



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

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ RTK ΣΕ ΔΙΚΤΥΟ ΜΟΝΙΜΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ GNSS ΓΙΑ ΤΡΕΧΟΥΣΕΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ



Επιμέλεια: Δήμου Μαρία

Επιβλέπουσα καθηγήτρια:

Τσακίρη Μαρία

Επίκουρη Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2011

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια αναπτύσσονται ραγδαία τεχνικές προσδιορισμού θέσης με συστήματα GNSS (Global Navigation Satellite Systems) με τη βοήθεια δικτύων μόνιμων σταθμών. Τα δίκτυα μόνιμων σταθμών καλύπτουν ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών που μπορεί να αφορούν από απλές τοπογραφικές αποτυπώσεις μέχρι και ερευνητικές δραστηριότητες σε διάφορους τομείς. Αξιοποιούνται με τη βοήθεια τεχνικών πραγματικού χρόνου καθώς επίσης και μεθόδων σχετικού και απόλυτου εντοπισμού θέσης.

Η εξέλιξη των δικτύων μόνιμων σταθμών παρουσιάζεται σε παγκόσμια, ηπειρωτική, εθνική και τοπική κλίμακα. Στην Ελλάδα λειτουργούν μόνιμα δίκτυα σταθμών από κρατικούς φορείς και ιδιωτικές εταιρείες.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται εφαρμογή τεχνικών στατικού εντοπισμού και RTK (Real Time Kinematic) με χρήση του δικτύου Metricanet. Η μέθοδος του στατικού εντοπισμού και των τεχνικών πραγματικού χρόνου υλοποιούνται σε δύο περιοχές μέσα από την αξιοποίηση του δικτύου μόνιμων σταθμών (GNSS) της εταιρείας Metrica. Όσον αφορά στις τεχνικές (RTK), χρησιμοποιούνται η συμβατική τεχνική Single Base (RTK) και οι δικτυακές τεχνικές (VRS) (RTK) και (IMAX). Επίσης, γίνεται και χρήση της τεχνικής Precise Point Positioning, η οποία υλοποιείται μέσα από παγκόσμια δίκτυα μόνιμων σταθμών συνεχούς λειτουργίας. Γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από τις (RTK) τεχνικές και τη μέθοδο (PPP) σε σχέση με τη μέθοδο του στατικού εντοπισμού.

Η εκπόνηση των πειραμάτων έγινε στην Αθήνα σε περιοχή που απέχει 10 km από το σταθμό αναφοράς της Metrica στη Μεταμόρφωση και στα Ιωάννινα σε περιοχές που απέχουν 5, 15 και 50 km από το σταθμό (GNSS) της Metrica στα Ιωάννινα.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις τεχνικές (RTK) και στατικού εντοπισμού δείχνουν ότι ένα δίκτυο (GNSS) μόνιμων σταθμών αναφοράς μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο πλαίσιο απλών τοπογραφικών εργασιών.

Summary

In recent years techniques of positioning with GNSS (Global Navigation Systems) systems have been developed using Networks of Permanent Reference Stations. The Networks of Permanent Reference Stations cover a wide range of applications from simple topographic surveying up to research activities in various sectors. They are utilized by Real Time Kinematic techniques as well as methods of relative and absolute positioning.

The development of Networks of Permanent Reference Stations appear in global, continental, national and local scale. In Greece, function Networks Of Permanent Reference Stations by government agencies and private companies.

The main aim of this work is to utilize a permanent (GNSS) network in Greece (Metricanet) for surveying applications. Specifically, The methods of static positioning and Real Time Kinematic positioning are applied in two areas of this network. As regards (RTK) techniques, the Single Base RTK and the network techniques (VRS) (RTK) and (IMAX) are implemented. The Precise Point Positioning is also implemented through global networks of Permanent Reference Stations of continuous operation for comparison purposes.

The experiments took place in Athens, in an area located 10 km from the reference station 'Metamorphosi' of Metrica and also in Ioannina, in areas located 5, 15 and 50 km from the Metrica (GNSS) station of Ioannina.

The results obtained from methods (RTK) and static show that a Network of Permanent Reference Stations can be utilized for topographical surveys.

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την κυρία Τσακίρη Μαρία, Επίκουρη Καθηγήτρια της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών για την καθοδήγηση, την άψογη συνεργασία μας, τις πολύτιμες συμβουλές της και την κατανόηση και ενθάρρυνση που έδειξε στις ατυχείς και δύσκολες στιγμές κατά την πορεία εκπόνησης του θέματος.

Ευχαριστίες αρμόζουν επίσης:

Στον Αγρονόμο Τοπογράφο Μηχανικό (Ι.Δ.Α.Χ.) της Σ.Α.Τ.Μ. Ε.Μ.Π κύριο Πηνιώτη Γεώργιο, για τη βοήθεια και τις συμβουλές του.

Στον κύριο Αντωνακάκη Αντώνη, υπεύθυνο τεχνικής υποστήριξης της εταιρείας Metrica, ο οποίος συνέβαλε καθοριστικά στην εκπόνηση της εργασίας, βοηθώντας στην εξοικείωση με τους γεωδαιτικούς δέκτες GNSS και το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκαν, την επίλυση των αποριών μου και την επικοινωνία κατά το διάστημα της διπλωματικής εργασίας.

Στον κύριο Γρηγορακάκη Παναγιώτη, μηχανικό εφαρμογών της εταιρείας Metrica, για τη βοήθεια που παρείχε με το λογισμικό LGO, την επίλυση των αποριών μου και τη συνεργασία.

Στην εταιρεία Metrica Α.Ε. για το δανεισμό των γεωδαιτικών δεκτών για την εκπόνηση των πειραμάτων στην περιοχή Ιωαννίνων και την άψογη συνεργασία.

Στον αδερφό μου Δήμου Στέργιο για την ηθική υποστήριξη καθόλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας και για την πολύτιμη βοήθεια του στις εργασίες πεδίου.

