	6.1233e-006	(0.0025)
(0.0020)	1793.1275	4.0993e-006	4.0115e-006
3.0237e-006 (0.0017)	1317.5400	3.0148e-006	2.2219e-006
04 to 05 (1)	219.8049	4.9173e-006	(0.0022)
(0.0011)	574.7190	1.3261e-006	1.2585e-006
3.1236e-006 (0.0018)	-472.3499	2.5580e-006	6.0106e-007

04 to 06 (1)	137.3606	1.8723e-006	(0.0014)
(0.0014)	81.4381	1.3220e-006	2.0216e-006
1.2790e-006 (0.0011)	-185.2308	1.9171e-007	2.7560e-007
04 to 07 (1)	455.2305	3.8907e-006	(0.0020)
(0.0010)	-253.0084	9.8470e-007	1.0041e-006
1.2702e-006 (0.0011)	-360.8127	1.0846e-006	3.0367e-007
04 to 08 (1)	353.4429	2.6845e-006	(0.0016)
(0.0009)	-820.8371	2.6585e-007	8.0919e-007
1.1663e-006 (0.0011)	-15.9895	1.2951e-007	3.6120e-007
04 to 09 (1)	346.0988	1.0112e-005	(0.0032)
(0.0019)	-395.3100	4.2304e-006	3.4528e-006
6.0567e-006 (0.0025)	-212.5414	6.4825e-006	3.0448e-006
04 to 10 (1)	322.3086	1.2839e-005	(0.0036)
(0.0035)	-307.0619	9.9103e-006	1.2375e-005
4.7900e-006 (0.0022)	-247.7767	4.8442e-006	3.1044e-006
04 to 11 (1)	383.7754	4.6820e-006	(0.0022)
(0.0012)	-356.1766	1.2262e-006	1.3759e-006
6.9538e-006 (0.0026)	-266.7847	3.9378e-006	9.2442e-007
04 to T02 (1)	-1511.7771	4.7683e-006	(0.0022)
(0.0017)	1666.5788	2.1796e-006	2.8670e-006
2.3245e-006 (0.0015)	1158.3327	1.7609e-006	1.0206e-006
05 to 09 (1)	126.2849	3.3236e-006	(0.0018)
(0.0013)	-970.0295	1.0936e-006	1.6779e-006
2.4671e-006 (0.0016)	259.8102	1.6616e-006	1.1371e-006
05 to 06 (1)	-82.4678	4.7204e-006	(0.0022)
(0.0011)	-493.2915	1.1243e-006	1.1318e-006
1.3163e-006 (0.0011)	287.1053	1.0699e-006	3.7119e-007
05 to 07 (1)	235.4404	1.1545e-005	(0.0034)
(0.0020)	-827.7262	5.0736e-006	4.2020e-006

9.3770e-006 (0.0031)	111.5588	7.8794e-006	2.8629e-006
05 to 08 (1)	133.6060	1.2562e-005 (0.0035)	
(0.0032)	-1395.5942	1.0038e-005	1.0108e-005
2.9139e-006 (0.0017)	456.3556	4.7696e-006	4.6015e-006
05 to 10 (1)	102.5611	9.5750e-006 (0.0031)	
(0.0018)	-881.7513	3.8330e-006	3.2401e-006
8.5902e-006 (0.0029)	224.5844	6.9764e-006	2.4569e-006
05 to 11 (1)	163.9828	2.7714e-006 (0.0017)	
(0.0009)	-930.9015	3.5392e-008	8.5102e-007
3.5442e-006 (0.0019)	205.5827	-6.6077e-007	9.6938e-007
05 to T02 (1)	-1731.5831	2.8983e-006 (0.0017)	
(0.0016)	1091.8560	1.5407e-006	2.4334e-006
1.5784e-006 (0.0013)	1630.6837	3.1642e-007	2.5271e-007
06 to T02 (1)	-1649.1180	1.8507e-006 (0.0014)	
(0.0010)	1585.1444	4.8529e-007	9.1833e-007
1.3541e-006 (0.0012)	1343.5600	2.4592e-007	3.9968e-007
06 to 07 (1)	317.8744	1.1829e-005 (0.0034)	
(0.0026)	-334.4479	7.3118e-006	6.6955e-006
5.4849e-006 (0.0023)	-175.5688	6.9632e-006	4.6778e-006
06 to 08 (1)	216.0977	4.3971e-006 (0.0021)	
(0.0011)	-902.2683	3.9341e-007	1.1068e-006
3.1344e-006 (0.0018)	169.2722	-7.6902e-007	1.0714e-006
06 to 09 (1)	208.7511	1.9129e-006 (0.0014)	
(0.0012)	-476.7448	9.3037e-007	1.4511e-006
3.2501e-006 (0.0018)	-27.3006	9.6337e-007	2.9428e-007
06 to 10 (1)	184.9805	6.4294e-006 (0.0025)	
(0.0013)	-388.4602	1.0199e-006	1.7293e-006
2.1537e-005 (0.0046)	-62.5775	7.7363e-006	1.5616e-006
06 to 11 (1)	246.4306	2.3138e-006 (0.0015)	

(0.0014)	-437.6046	1.5083e-006	2.0347e-006
1.2566e-006 (0.0011)	-81.5232	3.8707e-007	4.8705e-007
07 to 11 (1)	-71.4428	2.8756e-006	(0.0017)
(0.0010)	-103.1626	7.7888e-007	9.2055e-007
1.4975e-006 (0.0012)	94.0445	1.1205e-006	1.0495e-007
07 to 08 (1)	-101.7727	2.1515e-006	(0.0015)
(0.0012)	-567.8204	7.6494e-007	1.3307e-006
6.5614e-006 (0.0026)	344.8618	5.6994e-007	1.6208e-006
07 to 09 (1)	-109.1194	2.2399e-006	(0.0015)
(0.0010)	-142.2915	6.1193e-007	1.0106e-006
4.6777e-006 (0.0022)	148.2792	1.8428e-007	9.8409e-007
07 to 10 (1)	-132.8812	4.9266e-006	(0.0022)
(0.0020)	-54.0140	3.2858e-006	4.0472e-006
2.2634e-005 (0.0048)	113.0179	8.0741e-006	6.6906e-006
07 to T02 (1)	-1967.0187	6.6768e-006	(0.0026)
(0.0017)	1919.5815	2.5603e-006	2.9540e-006
6.7445e-006 (0.0026)	1519.1284	4.6837e-006	1.9623e-006
08 to 09 (1)	-7.3596	4.5925e-006	(0.0021)
(0.0011)	425.5346	7.3350e-007	1.2890e-006
4.7152e-006 (0.0022)	-196.5718	3.8848e-006	1.0412e-006
08 to 10 (1)	-31.0973	3.9942e-006	(0.0020)
(0.0020)	513.8000	2.4490e-006	3.9620e-006
4.6686e-006 (0.0022)	-231.8320	9.2545e-007	2.6594e-006
08 to 11 (1)	30.3334	2.1105e-006	(0.0015)
(0.0010)	464.6571	7.1541e-007	1.0923e-006
4.6240e-006 (0.0022)	-250.7954	1.0837e-006	3.9755e-007
08 to T02 (1)	-1865.2825	5.1138e-006	(0.0023)
(0.0016)	2487.4003	2.1616e-006	2.4278e-006
1.3917e-005 (0.0037)	1174.2378	3.7965e-006	3.8070e-006

09 to 10 (1)	-23.7800	2.4081e-005	(0.0049)
(0.0019)	88.2835	-1.0747e-006	3.4986e-006
4.5150e-005 (0.0067)	-35.2911	2.9154e-005	-1.2832e-006
09 to 11 (1)	37.6784	2.3584e-006	(0.0015)
(0.0011)	39.1306	6.2865e-007	1.1657e-006
1.7346e-006 (0.0013)	-54.2272	9.6964e-007	3.1528e-007
09 to T02 (1)	-1857.8888	3.9166e-006	(0.0020)
(0.0013)	2061.8773	1.1971e-006	1.7707e-006
2.8007e-006 (0.0017)	1370.8627	1.0735e-006	4.0651e-007
10 to T02 (1)	-1834.1468	6.4318e-006	(0.0025)
(0.0017)	1973.5953	2.8546e-006	3.0331e-006
5.6105e-006 (0.0024)	1406.0824	4.4879e-006	1.8326e-006
10 to 11 (1)	61.4368	5.4210e-006	(0.0023)
(0.0015)	-49.1355	2.3471e-006	2.2915e-006
6.5707e-006 (0.0026)	-18.9780	4.5414e-006	2.0242e-006
11 to T02 (1)	-1895.5721	2.9203e-006	(0.0017)
(0.0017)	2022.7445	2.0057e-006	2.8709e-006
1.7569e-006 (0.0013)	1425.0796	3.6240e-007	5.7413e-007
T01 to 02 (1)	-393.7012	5.3814e-006	(0.0023)
(0.0013)	-1462.3657	7.9414e-007	1.7488e-006
5.6754e-006 (0.0024)	837.7778	3.0012e-006	-9.7096e-008
T01 to 03 (1)	-369.5841	1.1587e-005	(0.0034)
(0.0022)	-1368.9527	5.6618e-006	4.7275e-006
6.2480e-006 (0.0025)	782.1285	7.2113e-006	3.8913e-006
T01 to 04 (1)	-567.7168	2.1561e-006	(0.0015)
(0.0011)	-1242.3981	5.5790e-007	1.3026e-006
9.7309e-007 (0.0010)	941.3219	1.8155e-007	5.5098e-008
T01 to 05 (1)	-347.9222	3.6365e-006	(0.0019)
(0.0017)	-667.6817	1.5841e-006	2.8192e-006