Στο σημείο αυτό δε θα μπορούσα να παραλείψω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, που με πολλή κατανόηση και φροντίδα στάθηκε πλάι μου, αρωγός μιας πολυετούς προσπάθειας που φτάνει αισίως στο τέλος της.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|--|----|
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ..... | 15 |
| 1.1 Γενικά..... | 15 |
| 1.2 Σκοπός της διπλωματικής εργασίας..... | 15 |
| 1.3 Δομή της διπλωματικής εργασίας..... | 16 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΣΗΣ ΜΕ GPS ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΧΡΟΝΟ ΚΑΙ ΜΟΝΙΜΑ ΔΙΚΤΥΑ RTK – GPS | 18 |
| 2.1 Εισαγωγή | 18 |
| 2.2 Μέθοδοι δορυφορικού προσδιορισμού θέσης σε πραγματικό χρόνο | 18 |
| 2.2.1 Μέθοδος DGPS (Differential GPS) | 19 |
| 2.2.2 Μέθοδος RTK (Real Time Kinematic) | 19 |
| 2.3 Δίκτυα μόνιμων σταθμών GNSS συνεχούς λειτουργίας | 21 |
| 2.3.1 Παραδείγματα Διεθνών δικτύων CORS..... | 26 |
| 2.3.2 Παραδείγματα κρατικών και ιδιωτικών δικτύων GNSS σε ευρωπαϊκές χώρες | 26 |
| 2.4 Αξιοποίηση των παγκόσμιων δικτύων στον προσδιορισμό θέσης με GPS | 29 |
| 2.4.1 Μέθοδος PPP (Precise Point Positioning) | 29 |
| 2.4.2 Online κέντρα επεξεργασίας δεδομένων..... | 30 |
| 2.5 Δικτυακές Τεχνικές RTK..... | 32 |
| 2.6 Δίκτυα μόνιμων σταθμών αναφοράς στην Ελλάδα | 39 |
| 2.6.1 Εισαγωγή..... | 39 |
| 2.6.2 Δίκτυο HEPOS (HEllenic POsitioning System)..... | 40 |
| 2.6.3 Μόνιμοι σταθμοί του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών | 42 |
| 2.6.4 Ιδιωτικά δίκτυα σταθμών αναφοράς στην Ελλάδα..... | 44 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΤΟΥ ΔΕΚΤΗ GPS 1200+ LEICA..... | 54 |
| 3.1 Εισαγωγή | 54 |
| 3.2 Τεχνολογία, Σύνθεση Συστήματος και τεχνικά χαρακτηριστικά δέκτη | 54 |
| 3.3 Περιγραφή λογισμικού Smartworx | 57 |
| 3.3.1 Η έννοια του λογισμικού..... | 57 |
| 3.3.2 Αποθήκευση και μετατροπή δεδομένων | 57 |
| 3.3.3 Ερμηνεία και περιγραφή των εικονιδίων του χειριστηρίου | 58 |
| 3.3.4 Συλλογή δεδομένων με τη μέθοδο του στατικού εντοπισμού | 61 |
| 3.3.5 Συλλογή δεδομένων με μεθόδους Real Time..... | 64 |

| | |
|---|------------------|
| 3.4 Περιγραφή λογισμικού Leica Geo Office | 67 |
| 3.4.1 Γενικά στοιχεία του λογισμικού Leica Geo Office..... | 67 |
| 3.4.2 Περιγραφή LGO | 67 |
| 3.4.3 Μεταφορά raw δεδομένων στο Leica Geo Office | 68 |
| 3.4.4 Επεξεργασία δεδομένων πραγματικού χρόνου | 69 |
| 3.4.5 Επεξεργασία δεδομένων στατικού εντοπισμού | 72 |
| 3.4.6 Μετασχηματισμοί συντεταγμένων στο Leica Geo Office..... | 76 |
| 3.4.7 Μετατροπή αρχείων σε μορφή RINEX..... | 82 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ RTK ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΣΤΑΘΜΩΝ ΑΝΑΦΟΡΑΣ METRICANET..... | 83 |
| 4.1 Εισαγωγή | 83 |
| 4.2 Περιγραφή γεωδαιτικού εξοπλισμού | 83 |
| 4.3 Πειράματα..... | 86 |
| 4.3.1 Μετρήσεις στο χώρο του πάρκινγκ Πολυτεχνειούπολης | 86 |
| 4.3.2 Αποτύπωση γηπέδου τέννις στην Πολυτεχνειούπολη | 93 |
| 4.3.3 Μετρήσεις σημείων στην περιοχή Ιωαννίνων | 97 |
| 4.3.4 Αποτύπωση αμφιθεατρικού χώρου και τεχνητής λίμνης στην περιοχή Γιαννιώτικο Σαλόνι..... | 106 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ..... | 110 |
| 5.1 Εισαγωγή | 110 |
| 5.2 Ανάλυση διαδικασίας επεξεργασίας δεδομένων | 110 |
| 5.2.1 Επεξεργασία μετρήσεων GNSS..... | 110 |
| 5.2.2 Επεξεργασία μετρήσεων με Γεωδαιτικό Σταθμό..... | 111 |
| 5.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων των μετρήσεων στην Αθήνα | 112 |
| 5.3.1 Αξιολόγηση μετρήσεων πάρκινγκ Πολυτεχνειούπολης..... | 112 |
| 5.3.2 Αξιολόγηση μετρήσεων γηπέδου τέννις Πολυτεχνειούπολης..... | 125 |
| 5.4 Ανάλυση αποτελεσμάτων στην περιοχή Ιωαννίνων..... | 139 |
| 5.4.1 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων μετρήσεων των σημείων | 139_Toc307193534 |
| 5.4.2 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων της αποτύπωσης του αμφιθεατρικού χώρου στην περιοχή Γιαννιώτικο Σαλόνι..... | 156 |
| 5.4.3 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων της αποτύπωσης τεχνητής λίμνης στην περιοχή Γιαννιώτικο Σαλόνι. | 160 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ..... | 167 |
| 6.1 Εισαγωγή | 167 |
| 6.2 Συμπεράσματα | 167 |

| | |
|---|-----|
| 6.3 Προτάσεις | 170 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 171 |
| Ελληνική Βιβλιογραφία..... | 171 |
| Ξένη Βιβλιογραφία..... | 173 |
| Δικτυακοί Τόποι..... | 173 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ | 175 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΙΛΥΣΕΩΝ PPP ΑΠΟ ΤΑ ONLINE ΚΕΝΤΡΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ CSRS ΚΑΙ AUSPOS | 176 |
| Α.1: ΣΗΜΕΙΟ ΠΑΡΚΙΝΓΚ, ΠΕΡΙΟΧΗ: ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗ ΑΘΗΝΑΣ | 176 |
| Α.2: ΣΗΜΕΙΟ 1, ΠΕΡΙΟΧΗ: ΚΑΤΣΙΚΑ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ | 196 |
| Α.3: ΣΗΜΕΙΟ 2, ΠΕΡΙΟΧΗ: ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ | 210 |
| Α.4: ΣΗΜΕΙΟ 3, ΠΕΡΙΟΧΗ: ΗΛΙΟΡΡΑΧΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ..... | 224 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΓΣΑ '87 ΑΠΟ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΣΤΟ ΠΑΡΚΙΝΓΚ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ | 238 |
| Β.1: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΧΡΟΝΟΥ | 238 |
| Β.2: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΧΡΟΝΟΥ | 241 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΗΜΕΙΩΝ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΓΣΑ | 243 |
| Γ.1: ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΗΜΕΙΩΝ ΣΤΟ ΠΑΡΚΙΝΓΚ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ | 243 |
| Γ.2: ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΗΜΕΙΩΝ ΣΤΟ ΓΗΠΕΔΟ ΤΕΝΝΙΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ | 244 |
| Γ.3 ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΠΟΥ ΑΠΕΧΟΥΝ 5, 15 ΚΑΙ 50 km ΑΠΟ ΣΤΟ ΣΤΑΘΜΟ ΤΗΣ METRICANET ΣΤΑ ΙΩΑΝΝΙΝΑ | 245 |
| Γ.4: ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΗΜΕΙΩΝ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΓΙΑΝΝΙΩΤΙΚΟ ΣΑΛΟΝΙ | 246 |
| Γ.5: ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΗΜΕΙΩΝ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΓΙΑΝΝΙΩΤΙΚΟ ΣΑΛΟΝΙ | 247 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ: ΜΕΤΡΗΘΕΝΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΗΜΕΙΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΓΗΠΕΔΟΥ ΜΕ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (ΣΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΑΠΟ ΕΠΙΛΥΣΗ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟΥΣ SINGLE BASE RTK ΚΑΙ VRS RTK) | 248 |
| Δ.1: ΜΕΤΡΗΘΕΝΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΗΜΕΙΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΓΗΠΕΔΟΥ ΜΕ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (ΣΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΑΠΟ ΕΠΙΛΥΣΗ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ) | 248 |
| Δ.2: ΜΕΤΡΗΘΕΝΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΗΜΕΙΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΓΗΠΕΔΟΥ ΜΕ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (ΣΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟ SINGLE BASE RTK) | 251 |

| | |
|--|-----|
| Δ.3: ΜΕΤΡΗΘΕΝΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΗΜΕΙΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΓΗΠΕΔΟΥ ΜΕ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (ΣΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟ VRS RTK)..... | 254 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΤΑΧΥΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟΥΣ RTK | 257 |
| Ε.1: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΗΜΕΙΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΓΗΠΕΔΟΥ ΤΕΝΝΙΣ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟΥΣ SINGLE BASE RTK ΚΑΙ VRS RTK..... | 257 |
| Ε.2: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΗΜΕΙΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΓΙΑΝΝΙΩΤΙΚΟ ΣΑΛΟΝΙ | 259 |
| Ε.3: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΗΜΕΙΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΓΙΑΝΝΙΩΤΙΚΟ ΣΑΛΟΝΙ | 260 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΓΗΠΕΔΟΥ ΤΕΝΝΙΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΜΕ GPS ΚΑΙ TOTAL STATION..... | 261 |
| ΣΤ.1: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΓΗΠΕΔΟΥ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟΥΣ SINGLE BASE RTK ΚΑΙ VRS RTK..... | 261 |
| ΣΤ.2: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΜΕ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (ΣΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΜΕ ΕΠΙΛΥΣΗ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ) ΚΑΙ SINGLE BASE RTK | 263 |
| ΣΤ.3: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΜΕ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (ΣΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΜΕ ΕΠΙΛΥΣΗ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ) ΚΑΙ VRS RTK | 265 |
| ΣΤ.4: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΜΕ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (ΣΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟ SINGLE BASE RTK) ΚΑΙ SINGLE BASE RTK | 267 |
| ΣΤ.5: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΜΕ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (ΣΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟ SINGLE BASE RTK) ΚΑΙ VRS RTK | 269 |
| ΣΤ.6: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΜΕ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (ΣΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟ VRS RTK) ΚΑΙ VRS RTK..... | 271 |
| ΣΤ.7: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΜΕ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (ΣΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟ VRS RTK) ΚΑΙ SINGLE BASE RTK..... | 273 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ: ΣΥΝΘΕΣΗ ΔΕΚΤΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΟΤΕΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ | 275 |
| Ζ.1: ΣΥΝΘΕΣΗ ΔΕΚΤΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΟΤΕΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ | 275 |

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ, ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

| | |
|--|----|
| Πίνακας 2.1: Βασικά χαρακτηριστικά διεθνών δικτύων CORS. | 27 |
| Πίνακας 2.2: Βασικά χαρακτηριστικά κρατικών δικτύων στην Ευρώπη. | 28 |
| Πίνακας 2.3: Βασικά χαρακτηριστικά ιδιωτικών δικτύων στην Ευρώπη. | 29 |
| Πίνακας 2.4: Οι παρεχόμενες υπηρεσίες και ακρίβειες του HEPOS. | 41 |
| | |
| Εικόνα 2.1: Διαφορικό GPS (DGPS). | 20 |
| Εικόνα 2.2: Σχεδιάγραμμα λειτουργίας σχετικού προσδιορισμού σε πραγματικό χρόνο (Πηγή : http://winfwiki.wi-fom.de/index.php/). | 21 |
| Εικόνα 2.3: Διεθνές δίκτυο σταθμών αναφοράς CORS (Πηγή: http://www.ngs.noaa.gov/CORS). | 22 |
| Εικόνα 2.4: Διεθνές δίκτυο σταθμών αναφοράς IGS (Πηγή: http://igs.org/network/). | 23 |
| Εικόνα 2.5: α) Σταθμός AUT1 (Θέρμη Θεσσαλονίκης), β) Σταθμός LARI (Λάρισα), γ) Σταθμός DUTH (Ξάνθη), δ) Σταθμός NOA1 (Αθήνα), ε) Σταθμός TUC2 (Χανιά) (Πηγή: http://www.epncb.oma.be/). | 24 |
| Εικόνα 2.6: Δίκτυο Μόνιμων σταθμών EPN (Πηγή: http://www.epncb.oma.be/). | 25 |
| Εικόνα 2.7: Διαφορά δικτυακού RTK και Single Base RTK (Πηγή: http://www.hepos.gr/). .. | 32 |
| Εικόνα 2.8: Χρήση της τεχνικής VRS (Πηγή: Δεληκαράογλου 2006). | 34 |
| Εικόνα 2.9: Χρήση της τεχνικής FKP (Πηγή: Δεληκαράογλου 2006). | 36 |
| Εικόνα 2.10: Τεχνική MAC (Πηγή: Γιαννίου 2008). | 37 |
| Εικόνα 2.11: Τεχνική MAX (Πηγή: http://www.leica-geosystems.com/). | 38 |
| Εικόνα 2.12: Τεχνική IMAX (Πηγή: http://www.leica-geosystems.com/). | 39 |
| Εικόνα 2.13: Δίκτυο σταθμών αναφοράς HEPOS (Πηγή: http://www.hepos.gr/). | 40 |
| Εικόνα 2.14: Δίκτυο σταθμών του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (Πηγή: http://www.gein.noa.gr/). | 43 |
| Εικόνα 2.15 a, b, c: Σταθμοί αναφοράς του Metricanet στη Μήλο, στην Άρτα και στη Σαντορίνη (Πηγή: http://www.metrice.gr/). | 45 |
| Εικόνα 2.16: Υφιστάμενο δίκτυο μόνιμων σταθμών GNSS της εταιρείας METRICA (Πηγή: http://www.metrice.gr/). | 46 |
| Εικόνα 2.17: Οι ταχύτητες μετακίνησης των μόνιμων σταθμών GNSS του δικτύου AUTH – METRICA στον ελλαδικό χώρο (Πηγή: http://www.metrice.gr/). | 49 |
| Εικόνα 2.18: Υφιστάμενο δίκτυο μόνιμων σταθμών CORS της εταιρείας Civilshop (Πηγή: http://www.marktopo.com/). | 50 |
| Εικόνα 2.19 a, b, c: Σταθμοί αναφοράς στη Μαγούλα (Εύβοια), Λαμία και Λευκάδα (Πηγή: http://www.treecomp.gr/). | 51 |
| Εικόνα 2.20: Υφιστάμενο δίκτυο μόνιμων σταθμών CORS της εταιρείας JGC (Πηγή: http://www.jgc.gr/). | 52 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