	468.9655	1.0871e-006	1.4431e-006
2.3798e-006 (0.0015)			
T01 to 06 (1)	-430.3625	2.5254e-006 (0.0016)	
(0.0012)	-1160.9613	3.9740e-007	1.3966e-006
	756.0938	1.5586e-006	3.0115e-007
2.6252e-006 (0.0016)			
T01 to 07 (1)	-112.5050	2.6837e-006 (0.0016)	
(0.0015)	-1495.4048	1.4761e-006	2.3981e-006
	580.5132	3.0992e-007	2.9273e-007
1.5346e-006 (0.0012)			
T01 to 08 (1)	-214.2834	3.1528e-006 (0.0018)	
(0.0010)	-2063.2337	3.1171e-007	9.5225e-007
	925.3449	1.5057e-007	4.2654e-007
1.3754e-006 (0.0012)			
T01 to 09 (1)	-221.6200	4.2194e-006 (0.0021)	
(0.0010)	-1637.7069	1.0653e-006	1.0884e-006
	728.7889	1.1658e-006	3.3440e-007
1.3701e-006 (0.0012)			
T01 to 10 (1)	-245.3731	7.6893e-006 (0.0028)	
(0.0014)	-1549.4427	2.3621e-006	1.8537e-006
	693.5581	4.0935e-006	1.0076e-006
4.7575e-006 (0.0022)			
T01 to 11 (1)	-183.9403	9.0912e-006 (0.0030)	
(0.0013)	-1598.5663	1.7837e-006	1.8168e-006
	674.5673	6.7870e-006	1.6132e-006
6.8515e-006 (0.0026)			
T01 to T02 (1)	-2079.5233	3.1535e-006 (0.0018)	
(0.0015)	424.1614	1.4319e-006	2.1205e-006
	2099.6311	1.2730e-006	3.7036e-007
4.6209e-006 (0.0021)			

 OUTPUT VECTOR RESIDUALS (East, North, Height - Local Level)

SESSION NAME	-- RE --	-- RN --	-- RH --	- PPM
- DIST - STD -				
	(m)	(m)	(m)	
(km) (m)				
02 to 03 (1)	-0.0033	0.0028	-0.0106	
103.236 0.1 0.0125				

02 to 04 (1)			-0.0022	0.0003	0.0044
16.586	0.3	0.0114			
02 to 05 (1)			-0.0043	0.0086	-0.0314
37.417	0.9	0.0232			
02 to 06 (1)			0.0002	-0.0017	0.0042
14.537	0.3	0.0119			
02 to 07 (1)			-0.0023	0.0053	0.0022
16.075	0.4	0.0126			
02 to 08 (1)			0.0036	-0.0110	0.0265
45.707	0.6	0.0152			
02 to 09 (1)			0.0007	0.0004	-0.0079
29.632	0.3	0.0120			
02 to 10 (1)			-0.0045	0.0046	0.0247
113.823	0.2	0.0247			
02 to 11 (1)			0.0023	-0.0019	-0.0029
13.938	0.3	0.0111			
02 to T02 (1)			0.0014	0.0080	-0.0055
3.457	2.8	0.0128			
03 to 08 (1)			0.0054	-0.0067	-0.0087
16.898	0.7	0.0159			
03 to 04 (1)			0.0012	0.0010	-0.0037
14.270	0.3	0.0128			
03 to 05 (1)			0.0010	-0.0057	-0.0179
24.487	0.8	0.0177			
03 to 06 (1)			-0.0015	0.0005	-0.0009
8.268	0.2	0.0098			
03 to 07 (1)			-0.0039	-0.0004	0.0048
17.740	0.4	0.0118			
03 to 09 (1)			-0.0014	-0.0009	-0.0009
5.891	0.3	0.0180			
03 to 10 (1)			-0.0046	0.0033	-0.0050
31.995	0.2	0.0183			
03 to 11 (1)			-0.0007	-0.0031	0.0129
42.202	0.3	0.0232			
03 to T02 (1)			0.0099	-0.0073	-0.0088
5.388	2.8	0.0174			
04 to 05 (1)			0.0031	-0.0019	0.0036
6.598	0.8	0.0147			
04 to 06 (1)			0.0001	0.0008	-0.0135
55.315	0.2	0.0109			
04 to 07 (1)			0.0005	0.0049	-0.0063
12.609	0.6	0.0119			
04 to 08 (1)			-0.0034	0.0076	0.0128
17.098	0.9	0.0104			
04 to 09 (1)			0.0027	0.0011	0.0067
12.912	0.6	0.0213			
04 to 10 (1)			0.0134	-0.0324	0.0348
97.060	0.5	0.0263			
04 to 11 (1)			-0.0007	0.0123	0.0184
37.647	0.6	0.0173			
04 to T02 (1)			-0.0020	-0.0033	-0.0134
5.494	2.5	0.0152			
05 to 09 (1)			-0.0036	-0.0036	0.0086
9.928	1.0	0.0131			
05 to 06 (1)			-0.0028	-0.0022	0.0117
21.174	0.6	0.0129			
05 to 07 (1)			0.0023	-0.0016	-0.0343
39.619	0.9	0.0241			

05 to 08 (1)			0.0155	-0.0142	0.0474
35.162	1.5	0.0243			
05 to 10 (1)			0.0064	0.0004	-0.0265
29.758	0.9	0.0222			
05 to 11 (1)			0.0066	0.0058	-0.0030
9.555	1.0	0.0129			
05 to T02 (1)			-0.0020	-0.0037	-0.0157
6.194	2.6	0.0126			
06 to T02 (1)			0.0025	0.0107	-0.0131
6.458	2.7	0.0098			
06 to 07 (1)			0.0035	-0.0040	-0.0036
12.999	0.5	0.0235			
06 to 08 (1)			-0.0036	-0.0072	-0.0060
10.717	0.9	0.0141			
06 to 09 (1)			0.0048	0.0005	0.0037
11.717	0.5	0.0124			
06 to 10 (1)			-0.0100	0.0199	0.0317
89.043	0.4	0.0262			
06 to 11 (1)			-0.0036	-0.0014	-0.0016
8.250	0.5	0.0114			
07 to 11 (1)			-0.0014	0.0027	0.0038
30.971	0.2	0.0111			
07 to 08 (1)			-0.0056	-0.0173	-0.0180
38.130	0.7	0.0152			
07 to 09 (1)			-0.0021	-0.0006	-0.0040
19.397	0.2	0.0135			
07 to 10 (1)			-0.0068	0.0097	0.0103
86.076	0.2	0.0270			
07 to T02 (1)			-0.0018	-0.0024	0.0133
4.332	3.1	0.0194			
08 to 09 (1)			-0.0069	0.0023	0.0149
35.393	0.5	0.0156			
08 to 10 (1)			0.0091	0.0224	0.0150
50.374	0.6	0.0171			
08 to 11 (1)			0.0062	0.0045	0.0061
18.484	0.5	0.0134			
08 to T02 (1)			-0.0095	0.0167	0.0758 \$
23.517	3.3	0.0223			
09 to 10 (1)			-0.0176	0.0251	0.0440
546.772	0.1	0.0410			
09 to 11 (1)			-0.0000	-0.0013	0.0014
24.814	0.1	0.0110			
09 to T02 (1)			0.0007	-0.0055	-0.0001
1.781	3.1	0.0140			
10 to T02 (1)			0.0015	0.0047	0.0268
8.975	3.0	0.0187			
10 to 11 (1)			-0.0072	-0.0011	-0.0067
121.824	0.1	0.0182			
11 to T02 (1)			0.0008	0.0006	0.0091
2.926	3.1	0.0132			
T01 to 02 (1)			0.0045	-0.0042	-0.0175
10.721	1.7	0.0172			
T01 to 03 (1)			-0.0006	0.0035	-0.0238
14.852	1.6	0.0228			
T01 to 04 (1)			0.0015	0.0058	-0.0047
4.608	1.7	0.0101			
T01 to 05 (1)			0.0028	0.0026	0.0112
13.332	0.9	0.0143			