| | |
|--|----|
| Πίνακας 3.1: Υποστηριζόμενοι κώδικες και φάσεις δέκτη GPS 1200+ για κάθε δορυφορικό σύστημα (Πηγή: Leica Geosystems. Εγχειρίδιο χρήσης GPS 1200+). | 55 |
| Πίνακας 3.2: Θεωρητικές ακρίβειες μέτρησης των δεκτών GPS 1200+ LEICA (Πηγή: Leica Geosystems. Εγχειρίδιο χρήσης GPS 1200+). | 56 |
| Πίνακας 3.3: Περιγραφή των εικονιδίων του κυρίως μενού του χειριστηρίου του δέκτη GPS Leica 1200+ (Πηγή: Leica Geosystems. Εγχειρίδιο χρήσης GPS 1200+). | 60 |

| | |
|--|----|
| Εικόνα 3.1: Κυρίως μενού του χειριστηρίου του δέκτη GPS 1200+ LEICA (Πηγή: Leica Geosystems. Εγχειρίδιο χρήσης GPS 1200+). | 58 |
| Εικόνα 3.2: Χειριστήριο RX 1250. | 62 |
| Εικόνα 3.3: Το πρόγραμμα Αποτύπωση (Πηγή: Leica Geosystems. Εγχειρίδιο χρήσης GPS 1200+) | 63 |
| Εικόνα 3.4: Κυρίως μενού του λογισμικού Leica Geo office (Πηγή: Leica Geo Office). | 68 |
| Εικόνα 3.5: Παράθυρο εισαγωγής raw δεδομένων (Πηγή: Leica Geo Office). | 70 |
| Εικόνα 3.6: Παράθυρο νέας εργασίας (Πηγή: Leica Geo Office). | 71 |
| Εικόνα 3.7: Αναγραφή των σημείων μέσα από την επιλογή Points (Πηγή: Leica Geo Office). | 72 |
| Εικόνα 3.8: Παράθυρο Import Raw Data του LGO (Πηγή: Leica Geo Office). | 73 |
| Εικόνα 3.9: Παράθυρο εισαγωγής RINEX αρχείων του LGO (Πηγή: Leica Geo Office). | 74 |
| Εικόνα 3.10: Παράθυρο εισαγωγής νέας εργασίας του LGO (Πηγή: Leica Geo Office). | 75 |
| Εικόνα 3.11: Διάγραμμα λειτουργίας του μετασχηματισμού Classical 3D. | 77 |
| Εικόνα 3.12: Παράθυρο εισαγωγής παραμέτρων μετασχηματισμού από WGS'84 σε ΕΓΣΑ'87 (Πηγή: Leica Geo Office). | 78 |
| Εικόνα 3.13: Διάγραμμα λειτουργίας του μετασχηματισμού Two Step. | 79 |
| Εικόνα 3.14: Εισαγωγή τοπικών παραμέτρων μετασχηματισμού για την περιοχή Αττικής (Πηγή: Leica Geo Office). | 81 |
| Εικόνα 3.15: Εισαγωγή τοπικών παραμέτρων μετασχηματισμού για τις περιοχές Άρτας και Ιωαννίνων (Πηγή: Leica Geo Office). | 81 |
| Εικόνα 3.16: Παράθυρο εξαγωγής δεδομένων RINEX (Πηγή: Leica Geo Office). | 82 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

| | |
|--|-----|
| Πίνακας 4.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά γεωδαιτικού σταθμού Leica TC – 600 (Πηγή: http://www.surveyors.de/download/leicatc600_tc800engl.pdf). | 85 |
| Πίνακας 4.2: Βασικά χαρακτηριστικά των μετρήσεων πραγματικού χρόνου για τα σημεία του πάρκινγκ Πολυτεχνειούπολης. | 93 |
| Πίνακας 4.3: Βασικά χαρακτηριστικά των μετρήσεων πραγματικού χρόνου για τα σημεία στα Ιωάννινα. | 106 |

| | |
|--|-----|
| Εικόνα 4.1: (α) και (β) Δέκτης GX1230 GNSS και χειριστήριο RX 1250 X..... | 84 |
| Εικόνα 4.2: (α) Δέκτης GS09 GNSS και (β) χειριστήριο CS09. | 84 |
| Εικόνα 4.3: Γεωδαιτικός σταθμός Leica TC – 600. | 85 |
| Εικόνα 4.4: Τα σημεία στο χώρο του πάρκινγκ, το σημείο στο Λαμπαδάριο και το σημείο που βρίσκεται ο σταθμός της Metrica σε περιβάλλον LGO..... | 87 |
| Εικόνα 4.5: Τα σημεία στο χώρο του πάρκινγκ σε περιβάλλον LGO..... | 89 |
| Εικόνα 4.6: Ενδεικτική σχετική θέση του πάρκινγκ και του Λαμπαδαρίου ως προς το σταθμό της Metrica. | 89 |
| Εικόνα 4.7: Στατικός εντοπισμός σε σημείο στο χώρο του πάρκινγκ Πολυτεχνειούπολης. .. | 90 |
| Εικόνα 4.8: Βάση του ST0 ως προς τον σταθμό αναφοράς MET0 σε περιβάλλον LGO..... | 91 |
| Εικόνα 4.9: Βάσεις των σημείων ST1, ST2, ST3 ως προς τον ST0 σε περιβάλλον LGO..... | 91 |
| Εικόνα 4.10: Το γήπεδο του τένις στην Πολυτεχνειούπολη. | 94 |
| Εικόνα 4.11: Σημείο που ορίζει το εξωτερικό περίγραμμα του γηπέδου. | 95 |
| Εικόνα 4.12: Βάσεις των σημείων 1 (G1) και 5 (G2) με το ST0. | 96 |
| Εικόνα 4.13: Ενδεικτική σχετική θέση των σημείων 1 και 3 ως προς τον κοντινότερο σταθμό του Δικτύου Metricanet. | 98 |
| Εικόνα 4.14: Ενδεικτική σχετική θέση του σημείου 2 ως προς τον κοντινότερο σταθμό του Δικτύου Metricanet. | 99 |
| Εικόνα 4.15: Τριγωνομετρικό “Αγία Παρασκευή” της ΓΥΣ στα 5 km από το σταθμό της Metricanet στα Ιωάννινα. | 100 |
| Εικόνα 4.16: Μέτρηση στατικού εντοπισμού στο τριγωνομετρικό σημείο “Αγία Παρασκευή”..... | 101 |
| Εικόνα 4.17: Βάση του τριγωνομετρικού σημείου “Αγία Παρασκευή” (STI1) προς τον σταθμό αναφοράς Ιωαννίνων σε περιβάλλον LGO. | 101 |
| Εικόνα 4.18: Τριγωνομετρικό “Ηλιόραχη” της ΓΥΣ στα 50 km από το σταθμό της Metricanet στα Ιωάννινα. | 102 |
| Εικόνα 4.19: Βάση του τριγωνομετρικού σημείου “Ηλιόραχη” (STI3) προς τον σταθμό αναφοράς Ιωαννίνων σε περιβάλλον LGO..... | 103 |
| Εικόνα 4.20: Μέτρηση PPP στο τριγωνομετρικό σημείο “Ηλιόραχη”..... | 103 |
| Εικόνα 4.21: Σημείο στα 15 km από το σταθμό της Metricanet στα Ιωάννινα. | 104 |
| Εικόνα 4.22: Βάση του σημείου (STI2) προς τον σταθμό αναφοράς Ιωαννίνων σε περιβάλλον LGO. | 105 |
| Εικόνα 4.23: Ενδεικτική σχετική θέση της περιοχής Γιαννιώτικο Σαλόνι ως προς τον Σταθμό Ιωαννίνων της Metricanet..... | 107 |
| Εικόνα 4.24: Αμφιθεατρικός χώρος στην περιοχή Γιαννιώτικο Σαλόνι. | 108 |
| Εικόνα 4.25: Τεχνητή λίμνη στην περιοχή Γιαννιώτικο Σαλόνι. | 108 |
| Εικόνα 4.26: Μέτρηση με τη μέθοδο IMAX σε σημείο που ορίζει το μεγάλο ημιάξονα της τεχνητής λίμνης..... | 109 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