T01 to 06 (1)		0.0003	0.0006	-0.0150
10.334	1.5	0.0123		
T01 to 07 (1)		-0.0071	-0.0026	-0.0005
4.714	1.6	0.0124		
T01 to 08 (1)		-0.0071	-0.0014	0.0068
4.374	2.3	0.0112		
T01 to 09 (1)		0.0023	-0.0006	-0.0021
1.777	1.8	0.0124		
T01 to 10 (1)		0.0133	-0.0127	-0.0086
11.843	1.7	0.0182		
T01 to 11 (1)		-0.0064	-0.0030	-0.0083
6.249	1.7	0.0203		
T01 to T02 (1)		0.0053	-0.0003	0.0237
8.128	3.0	0.0151		

	RMS	0.0056	0.0085	0.0186

§ - This session is flagged as a 3-sigma outlier

CHECK POINT RESIDUALS (East, North, Height - Local Level)

STA. NAME	-- RE --	-- RN --	-- RH --
	(m)	(m)	(m)
T02	0.0085	-0.0527	-0.2751

RMS	0.0085	0.0527	0.2751

CONTROL POINT RESIDUALS (ADJUSTMENT MADE)

STA. NAME	-- RE --	-- RN --	-- RH --
	(m)	(m)	(m)
T01	-0.0000	0.0000	-0.0000

RMS	0.0000	0.0000	0.0000

OUTPUT STATION COORDINATES (LAT/LONG/HT)

STA_ID	-- LATITUDE --	-- LONGITUDE --	- ELLHGT -	ORTHOHGT
02	37 58 28.07501	23 46 51.25868	240.6688	202.0326
03	37 58 25.46041	23 46 54.36228	253.5120	214.8757
04	37 58 32.13010	23 47 02.38085	248.7941	210.1470
05	37 58 11.41448	23 47 20.29501	299.4514	260.8085
06	37 58 24.23076	23 47 03.16444	259.7793	221.1379
07	37 58 16.62864	23 46 45.37403	274.7399	236.1169
08	37 58 31.87183	23 46 25.76544	233.0325	194.4110
09	37 58 23.55712	23 46 41.84173	242.0241	203.3980

10	37 58 22.37958	23 46 45.54382	231.2601	192.6323
11	37 58 21.16778	23 46 42.68641	248.2782	209.6534
T01	37 57 47.69790	23 47 39.57290	474.2620	435.6249
T02	37 59 15.92770	23 48 29.85694	401.3568	362.6168

 OUTPUT STATION COORDINATES (GRID)

STA_ID	- EASTING - (m)	- NORTHING - (m)	- ELLHGT - (m)	ORTHOHGT (m)
02	480757.3814	4203004.5341	240.6688	202.0326
03	480832.9102	4202923.7744	253.5120	214.8757
04	481029.0150	4203128.8777	248.7941	210.1470
05	481464.6068	4202489.4217	299.4514	260.8085
06	481047.5676	4202885.3761	259.7793	221.1379
07	480612.9796	4202652.0968	274.7399	236.1169
08	480135.7163	4203123.0390	233.0325	194.4110
09	480527.3080	4202865.8368	242.0241	203.3980
10	480617.5422	4202829.3304	231.2601	192.6323
11	480547.7406	4202792.1485	248.2782	209.6534
T01	481933.3379	4201757.4268	474.2620	435.6249
T02	483165.8845	4204474.0461	401.3568	362.6168

 OUTPUT STATION COORDINATES (ECEF)

STA_ID	---- X ---- (m)	---- Y ---- (m)	---- Z ---- (m)
02	4606916.3480	2030058.4816	3903358.2401
03	4606940.4584	2030151.8860	3903302.5930
04	4606742.3373	2030278.4480	3903461.8000
05	4606962.1446	2030853.1715	3902989.4508
06	4606879.6876	2030359.8817	3903276.5615
07	4607197.5603	2030025.4368	3903100.9873
08	4607095.7866	2029457.6100	3903445.8243
09	4607088.4392	2029883.1423	3903249.2635
10	4607064.6839	2029971.4175	3903214.0192
11	4607126.1193	2029922.2736	3903195.0362
T01	4607310.0614	2031520.8477	3902520.4764
T02	4605230.5532	2031945.0216	3904620.1219

 OUTPUT VARIANCE/COVARIANCE

2

STA_ID	SE/SN/SUP (95.00 %) (m)	----- CX matrix (m)----- (not scaled by confidence level) (ECEF, XYZ cartesian)
02	0.0541 0.0542	2.8712e-004 -8.8579e-005 4.4900e-004

	0.0242	-1.7459e-004	-7.7033e-005	3.3915e-004
03	0.0541	2.8716e-004		
	0.0542	-8.7501e-005	4.5010e-004	
	0.0244	-1.7374e-004	-7.6079e-005	3.3982e-004
04	0.0541	2.8560e-004		
	0.0542	-8.9103e-005	4.4879e-004	
	0.0239	-1.7563e-004	-7.7409e-005	3.3825e-004
05	0.0541	2.8807e-004		
	0.0542	-8.7710e-005	4.4991e-004	
	0.0244	-1.7420e-004	-7.6175e-005	3.3949e-004
06	0.0541	2.8502e-004		
	0.0541	-8.9047e-005	4.4875e-004	
	0.0239	-1.7514e-004	-7.7015e-005	3.3890e-004
07	0.0541	2.8591e-004		
	0.0542	-8.8296e-005	4.4940e-004	
	0.0241	-1.7486e-004	-7.6817e-005	3.3967e-004
08	0.0541	2.8556e-004		
	0.0542	-8.9210e-005	4.4867e-004	
	0.0240	-1.7549e-004	-7.6546e-005	3.3950e-004
09	0.0541	2.8711e-004		
	0.0541	-8.8922e-005	4.4865e-004	
	0.0243	-1.7371e-004	-7.6820e-005	3.3992e-004
10	0.0541	2.9128e-004		
	0.0543	-8.6416e-005	4.5093e-004	
	0.0256	-1.6934e-004	-7.5019e-005	3.4771e-004
11	0.0541	2.8609e-004		
	0.0541	-8.8789e-005	4.4889e-004	
	0.0241	-1.7432e-004	-7.6752e-005	3.3957e-004
T01	0.0539	2.7428e-004		
	0.0539	-9.2474e-005	4.4323e-004	
	0.0220	-1.7884e-004	-7.8856e-005	3.3150e-004
T02	0.0541	2.8709e-004		
	0.0542	-8.7820e-005	4.4995e-004	
	0.0243	-1.7439e-004	-7.6665e-005	3.4041e-004

VARIANCE FACTOR = 1.0000

Note: Values < 1.0 indicate statistics are pessimistic, while
values > 1.0 indicate optimistic statistics. Entering
this

value as the network adjustment scale factor will bring
variance factor to one.

Επίλυση Δικτύου από Λιθάρι (T02)

```
*****
* NETWORK - WEIGHTED GPS NETWORK ADJUSTMENT *
*
* (c) Copyright Waypoint Consulting Inc., (2003) *
*
* VERSION: 7.00 *
*
* FILE:
Z:\home\vangelis\tmp\dim_regas_static\static.net
*****
```

DATE (m/d/y): Fri. 7/18/14 TIME: 14:24:11

```
DATUM:          'GGRS87'
GRID:           Grid: TM87
SCALE_FACTOR:   101.1201
CONFIDENCE LEVEL: 95.00 % (Scale factor is 2.4479)
```

```
INPUT CONTROL/CHECK POINTS
*****
```

STA_ID	TYPE	--	LATITUDE	--	LONGITUDE	--	ELLHGT	-
HZ-SD	V-SD							
T01	CHK-3D	37	57 47.69790	23	47 39.57290		474.262	
T02	GCP-3D	37	59 15.92941	23	48 29.85659		401.632	
0.00400	0.01300							

```
INPUT VECTORS
*****
```

SESSION NAME	VECTOR (m)	-----	Covariance (m)
[unscaled] -----	DX/DY/DZ		standard deviations in
brackets			
02 to 03 (1)	24.1183	3.6021e-006	(0.0019)
	93.4115	1.5149e-006	1.8708e-006
(0.0014)			
	-55.6428	7.9450e-007	7.5994e-007
1.2666e-006 (0.0011)			
02 to 04 (1)	-174.0147	3.3057e-006	(0.0018)
	219.9672	3.1494e-007	9.5375e-007
(0.0010)			

1.3956e-006 (0.0012)	103.5569	2.1164e-007	4.0401e-007
02 to 05 (1)	45.8224	1.1518e-005 (0.0034)	
(0.0030)	794.7060	9.1369e-006	9.1577e-006
2.6480e-006 (0.0016)	-368.7768	4.3390e-006	4.1637e-006
02 to 06 (1)	-36.6643	3.5068e-006 (0.0019)	
(0.0010)	301.3982	9.4387e-007	1.0391e-006
1.5529e-006 (0.0012)	-81.6799	1.2593e-006	2.0648e-007
02 to 07 (1)	281.2127	1.7635e-006 (0.0013)	
(0.0012)	-33.0420	9.7093e-007	1.5326e-006
3.5664e-006 (0.0019)	-257.2583	1.2507e-006	4.8685e-007
02 to 08 (1)	179.4147	4.5763e-006 (0.0021)	
(0.0017)	-600.8860	2.3706e-006	2.9797e-006
2.4318e-006 (0.0016)	87.5766	1.2277e-006	8.4120e-007
02 to 09 (1)	172.0974	3.6458e-006 (0.0019)	
(0.0010)	-175.3373	8.1050e-007	1.0324e-006
1.5440e-006 (0.0012)	-108.9720	1.0383e-006	2.5360e-007
02 to 10 (1)	148.3188	9.4610e-006 (0.0031)	
(0.0016)	-87.0666	3.0415e-006	2.4086e-006
1.4619e-005 (0.0038)	-144.2397	1.0003e-005	3.3169e-006
02 to 11 (1)	209.7733	2.8490e-006 (0.0017)	
(0.0010)	-136.2096	4.9924e-007	1.0506e-006
1.4310e-006 (0.0012)	-163.2007	6.5292e-007	4.1761e-007
02 to T01 (1)	393.7015	5.3581e-006 (0.0023)	
(0.0013)	1462.3658	7.9289e-007	1.7425e-006
5.6399e-006 (0.0024)	-837.7776	2.9825e-006	-9.6560e-008
03 to 08 (1)	155.3329	1.9194e-006 (0.0014)	
(0.0015)	-694.2798	1.0474e-006	2.1863e-006
6.8221e-006 (0.0026)	143.2419	1.6350e-006	-4.9364e-007
03 to 04 (1)	-198.1174	1.9951e-006 (0.0014)	

(0.0011)	126.5624	7.4859e-007	1.1305e-006
3.9976e-006 (0.0020)	159.2085	8.1277e-007	3.0051e-007
03 to 05 (1)	21.6963	4.8872e-006	(0.0022)
(0.0012)	701.2889	1.2736e-006	1.4331e-006
7.3096e-006 (0.0027)	-313.1267	4.1313e-006	9.4175e-007
03 to 06 (1)	-60.7704	1.9795e-006	(0.0014)
(0.0011)	207.9975	9.2772e-007	1.1711e-006
1.0256e-006 (0.0010)	-26.0314	3.9488e-007	4.3912e-007
03 to 07 (1)	257.0966	2.8235e-006	(0.0017)
(0.0014)	-126.4472	1.6170e-006	1.9153e-006
1.2615e-006 (0.0011)	-201.6084	6.6877e-007	7.1112e-007
03 to 09 (1)	147.9804	7.8225e-006	(0.0028)
(0.0012)	-268.7423	1.0337e-006	1.4395e-006
4.8441e-006 (0.0022)	-53.3283	5.1789e-006	9.6709e-007
03 to 10 (1)	124.2291	5.0699e-006	(0.0023)
(0.0015)	-180.4618	1.9434e-006	2.1155e-006
7.3373e-006 (0.0027)	-88.5733	4.1531e-006	1.3550e-006
03 to 11 (1)	185.6496	1.1483e-005	(0.0034)
(0.0030)	-229.6166	9.1849e-006	9.2035e-006
2.7173e-006 (0.0016)	-107.5623	4.4505e-006	4.2773e-006
03 to T01 (1)	369.5844	1.1536e-005	(0.0034)
(0.0022)	1368.9528	5.6421e-006	4.7121e-006
6.2132e-006 (0.0025)	-782.1283	7.1785e-006	3.8773e-006
04 to T01 (1)	567.7173	2.1437e-006	(0.0015)
(0.0011)	1242.3983	5.5387e-007	1.2962e-006
9.6938e-007 (0.0010)	-941.3216	1.8070e-007	5.4837e-008
04 to 05 (1)	219.8049	4.9173e-006	(0.0022)
(0.0011)	574.7190	1.3261e-006	1.2585e-006
3.1236e-006 (0.0018)	-472.3499	2.5580e-006	6.0106e-007

04 to 06 (1)	137.3606	1.8723e-006	(0.0014)
(0.0014)	81.4381	1.3220e-006	2.0216e-006
1.2790e-006 (0.0011)	-185.2308	1.9171e-007	2.7560e-007
04 to 07 (1)	455.2305	3.8907e-006	(0.0020)
(0.0010)	-253.0084	9.8470e-007	1.0041e-006
1.2702e-006 (0.0011)	-360.8127	1.0846e-006	3.0367e-007
04 to 08 (1)	353.4429	2.6845e-006	(0.0016)
(0.0009)	-820.8371	2.6585e-007	8.0919e-007
1.1663e-006 (0.0011)	-15.9895	1.2951e-007	3.6120e-007
04 to 09 (1)	346.0988	1.0112e-005	(0.0032)
(0.0019)	-395.3100	4.2304e-006	3.4528e-006
6.0567e-006 (0.0025)	-212.5414	6.4825e-006	3.0448e-006
04 to 10 (1)	322.3086	1.2839e-005	(0.0036)
(0.0035)	-307.0619	9.9103e-006	1.2375e-005
4.7900e-006 (0.0022)	-247.7767	4.8442e-006	3.1044e-006
04 to 11 (1)	383.7754	4.6820e-006	(0.0022)
(0.0012)	-356.1766	1.2262e-006	1.3759e-006
6.9538e-006 (0.0026)	-266.7847	3.9378e-006	9.2442e-007
05 to 09 (1)	126.2849	3.3236e-006	(0.0018)
(0.0013)	-970.0295	1.0936e-006	1.6779e-006
2.4671e-006 (0.0016)	259.8102	1.6616e-006	1.1371e-006
05 to 06 (1)	-82.4678	4.7204e-006	(0.0022)
(0.0011)	-493.2915	1.1243e-006	1.1318e-006
1.3163e-006 (0.0011)	287.1052	1.0699e-006	3.7119e-007
05 to 07 (1)	235.4404	1.1545e-005	(0.0034)
(0.0020)	-827.7262	5.0736e-006	4.2020e-006
9.3770e-006 (0.0031)	111.5588	7.8794e-006	2.8629e-006
05 to 08 (1)	133.6060	1.2562e-005	(0.0035)
(0.0032)	-1395.5942	1.0038e-005	1.0108e-005

2.9139e-006 (0.0017)	456.3556	4.7696e-006	4.6015e-006
05 to 10 (1)	102.5611	9.5750e-006	(0.0031)
(0.0018)	-881.7513	3.8330e-006	3.2401e-006
8.5902e-006 (0.0029)	224.5844	6.9764e-006	2.4569e-006
05 to 11 (1)	163.9828	2.7714e-006	(0.0017)
(0.0009)	-930.9015	3.5392e-008	8.5102e-007
3.5442e-006 (0.0019)	205.5827	-6.6077e-007	9.6938e-007
05 to T01 (1)	347.9225	3.6243e-006	(0.0019)
(0.0017)	667.6818	1.5803e-006	2.8092e-006
2.3699e-006 (0.0015)	-468.9654	1.0846e-006	1.4384e-006
06 to T01 (1)	430.3626	2.5111e-006	(0.0016)
(0.0012)	1160.9614	3.9580e-007	1.3916e-006
2.6077e-006 (0.0016)	-756.0936	1.5468e-006	2.9792e-007
06 to 07 (1)	317.8743	1.1829e-005	(0.0034)
(0.0026)	-334.4479	7.3118e-006	6.6955e-006
5.4849e-006 (0.0023)	-175.5688	6.9632e-006	4.6778e-006
06 to 08 (1)	216.0977	4.3971e-006	(0.0021)
(0.0011)	-902.2683	3.9341e-007	1.1068e-006
3.1344e-006 (0.0018)	169.2722	-7.6902e-007	1.0714e-006
06 to 09 (1)	208.7511	1.9129e-006	(0.0014)
(0.0012)	-476.7448	9.3037e-007	1.4511e-006
3.2501e-006 (0.0018)	-27.3006	9.6337e-007	2.9428e-007
06 to 10 (1)	184.9805	6.4294e-006	(0.0025)
(0.0013)	-388.4602	1.0199e-006	1.7293e-006
2.1537e-005 (0.0046)	-62.5775	7.7363e-006	1.5616e-006
06 to 11 (1)	246.4306	2.3138e-006	(0.0015)
(0.0014)	-437.6046	1.5083e-006	2.0347e-006
1.2566e-006 (0.0011)	-81.5232	3.8707e-007	4.8705e-007
07 to 11 (1)	-71.4428	2.8756e-006	(0.0017)