| | |
|--|-----|
| Πίνακας 5.1: Καρτεσιανές συντεταγμένες των σημείων και διαφορές καρτεσιανών συντεταγμένων στατικού εντοπισμού από μεθόδους πραγματικού χρόνου σε σύστημα WGS'84..... | 113 |
| Πίνακας 5.2: RMS διαφορών καρτεσιανών συντεταγμένων στο WGS'84 στατικού εντοπισμού από μεθόδους RT ανάλογα με τη μέθοδο μέτρησης..... | 114 |
| Πίνακας 5.3: RMS διαφορών καρτεσιανών συντεταγμένων στατικού εντοπισμού από μεθόδους RT στο WGS'84 ανάλογα με τη χρονική διάρκεια μέτρησης..... | 115 |
| Πίνακας 5.4: Καρτεσιανές συντεταγμένες σημείου του πάρκινγκ στο WGS'84 και διαφορές συντεταγμένων μεταξύ επιλύσεων στατικού εντοπισμού και PPP. | 116 |
| Πίνακας 5.5: Διαφορές συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ'87 των μέγιστων και ελάχιστων διαφορών μεταξύ των μεθόδων VRS RTK – Single Base RTK και VRS RTK– IMAX RTK. | 117 |
| Πίνακας 5.6: RMS διαφορών συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ'87 για τις μεθόδους VRS RTK– Single Base RTK και VRS RTK – IMAX RTK. | 118 |
| Πίνακας 5.7: RMS διαφορών συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ'87 για τις μεθόδους VRS RTK – Single Base RTK και VRS RTK – IMAX RTK ανάλογα με τη χρονική διάρκεια..... | 118 |
| Πίνακας 5.8: Διαφορές οριζοντιογραφικών συντεταγμένων στα συστήματα ΕΓΣΑ και ΕΓΣΑ_Metrica (ΕΓΣΑ'87). | 119 |
| Πίνακας 5.9: Στατιστικά στοιχεία των διανυσμάτων των σημείων με τις τεχνικές (Single Base) RTK, IMAX RTK και VRS RTK. | 121 |
| Πίνακας 5.10: Συντεταγμένες σημείων αποτύπωσης του γηπέδου, μετρημένων με VRS RTK και Single Base RTK σε σύστημα ΕΓΣΑ'87. | 125 |
| Πίνακας 5.11: Διαφορές οριζοντιογραφικών συντεταγμένων για τις μεθόδους VRS RTK και Single Base RTK στα συστήματα ΕΓΣΑ κι ΕΓΣΑ'87. | 127 |
| Πίνακας 5.12: Συντεταγμένες σημείων μετρημένων με total station (και κορυφές με στατικό εντοπισμό) και Single Base RTK..... | 132 |
| Πίνακας 5.13: Μέσες τιμές, εύρος τιμών και RMS των διαφορών των συντεταγμένων των σημείων που προκύπτουν από τις συγκρίσεις των τεχνικών που χρησιμοποιήθηκαν..... | 134 |
| Πίνακας 5.14: Οριζοντιογραφική ακρίβεια των σημείων 6, 10 και 19 από Single Base RTK και VRS RTK. | 138 |
| Πίνακας 5.15: Οριζοντιογραφική ακρίβεια των σημείων 6, 10 και 19 από το total station. . | 138 |
| Πίνακας 5.16: Καρτεσιανές συντεταγμένες σε WGS'84 και τυπικές αποκλίσεις των σημείων μετρημένων με τις μεθόδους στατικό εντοπισμό και Precise Point Positioning..... | 139 |
| Πίνακας 5.17: Διαφορές συντεταγμένων των σημείων σε σύστημα WGS'84 μεταξύ επιλύσεων στατικού εντοπισμού και PPP. | 140 |
| Πίνακας 5.18: Συντεταγμένες σημείων επιλύσεων στατικού εντοπισμού και συντεταγμένες από ΓΥΣ σε σύστημα ΕΓΣΑ'87..... | 141 |
| Πίνακας 5.19: Συντεταγμένες σημείων από ΓΥΣ και από μετρήσεις με τη μέθοδο VRS RTK με χρήση των δικτύων Metricanet και HEPOS σε σύστημα ΕΓΣΑ'87..... | 141 |
| Πίνακας 5.20: Συντεταγμένες σημείων στο σύστημα ΕΓΣΑ'87 με μεθόδους στατικού εντοπισμού και RTK και διαφορές αποτελεσμάτων. | 143 |
| Πίνακας 5.21: RMS διαφορών συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ'87 από επιλύσεις στατικού εντοπισμού και μεθόδους RT ανάλογα με τη μέθοδο μέτρησης..... | 145 |
| Πίνακας 5.22: RMS διαφορών συντεταγμένων στατικού εντοπισμού από μεθόδους RT στο ΕΓΣΑ'87 ανάλογα με τη χρονική διάρκεια μέτρησης..... | 147 |