(0.0010)	-103.1626	7.7888e-007	9.2055e-007
1.4975e-006 (0.0012)	94.0445	1.1205e-006	1.0495e-007
07 to 08 (1)	-101.7727	2.1515e-006	(0.0015)
(0.0012)	-567.8204	7.6494e-007	1.3307e-006
6.5614e-006 (0.0026)	344.8618	5.6994e-007	1.6208e-006
07 to 09 (1)	-109.1194	2.2399e-006	(0.0015)
(0.0010)	-142.2915	6.1193e-007	1.0106e-006
4.6777e-006 (0.0022)	148.2792	1.8428e-007	9.8409e-007
07 to 10 (1)	-132.8812	4.9266e-006	(0.0022)
(0.0020)	-54.0140	3.2858e-006	4.0472e-006
2.2634e-005 (0.0048)	113.0179	8.0741e-006	6.6906e-006
07 to T01 (1)	112.5053	2.6678e-006	(0.0016)
(0.0015)	1495.4049	1.4678e-006	2.3865e-006
1.5277e-006 (0.0012)	-580.5128	3.0773e-007	2.9026e-007
08 to 09 (1)	-7.3596	4.5925e-006	(0.0021)
(0.0011)	425.5346	7.3350e-007	1.2890e-006
4.7152e-006 (0.0022)	-196.5718	3.8848e-006	1.0412e-006
08 to 10 (1)	-31.0973	3.9942e-006	(0.0020)
(0.0020)	513.8000	2.4490e-006	3.9620e-006
4.6686e-006 (0.0022)	-231.8320	9.2545e-007	2.6594e-006
08 to 11 (1)	30.3334	2.1105e-006	(0.0015)
(0.0010)	464.6571	7.1541e-007	1.0923e-006
4.6240e-006 (0.0022)	-250.7954	1.0837e-006	3.9755e-007
08 to T01 (1)	214.2836	3.1351e-006	(0.0018)
(0.0010)	2063.2339	3.0977e-007	9.4708e-007
1.3688e-006 (0.0012)	-925.3446	1.5058e-007	4.2434e-007
09 to T01 (1)	221.6204	4.2001e-006	(0.0020)
(0.0010)	1637.7070	1.0607e-006	1.0839e-006
1.3653e-006 (0.0012)	-728.7887	1.1618e-006	3.3278e-007

09 to 10 (1)	-23.7800	2.4081e-005	(0.0049)
(0.0019)	88.2835	-1.0747e-006	3.4986e-006
4.5150e-005 (0.0067)	-35.2911	2.9154e-005	-1.2832e-006
09 to 11 (1)	37.6784	2.3584e-006	(0.0015)
(0.0011)	39.1306	6.2865e-007	1.1657e-006
1.7346e-006 (0.0013)	-54.2272	9.6964e-007	3.1528e-007
10 to T01 (1)	245.3736	7.6213e-006	(0.0028)
(0.0014)	1549.4429	2.3409e-006	1.8372e-006
4.7218e-006 (0.0022)	-693.5576	4.0574e-006	9.9731e-007
10 to 11 (1)	61.4368	5.4210e-006	(0.0023)
(0.0015)	-49.1355	2.3471e-006	2.2915e-006
6.5707e-006 (0.0026)	-18.9780	4.5414e-006	2.0242e-006
11 to T01 (1)	183.9405	9.0400e-006	(0.0030)
(0.0013)	1598.5664	1.7790e-006	1.8106e-006
6.8159e-006 (0.0026)	-674.5671	6.7504e-006	1.6071e-006
T02 to 02 (1)	1685.7862	4.5631e-006	(0.0021)
(0.0010)	-1886.5423	1.1358e-006	1.0746e-006
1.4609e-006 (0.0012)	-1261.8786	1.3729e-006	3.1307e-007
T02 to 03 (1)	1709.8994	6.1446e-006	(0.0025)
(0.0020)	-1793.1273	4.1069e-006	4.0203e-006
3.0384e-006 (0.0017)	-1317.5397	3.0224e-006	2.2246e-006
T02 to 04 (1)	1511.3908	2.4397e-005	(0.0049)
(0.0014)	-1666.7538	3.0790e-006	1.9779e-006
1.0665e-005 (0.0033)	-1158.4996	1.2676e-005	1.6203e-006
T02 to 05 (1)	1731.5833	2.9148e-006	(0.0017)
(0.0016)	-1091.8559	1.5490e-006	2.4445e-006
1.5849e-006 (0.0013)	-1630.6833	3.1861e-007	2.5495e-007
T02 to 06 (1)	1649.1184	1.8507e-006	(0.0014)
(0.0010)	-1585.1442	4.8528e-007	9.1837e-007

1.3540e-006 (0.0012)	-1343.5596	2.4594e-007	3.9970e-007
T02 to 07 (1)	1967.0190	6.6975e-006 (0.0026)	
(0.0017)	-1919.5814	2.5652e-006	2.9622e-006
6.7713e-006 (0.0026)	-1519.1282	4.6954e-006	1.9656e-006
T02 to 08 (1)	1865.2829	5.1378e-006 (0.0023)	
(0.0016)	-2487.4001	2.1671e-006	2.4351e-006
1.3949e-005 (0.0037)	-1174.2372	3.7985e-006	3.8150e-006
T02 to 09 (1)	1857.8891	3.9383e-006 (0.0020)	
(0.0013)	-2061.8771	1.2012e-006	1.7803e-006
2.8187e-006 (0.0017)	-1370.8623	1.0792e-006	4.0889e-007
T02 to 10 (1)	1834.1472	6.5052e-006 (0.0026)	
(0.0018)	-1973.5951	2.8978e-006	3.0773e-006
5.6444e-006 (0.0024)	-1406.0821	4.5324e-006	1.8590e-006
T02 to 11 (1)	1895.5724	2.9201e-006 (0.0017)	
(0.0017)	-2022.7443	2.0057e-006	2.8711e-006
1.7569e-006 (0.0013)	-1425.0794	3.6241e-007	5.7419e-007
T02 to T01 (1)	2079.5236	3.1727e-006 (0.0018)	
(0.0015)	-424.1612	1.4394e-006	2.1310e-006
4.6407e-006 (0.0022)	-2099.6307	1.2768e-006	3.7103e-007

 OUTPUT VECTOR RESIDUALS (East, North, Height - Local Level)

SESSION NAME	-- RE --	-- RN --	-- RH --	- PPM
- DIST - STD -				
(km) (m)	(m)	(m)	(m)	
02 to 03 (1)	-0.0039	0.0028	-0.0121	
116.968 0.1 0.0261				
02 to 04 (1)	-0.0080	0.0057	-0.0057	
38.026 0.3 0.0239				
02 to 05 (1)	-0.0049	0.0085	-0.0312	
37.322 0.9 0.0486				
02 to 06 (1)	0.0006	-0.0026	0.0052	
18.637 0.3 0.0248				

02 to 07 (1)			-0.0031	0.0051	0.0012
15.768	0.4	0.0263			
02 to 08 (1)			0.0031	-0.0110	0.0255
44.084	0.6	0.0318			
02 to 09 (1)			0.0005	0.0004	-0.0071
26.477	0.3	0.0251			
02 to 10 (1)			-0.0044	0.0038	0.0251
114.788	0.2	0.0518			
02 to 11 (1)			0.0018	-0.0019	-0.0031
13.677	0.3	0.0232			
02 to T01 (1)			-0.0049	0.0040	0.0170
10.462	1.7	0.0359			
03 to 08 (1)			0.0055	-0.0065	-0.0082
16.366	0.7	0.0332			
03 to 04 (1)			-0.0041	0.0065	-0.0123
51.095	0.3	0.0268			
03 to 05 (1)			0.0009	-0.0057	-0.0163
22.485	0.8	0.0371			
03 to 06 (1)			-0.0005	-0.0004	0.0016
7.824	0.2	0.0205			
03 to 07 (1)			-0.0041	-0.0006	0.0053
19.124	0.4	0.0246			
03 to 09 (1)			-0.0010	-0.0008	0.0014
6.143	0.3	0.0378			
03 to 10 (1)			-0.0039	0.0026	-0.0031
23.656	0.2	0.0383			
03 to 11 (1)			-0.0007	-0.0031	0.0141
46.012	0.3	0.0486			
03 to T01 (1)			0.0009	-0.0036	0.0247
15.419	1.6	0.0477			
04 to T01 (1)			0.0040	-0.0113	0.0139
11.089	1.7	0.0211			
04 to 05 (1)			0.0083	-0.0074	0.0139
22.876	0.8	0.0307			
04 to 06 (1)			0.0063	-0.0055	-0.0025
35.758	0.2	0.0229			
04 to 07 (1)			0.0055	-0.0007	0.0028
9.828	0.6	0.0250			
04 to 08 (1)			0.0019	0.0022	0.0219
24.703	0.9	0.0217			
04 to 09 (1)			0.0083	-0.0043	0.0176
35.241	0.6	0.0445			
04 to 10 (1)			0.0194	-0.0386	0.0454
122.924	0.5	0.0551			
04 to 11 (1)			0.0045	0.0068	0.0282
50.003	0.6	0.0363			
05 to 09 (1)			-0.0032	-0.0035	0.0093
10.353	1.0	0.0275			
05 to 06 (1)			-0.0017	-0.0030	0.0125
22.547	0.6	0.0269			
05 to 07 (1)			0.0022	-0.0018	-0.0354
40.963	0.9	0.0504			
05 to 08 (1)			0.0156	-0.0141	0.0462
34.426	1.5	0.0509			
05 to 10 (1)			0.0072	-0.0003	-0.0262
29.675	0.9	0.0465			
05 to 11 (1)			0.0066	0.0058	-0.0034
9.768	1.0	0.0269			

05 to T01 (1)			-0.0026	-0.0026	-0.0118
13.918	0.9	0.0298			
06 to T01 (1)			-0.0010	0.0001	0.0135
9.341	1.5	0.0257			
06 to 07 (1)			0.0023	-0.0033	-0.0056
13.890	0.5	0.0493			
06 to 08 (1)			-0.0045	-0.0062	-0.0080
11.793	0.9	0.0296			
06 to 09 (1)			0.0042	0.0014	0.0036
10.984	0.5	0.0259			
06 to 10 (1)			-0.0102	0.0200	0.0312
88.395	0.4	0.0548			
06 to 11 (1)			-0.0046	-0.0005	-0.0028
10.688	0.5	0.0238			
07 to 11 (1)			-0.0012	0.0028	0.0046
35.127	0.2	0.0231			
07 to 08 (1)			-0.0053	-0.0171	-0.0180
37.771	0.7	0.0319			
07 to 09 (1)			-0.0015	-0.0004	-0.0021
11.249	0.2	0.0283			
07 to 10 (1)			-0.0059	0.0091	0.0118
87.698	0.2	0.0565			
07 to T01 (1)			0.0076	0.0025	0.0009
4.990	1.6	0.0258			
08 to 09 (1)			-0.0066	0.0022	0.0168
38.744	0.5	0.0327			
08 to 10 (1)			0.0097	0.0215	0.0164
50.998	0.6	0.0357			
08 to 11 (1)			0.0061	0.0043	0.0069
19.199	0.5	0.0281			
08 to T01 (1)			0.0072	0.0012	-0.0064
4.272	2.3	0.0235			
09 to T01 (1)			-0.0024	0.0005	0.0007
1.403	1.8	0.0259			
09 to 10 (1)			-0.0172	0.0243	0.0436
538.586	0.1	0.0858			
09 to 11 (1)			-0.0004	-0.0013	0.0003
18.922	0.1	0.0231			
10 to T01 (1)			-0.0137	0.0133	0.0072
11.900	1.7	0.0379			
10 to 11 (1)			-0.0079	-0.0004	-0.0074
133.610	0.1	0.0380			
11 to T01 (1)			0.0066	0.0029	0.0081
6.222	1.7	0.0423			
T02 to 02 (1)			-0.0085	-0.0001	-0.0089
4.372	2.8	0.0268			
T02 to 03 (1)			-0.0177	0.0151	-0.0072
8.686	2.8	0.0365			
T02 to 04 (1)			-0.0068	-0.1129	0.4263 \$
174.275	2.5	0.0612			
T02 to 05 (1)			-0.0058	0.0113	0.0014
4.903	2.6	0.0265			
T02 to 06 (1)			-0.0093	-0.0039	-0.0005
3.811	2.7	0.0204			
T02 to 07 (1)			-0.0062	0.0101	-0.0286
9.848	3.1	0.0408			
T02 to 08 (1)			0.0017	-0.0090	-0.0915
27.659	3.3	0.0467			

T02 to 09 (1)		-0.0081	0.0132	-0.0136
6.661	3.1	0.0294		
T02 to 10 (1)		-0.0085	0.0023	-0.0409
13.764	3.0	0.0392		
T02 to 11 (1)		-0.0086	0.0071	-0.0237
8.409	3.1	0.0276		
T02 to T01 (1)		-0.0129	0.0078	-0.0384
13.823	3.0	0.0317		

	RMS	0.0071	0.0166	0.0567

§ - This session is flagged as a 3-sigma outlier

CHECK POINT RESIDUALS (East, North, Height - Local Level)

STA. NAME	-- RE --	-- RN --	-- RH --
	(m)	(m)	(m)
T01	-0.0160	0.0604	0.2609

RMS	0.0160	0.0604	0.2609

CONTROL POINT RESIDUALS (ADJUSTMENT MADE)

STA. NAME	-- RE --	-- RN --	-- RH --
	(m)	(m)	(m)
T02	0.0000	-0.0000	-0.0000

RMS	0.0000	0.0000	0.0000

OUTPUT STATION COORDINATES (LAT/LONG/HT)

STA_ID	-- LATITUDE --	-- LONGITUDE --	- ELLHGT -	ORTHOHGT
02	37 58 28.07698	23 46 51.25803	240.9300	202.2937
03	37 58 25.46237	23 46 54.36162	253.7717	215.1354
04	37 58 32.13224	23 47 02.37997	249.0452	210.3981
05	37 58 11.41644	23 47 20.29434	299.7127	261.0698
06	37 58 24.23269	23 47 03.16382	260.0414	221.4000
07	37 58 16.63060	23 46 45.37336	275.0001	236.3770
08	37 58 31.87380	23 46 25.76478	233.2926	194.6711
09	37 58 23.55909	23 46 41.84108	242.2861	203.6600
10	37 58 22.38152	23 46 45.54319	231.5216	192.8939
11	37 58 21.16974	23 46 42.68575	248.5391	209.9143
T01	37 57 47.69986	23 47 39.57224	474.5229	435.8859
T02	37 59 15.92941	23 48 29.85659	401.6320	362.8919

 OUTPUT STATION COORDINATES (GRID)

STA_ID	- EASTING - (m)	- NORTHING - (m)	- ELLHGT - (m)	ORTHOHGT (m)
02	480757.3659	4203004.5947	240.9300	202.2937
03	480832.8941	4202923.8350	253.7717	215.1354
04	481028.9937	4203128.9437	249.0452	210.3981
05	481464.5907	4202489.4822	299.7127	261.0698
06	481047.5524	4202885.4358	260.0414	221.4000
07	480612.9634	4202652.1572	275.0001	236.3770
08	480135.7003	4203123.0997	233.2926	194.6711
09	480527.2923	4202865.8974	242.2861	203.6600
10	480617.5269	4202829.3903	231.5216	192.8939
11	480547.7246	4202792.2090	248.5391	209.9143
T01	481933.3221	4201757.4872	474.5229	435.8859
T02	483165.8760	4204474.0988	401.6320	362.8919

 OUTPUT STATION COORDINATES (ECEF)