| | |
|---|-----|
| Πίνακας 5.23: Διαφορές συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ'87 μεταξύ των μεθόδων Single Base RTK – VRS και IMAX – VRS για το σημείο 1 (5 km από τον σταθμό αναφοράς Ιωαννίνων). | 148 |
| Πίνακας 5.24: Διαφορές συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ'87 μεταξύ των μεθόδων Single Base RTK – VRS και IMAX – VRS για το σημείο 3 (50 km από τον σταθμό αναφοράς Ιωαννίνων). | 148 |
| Πίνακας 5.25: RMS διαφορών συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ'87 για τις μεθόδους Single Base RTK – VRS RTK και IMAX RTK– VRS RTK ανάλογα με τη μέθοδο μέτρησης. | 149 |
| Πίνακας 5.26: RMS διαφορών συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ'87 για τις μεθόδους VRS RTK – Single Base RTK και VRS RTK – IMAX RTK ανάλογα με τη χρονική διάρκεια μέτρησης. | 149 |
| Πίνακας 5.27: Διαφορές οριζοντιογραφικών συντεταγμένων στα συστήματα ΕΓΣΑ και ΕΓΣΑ _Metrica (ΕΓΣΑ'87). | 151 |
| Πίνακας 5.28: Στατιστικά στοιχεία των διανυσμάτων των σημείων με τις τεχνικές (Single Base) RTK, IMAX RTK και VRS RTK. | 152 |
| Πίνακας 5.29: Οριζοντιογραφική και υψομετρική ακρίβεια μετρήσεων πραγματικού χρόνου. | 156 |
| Πίνακας 5.30: Συντεταγμένες σημείων αποτύπωσης σε σύστημα ΕΓΣΑ'87 με τη μέθοδο Single Base RTK και στατιστικά στοιχεία των διανυσμάτων των σημείων. | 157 |
| Πίνακας 5.31: Διαφορές οριζοντιογραφικών συντεταγμένων στα συστήματα ΕΓΣΑ και ΕΓΣΑ _Metrica (ΕΓΣΑ'87). | 159 |
| Πίνακας 5.32: Συντεταγμένες σημείων αποτύπωσης σε σύστημα ΕΓΣΑ'87 με τις μεθόδους (Single Base) RTK, VRS RTK και IMAX και στατιστικά στοιχεία των διανυσμάτων των σημείων. | 161 |
| Πίνακας 5.33: Διαφορές συντεταγμένων των σημείων αποτύπωσης σε σύστημα ΕΓΣΑ'87 με τις μεθόδους Single Base RTK, VRS RTK και IMAX. | 163 |
| Πίνακας 5.34: Διαφορές οριζοντιογραφικών συντεταγμένων στα συστήματα ΕΓΣΑ και ΕΓΣΑ _Metrica (ΕΓΣΑ'87). | 164 |
| | |
| Διάγραμμα 5.1: Ποιότητα θέσης συναρτήσει PDOP. | 122 |
| Διάγραμμα 5.2: Ποιότητα θέσης συναρτήσει του αριθμού δορυφόρων. | 123 |
| Διάγραμμα 5.3: Οριζοντιογραφική ακρίβεια για μετρήσεις RT. | 124 |
| Διάγραμμα 5.4: Υψομετρική ακρίβεια για μετρήσεις RT. | 124 |
| Διάγραμμα 5.5: Ποιότητας θέσης συναρτήσει του αριθμού των δορυφόρων για τη μέθοδο Single Base RTK. | 128 |
| Διάγραμμα 5.6: Ποιότητας θέσης συναρτήσει του αριθμού των δορυφόρων για τη μέθοδο VRS RTK. | 129 |
| Διάγραμμα 5.7: Ποιότητας θέσης συναρτήσει των τιμών PDOP για τη μέθοδο Single Base RTK. | 130 |
| Διάγραμμα 5.8: Ποιότητας θέσης συναρτήσει των τιμών PDOP για τη μέθοδο VRS RTK. | 130 |
| Διάγραμμα 5.9: Ποιότητα θέσης συναρτήσει PDOP. | 155 |
| Διάγραμμα 5.10: Ποιότητα θέσης συναρτήσει αριθμού δορυφόρων. | 155 |
| Διάγραμμα 5.11: Ποιότητα θέσης συναρτήσει αριθμού δορυφόρων. | 158 |
| Διάγραμμα 5.12: Ποιότητα θέσης συναρτήσει τιμών PDOP. | 158 |

| | |
|--|-----|
| Διάγραμμα 5.13: Ποιότητα θέσης συναρτήσει αριθμού δορυφόρων..... | 162 |
| Διάγραμμα 5.14: Ποιότητα θέσης συναρτήσει τιμών PDOP..... | 162 |

| | |
|--|-----|
| Σχήμα 5.1: Αποτύπωση γηπέδου τέννις μετρημένο με VRS RTK, Single Base RTK και Total Station (στάσεις μετρημένες με στατικό εντοπισμό). | 136 |
| Σχήμα 5.2: Τμήμα σχεδίου γηπέδου τέννις μετρημένο με VRS RTK, Single Base RTK και Total Station (στάσεις μετρημένες με στατικό εντοπισμό). | 137 |
| Σχήμα 5.3: Σχέδιο αμφιθεατρικού χώρου μετρημένο με τη μέθοδο Single Base RTK. | 160 |
| Σχήμα 5.4: Σχέδιο τεχνητής λίμνης μετρημένο με τις μεθόδους Single Base RTK, IMAX και VRS..... | 165 |
| Σχήμα 5.5: Τμήμα σχεδίου τεχνητής λίμνης μετρημένο με τις μεθόδους Single Base RTK, IMAX και VRS υπό μεγέθυνση..... | 166 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Τις τελευταίες δεκαετίες, ο δορυφορικός εντοπισμός καλύπτει μεγάλο εύρος γεωδαιτικών και τοπογραφικών εφαρμογών και όχι μόνο. Η ανάγκη για αποτελέσματα ακριβειών της τάξης εκατοστού οδήγησε στην εξέλιξη του εξοπλισμού και διαφορετικής μεθοδολογίας μετρήσεων και επεξεργασίας των παρατηρήσεων.

Τη δεκαετία του 1990 πέραν από τις κλασσικές μεθόδους σχετικού στατικού εντοπισμού θέσης, με την εγκατάσταση σε παγκόσμιο επίπεδο πολλών μόνιμων σταθμών αναφοράς ξεκίνησε η χρήση τεχνικών RTK (Real Time Kinematic). Οι ερευνητές άρχισαν να αξιοποιούν τις παρατηρήσεις των σταθμών αυτών με στόχο τη μοντελοποίηση παραμέτρων που επηρεάζουν τον προσδιορισμό θέσης με GNSS (Global Navigation Satellite Systems) (τροχιακά σφάλματα, τροποσφαιρικές και ιονοσφαιρικές επιδράσεις). Στη συνέχεια έδειξαν ότι η χρήση αυτών των μοντέλων μπορεί να βελτιώσει σημαντικά το γεωδαιτικό δορυφορικό εντοπισμό.