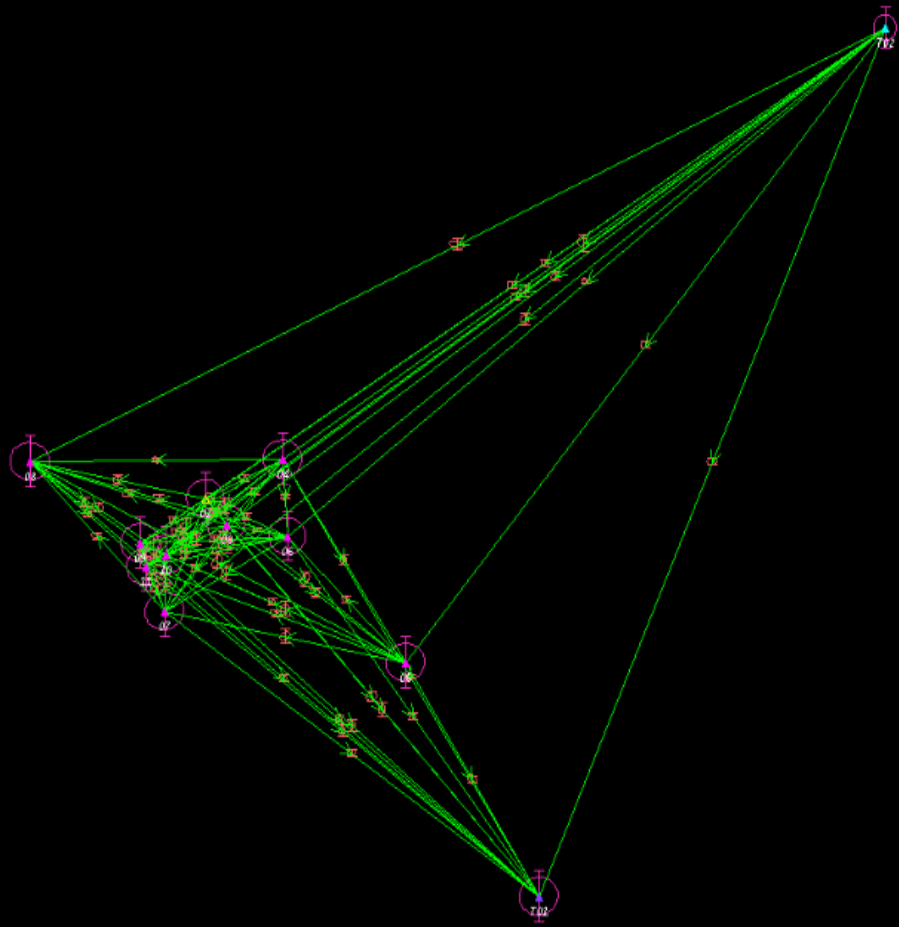
STA_ID	---- X ---- (m)	---- Y ---- (m)	---- Z ---- (m)
02	4606916.5086	2030058.5352	3903358.4486
03	4606940.6182	2030151.9386	3903302.8005
04	4606742.4899	2030278.4918	3903462.0065
05	4606962.3056	2030853.2246	3902989.6593
06	4606879.8493	2030359.9363	3903276.7698
07	4607197.7206	2030025.4895	3903101.1949
08	4607095.9466	2029457.6628	3903446.0322
09	4607088.6005	2029883.1961	3903249.4725
10	4607064.8451	2029971.4717	3903214.2273
11	4607126.2800	2029922.3267	3903195.2444
T01	4607310.2220	2031520.9010	3902520.6846
T02	4605230.7253	2031945.0882	3904620.3328

 OUTPUT VARIANCE/COVARIANCE

STA_ID	SE/SN/SUP (95.00 %) (m)	----- CX matrix (m)----- (not scaled by confidence level) (ECEF, XYZ cartesian)
02	0.0139	1.5378e-004
	0.0161	5.5468e-005 5.7574e-005
	0.0382	8.6170e-005 3.8600e-005 1.0751e-004
03	0.0141	1.5299e-004
	0.0160	6.1083e-005 6.3879e-005
	0.0389	8.9358e-005 4.3359e-005 1.1220e-004

04	0.0142	1.5438e-004			
	0.0166	5.5167e-005	5.8743e-005		
	0.0385	8.6752e-005	3.9123e-005	1.1346e-004	
05	0.0143	1.5527e-004			
	0.0165	5.8761e-005	6.2570e-005		
	0.0386	8.6232e-005	4.1310e-005	1.1055e-004	
06	0.0137	1.4329e-004			
	0.0159	5.3027e-005	5.6480e-005		
	0.0374	8.1877e-005	3.8856e-005	1.0706e-004	
07	0.0141	1.5222e-004			
	0.0165	5.8055e-005	6.1363e-005		
	0.0389	8.9324e-005	4.1543e-005	1.1725e-004	
08	0.0141	1.4954e-004			
	0.0168	5.5174e-005	5.9135e-005		
	0.0385	8.5871e-005	4.2930e-005	1.1831e-004	
09	0.0143	1.5333e-004			
	0.0162	5.4340e-005	5.8605e-005		
	0.0388	9.0592e-005	4.0355e-005	1.1675e-004	
10	0.0149	1.7160e-004			
	0.0177	6.5774e-005	6.8916e-005		
	0.0425	1.1138e-004	4.9311e-005	1.4995e-004	
11	0.0140	1.4585e-004			
	0.0162	5.5345e-005	5.9395e-005		
	0.0378	8.3558e-005	3.9743e-005	1.0950e-004	
T01	0.0144	1.5285e-004			
	0.0165	5.5268e-005	6.0459e-005		
	0.0385	8.7972e-005	3.9486e-005	1.1455e-004	
T02	0.0098	9.5552e-005			
	0.0098	3.5100e-005	3.1487e-005		
	0.0318	6.7904e-005	2.9961e-005	7.3961e-005	

 VARIANCE FACTOR = 1.0000



Εικόνα 10: Επίλυση Δικτύου στο GrafNet από T01

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

ΟΙ ΤΕΛΙΚΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Αρίθμηση Τριγωνομετρικών Σημείων

1. Λαμπαδάριο
2. Βέη
3. Υδραυλική
4. Παλιές Εστίες
5. Πλαγιά
6. ΣΕΜΦΕ
7. Χημικοί Μηχανικοί
8. Ναυπηγοί
9. Φυσική
10. Αντλιοστάσιο
11. Κύρου Πήρα
12. Λιθάρι

Τριγωνομετρικό Σημείο : **Λαμπαδάριο** (α/α : 11)

Περιγραφή : Το δυτικότερο βάθρο στο δώμα του κτηρίου

Συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ87	Χ	Υ	Η
	4808547,715	4202792,111	210,661



Εικόνα 11: Το δυτικό βάθρο στο κτήριο Λαμπαδάριο

Τριγωνομετρικό Σημείο : **Βέη** (α/α : 09)

Περιγραφή : Το βάθρο στην οροφή του κτηρίου

Συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ87	X	Y	H
	480527,280	4202865,798	204,408



Εικόνα 12: Το βάθρο στο κτήριο Βέη

Τριγωνομετρικό Σημείο : **Υδραυλική** (α/α : 08)

Περιγραφή : Το βάθρο στο δώμα του κτηρίου

Συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ87	X	Y	H
	480135,684	4203123,006	195,417



Εικόνα 13: Το βάθρο στο κτήριο της Υδραυλικής

Τριγωνομετρικό Σημείο : **Παλιές Εστίες** (α/α : 07)

Περιγραφή : Το βάθρο στην οροφή του κτηρίου

Συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ87	Χ	Υ	Η
	480612,954	4202652,058	237,123



Εικόνα 14: Το βάθρο στο κτήριο των παλαιών εστιών

Τριγωνομετρικό Σημείο : **Πλαγιά** (α/α : 10)

Περιγραφή : Το βάθρο απέναντι από το κτήριο Λαμπαδάριο

Συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ87	Χ	Υ	Η
	480617,514	4202829,290	193,645



Εικόνα 15: Το βάθρο στην πλαγιά έναντι του Λαμπαδαρίου

Τριγωνομετρικό Σημείο : **ΣΕΜΦΕ** (α/α : 03)

Περιγραφή : Το βάθρο στο δώμα του κτηρίου

Συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ87	X	Y	H
	480832,884	4202923,736	215,922



Εικόνα 16: Το βάθρο στο δώμα του κτηρίου ΣΕΜΦΕ (Παλιές Γενικές Έδρες)

Τριγωνομετρικό Σημείο : **Χημικοί Μηχανικοί** (α/α : 06)

Περιγραφή : Το βάθρο στην οροφή του εργαστηρίου

Συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ87	X	Y	H
	481047,544	4202885,338	222,171



Εικόνα 17: Το βάθρο στο κτήριο των Χημικών Μηχανικών

Τριγωνομετρικό Σημείο : **Ναυπηγοί** (α/α : 04)

Περιγραφή : Το βάθρο στο δώμα του εργαστηρίου

Συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ87	X	Y	H
	481028,990	4203128,842	211,184

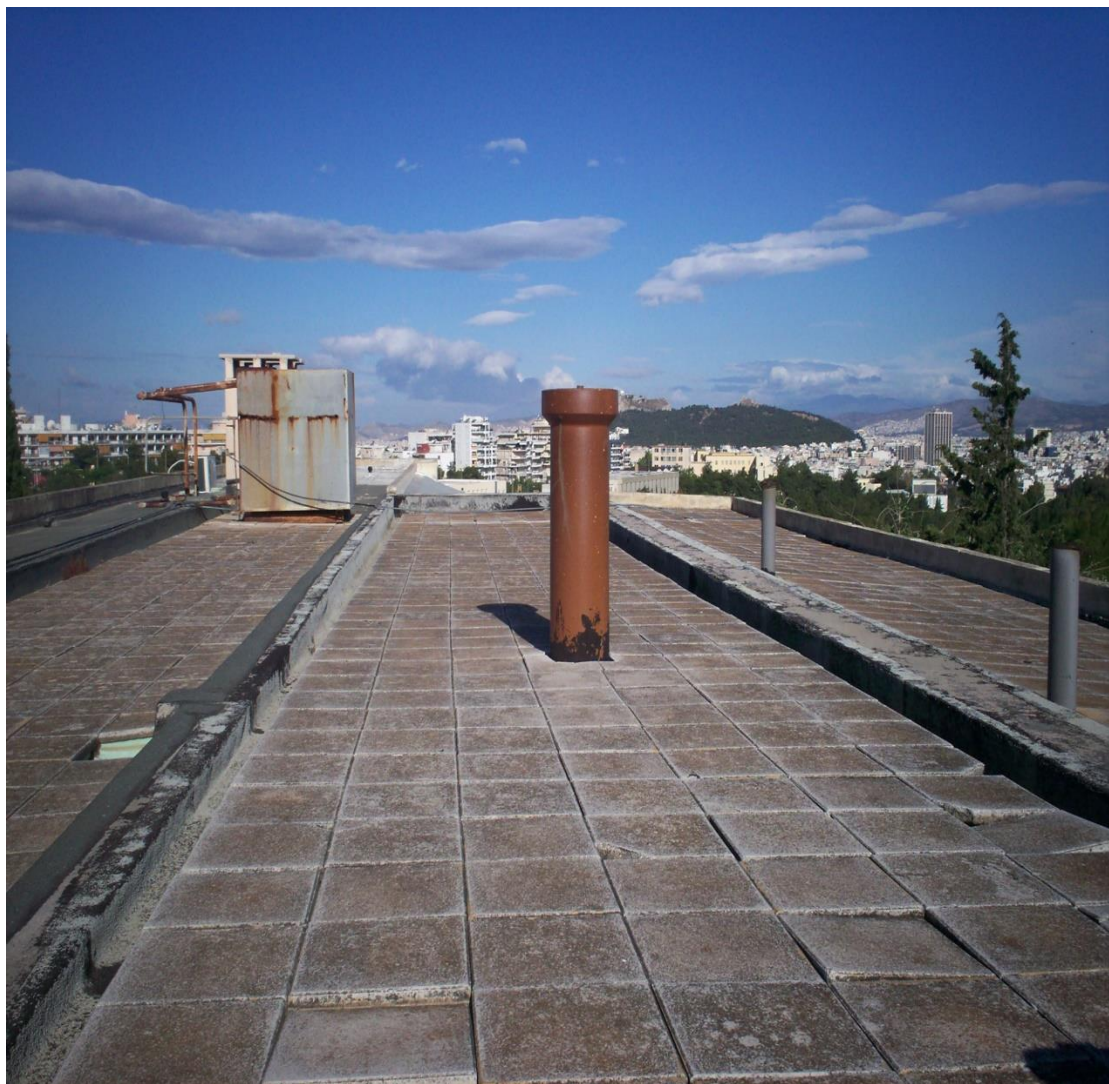


Εικόνα 18: Το βάθρο στο εργαστήριο της σχολής των Ναυπηγών Μηχανικών

Τριγωνομετρικό Σημείο : **Φυσική** (α/α : 02)

Περιγραφή : Το βάθρο στην οροφή του κτηρίου

Συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ87	X	Y	H
	480757,356	4203004,500	203,054



Εικόνα 19: Το βάθρο του κτηρίου Φυσικής

Τριγωνομετρικό Σημείο : **Αντλιοστάσιο** (α/α : 05)

Περιγραφή : Το βάθρο βρίσκεται ανατολικά της έκτασης της Πολυτεχνειούπολης και εντάσσεται στην έκταση του ΕΚΠΑ

Συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ87	X	Y	H
	481464,588	4202489,378	261,865



Εικόνα 20: Το βάθρο στο αντλιοστάσιο

Τριγωνομετρικό Σημείο : **Κύρου Πήρα** (α/α : T01)

Περιγραφή : Το βάθρο βρίσκεται ανατολικά και εντός του Δάσους της Καισαριανής

Συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ87	X	Y	H
	481933,322	4201757,377	436,667



Εικόνα 21: Το βάθρο Κύρου Πήρα στο δάσος της Καισαριανής

Τριγωνομετρικό Σημείο : **Λιθάρι** (α/α : T02)

Περιγραφή : Το βάθρο βρίσκεται σε λόφο στην περιοχή Παπάγου

Συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ87	Χ	Υ	Η
	483165,880	4204474,023	363,758

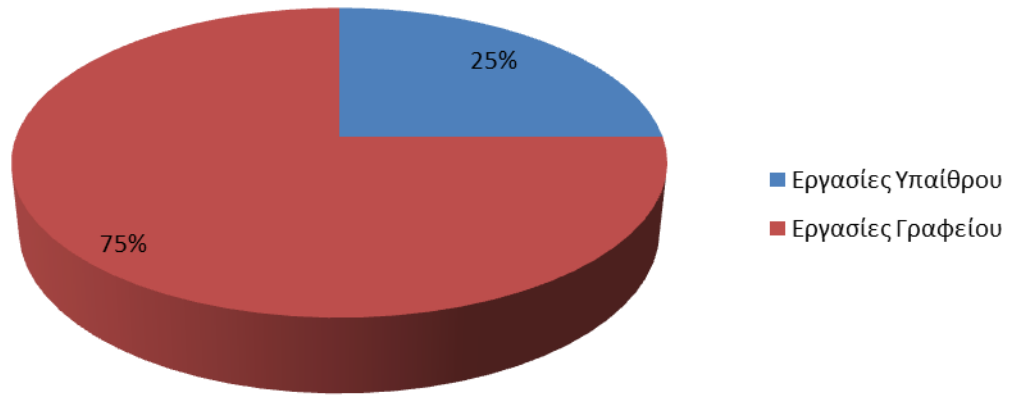


Εικόνα 22: Το βάθρο της ΓΥΣ Λιθάρι

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

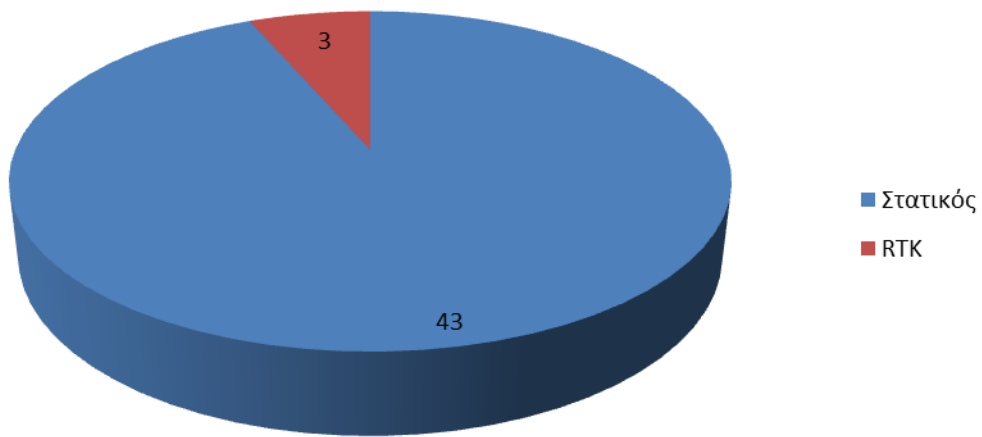
ΤΟ ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Χρονοδιάγραμμα Εργασιών



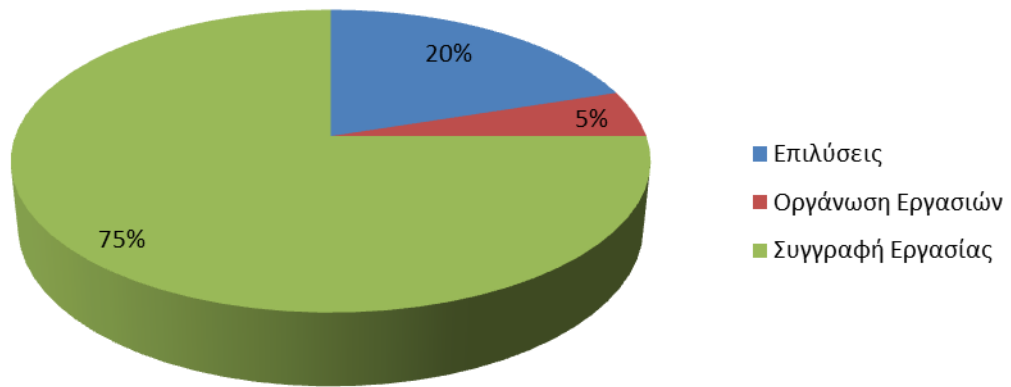
Γράφημα 1: Το χρονοδιάγραμμα των εργασιών

Ώρες στο Πεδίο



Γράφημα 2: Οι απαιτούμενες ώρες πεδίου για τις δύο δορυφορικές τεχνικές

Εργασίες Γραφείου



Γράφημα 3: Το χρονοδιάγραμμα εργασιών γραφείου