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

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

1.2 Σκοπός της διπλωματικής εργασίας

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα γίνει συνδυαστική χρήση μετρήσεων GPS και GLONASS. Θα χρησιμοποιηθεί η κλασσική τεχνική στατικού εντοπισμού, μέθοδοι μέτρησης πραγματικού χρόνου καθώς επίσης και η τεχνική απόλυτου εντοπισμού θέσης σημείων (Precise Point Positioning - PPP). Όσον αφορά στις τεχνικές πραγματικού χρόνου, θα χρησιμοποιηθούν η συμβατική τεχνική Single Base RTK και

οι δικτυακές τεχνικές VRS RTK και IMAX. Οι λύσεις των μεθόδων του στατικού εντοπισμού και των RTK θα προέλθουν μέσα από το δίκτυο σταθμών GNSS της εταιρείας Metrica. Τα αποτελέσματα της τεχνικής PPP, η οποία αξιοποιεί το παγκόσμιο δίκτυο μόνιμων σταθμών συνεχούς λειτουργίας, θα εξαχθούν από τα κέντρα επεξεργασίας δεδομένων CSRS και AUSPOS.

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η χρήση του δικτύου GNSS μόνιμων σταθμών της εταιρείας 'Metrica' για εφαρμογές RTK σε τρέχουσες τοπογραφικές εργασίες, όπως π.χ. αποτύπωση και ίδρυση σημείων (πύκνωση). Επιμέρους στόχοι είναι: η σύγκριση των αποτελεσμάτων στατικού εντοπισμού και PPP και των μεθόδων RTK μεταξύ τους, η αξιολόγηση της ποιότητας θέσης συναρτήσει του αριθμού δορυφόρων και των DOP, η εξέταση των διαφορών που προκύπτουν στις συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ με τη χρήση και μη των τοπικών μετασχηματισμών, η εξέταση των οριζοντιογραφικών και υψομετρικών ακριβειών μέτρησης με τον δέκτη GPS 1200+ Leica, ο έλεγχος χρήσης δέκτη GPS για μια απλή τοπογραφική εργασία και τέλος η εκμάθηση των δεκτών GPS Leica της σειράς 1200+ και του λογισμικού Leica Geo Office. Τα αποτελέσματα θα προκύψουν μέσα από την εκπόνηση πειραμάτων στις περιοχές της Αθήνας και των Ιωαννίνων.

Οι τεχνικές RTK οι οποίες πραγματοποιήθηκαν με χρήση του δικτύου GNSS 'Metricanet' αναμένεται να μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο πλαίσιο απλών τοπογραφικών εργασιών και τα αποτελέσματα της μεθόδου PPP να προσεγγίζουν αυτά του στατικού εντοπισμού.

1.3 Δομή της διπλωματικής εργασίας

Το περιεχόμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας διαρθρώνεται ως εξής:

Στο δεύτερο κεφάλαιο δίνεται μια συνοπτική περιγραφή των δικτύων RTK – GPS. Αναφέρονται οι μέθοδοι δορυφορικού προσδιορισμού σε πραγματικό χρόνο, μερικά παγκόσμια δίκτυα μόνιμων σταθμών GNSS καθώς και η αξιοποίηση των δεδομένων που προσφέρουν. Στη συνέχεια περιγράφονται οι δικτυακές τεχνικές RTK και τα δίκτυα μόνιμων σταθμών αναφοράς στην Ελλάδα.

Το τρίτο κεφάλαιο περιλαμβάνει τα τεχνικά χαρακτηριστικά και την περιγραφή του δέκτη GPS 1200+ Leica. Επιπρόσθετα αναφέρεται στο λογισμικό που σχετίζεται με τη συλλογή και την επεξεργασία των δεδομένων. Τέλος περιγράφονται αναλυτικά οι μέθοδοι στατικού εντοπισμού και RTK που μπορούν να υλοποιηθούν με τον συγκεκριμένο δέκτη.

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφονται τα τέσσερα πειράματα που εκπονήθηκαν, ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε, οι περιοχές μελέτης, τα κριτήρια επιλογής τους και οι διαδικασίες εφαρμογής των επιλεγμένων τεχνικών.

Το πέμπτο κεφάλαιο αφορά την επεξεργασία των δεδομένων μέσω του λογισμικού Leica Geo Office, συγκεντρώνονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν καθώς και η ανάλυση αυτών.

Στο έκτο κεφάλαιο παρατίθενται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας καθώς και οι προτάσεις για την περαιτέρω εξέλιξή της.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΣΗΣ ΜΕ GPS ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΧΡΟΝΟ ΚΑΙ ΜΟΝΙΜΑ ΔΙΚΤΥΑ RTK – GPS

2.1 Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια αναπτύσσεται ραγδαία η τεχνική προσδιορισμού θέσης με συστήματα GNSS (Global Navigation Satellite Systems) σε πραγματικό χρόνο με τη βοήθεια δικτύων μόνιμων σταθμών. Συγκρινόμενη με τη συμβατική τεχνική RTK (Real Time Kinematic), η εγκαθίδρυση των δικτύων αυτών παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα. Η δομή και η λειτουργία τους περιλαμβάνει μόνιμους σταθμούς GNSS εγκατεστημένους σε σημεία γνωστών συντεταγμένων, συνεχούς καταγραφής, με δεδομένα που μπορούν να είναι διαθέσιμα μέσω του διαδικτύου στους τελικούς χρήστες. Τα δίκτυα μόνιμων σταθμών GNSS καλύπτουν ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών που μπορεί να αφορούν από απλές τοπογραφικές αποτυπώσεις μέχρι και ερευνητικές δραστηριότητες γεωτεκτονικής και καιρικών προγνώσεων (Κατσουγιαννόπουλος, 2010).

Το κεφάλαιο αυτό θα δώσει μια συνοπτική περιγραφή των μόνιμων δικτύων RTK – GPS. Όσον αφορά στη δομή του κεφαλαίου, αρχικά αναφέρονται οι μέθοδοι προσδιορισμού θέσης με GPS (Global Positioning System) σε πραγματικό χρόνο. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά σε παγκόσμια δίκτυα μόνιμων σταθμών GNSS καθώς επίσης και σε διεθνή και ευρωπαϊκή κλίμακα. Η επόμενη ενότητα σχετίζεται με την αξιοποίηση των δεδομένων των παγκόσμιων δικτύων στον δορυφορικό εντοπισμό θέσης. Στη συνέχεια περιγράφονται οι δικτυακές τεχνικές RTK. Τέλος, περιγράφονται τα δίκτυα μόνιμων σταθμών αναφοράς στην Ελλάδα.

2.2 Μέθοδοι δορυφορικού προσδιορισμού θέσης σε πραγματικό χρόνο

Οι συντεταγμένες ενός δέκτη προσδιορίζονται με μετρήσεις ψευδοαποστάσεων (κωδίκων) ή μετρήσεις φάσεις φέροντος κύματος.

Ο προσδιορισμός θέσης σε πραγματικό χρόνο όταν πραγματοποιείται με τη χρήση ψευδοαποστάσεων ονομάζεται DGPS, (Differential GPS) και όταν γίνεται με

μετρήσεις φάσης φέροντος κύματος είναι γνωστός με τον όρο RTK (Real Time Kinematic).

2.2.1 Μέθοδος DGPS (Differential GPS)

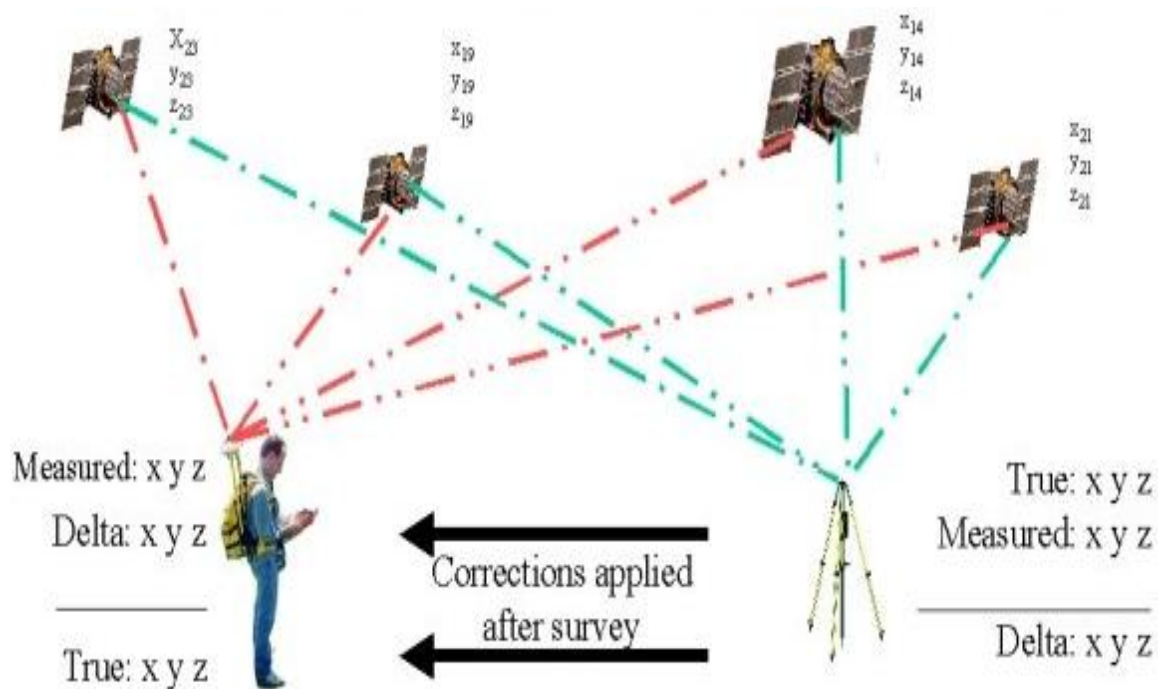
Η αρχή του διαφορικού GPS (DGPS) βασίζεται στο γεγονός ότι τα περισσότερα σφάλματα στη μέτρηση ψευδοαποστάσεων χρησιμοποιώντας δέκτες GPS είναι σε μεγάλο βαθμό κοινά για όλους τους χρήστες που βρίσκονται στην ίδια γεωγραφική περιοχή και παρακολουθούν ταυτόχρονα τους ίδιους δορυφόρους.

Αν τοποθετηθεί ένας δέκτης GPS σε ένα σταθερό σημείο με γνωστές συντεταγμένες, σύμφωνα με τις γνωστές από την εκπεμπόμενη εφημερίδα θέσεις των δορυφόρων, είναι δυνατό να υπολογιστούν οι αποστάσεις που θα έπρεπε να μετρά ο δέκτης προς κάθε δορυφόρο του συστήματος. Οι αποστάσεις αυτές συγκρίνονται με τις αποστάσεις που πραγματικά μετρά ο δέκτης προς τους ίδιους δορυφόρους. Η διαφορά που προκύπτει είναι τα σφάλματα στη μέτρηση των ψευδοαποστάσεων. Τα σφάλματα αυτά μεταδίδονται σε πραγματικό χρόνο ως διορθώσεις ψευδοαποστάσεων προς τους άλλους κινούμενους δέκτες GPS που βρίσκονται στην ίδια περιοχή. Στην περίπτωση που οι δέκτες χρησιμοποιούν τουλάχιστον τέσσερις από τους δορυφόρους που παρατηρεί ο σταθμός αναφοράς είναι δυνατό να τις χρησιμοποιήσουν για να διορθώσουν τις δικές τους μετρήσεις ψευδοαποστάσεων. Με αυτό τον τρόπο βελτιώνεται η ακρίβεια (Ζησόπουλος – Παραδείσης, 2006) (Εικόνα 2.1).

2.2.2 Μέθοδος RTK (Real Time Kinematic)

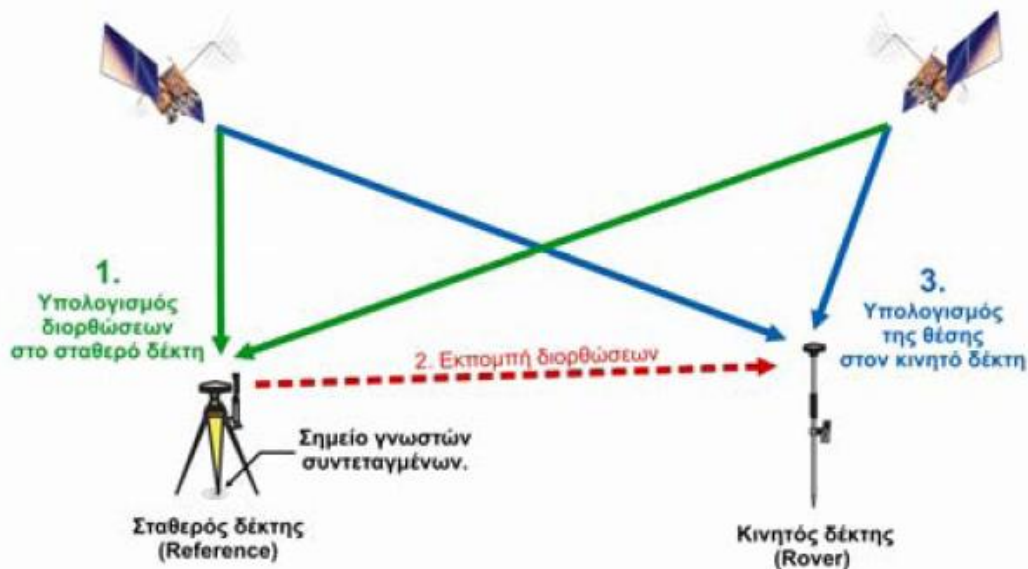
Παρόμοια μεθοδολογία ακολουθείται και στην περίπτωση διαφορικού προσδιορισμού θέσης με χρήση παρατηρήσεων φάσης RTK (Real Time Kinematic) με τη διαφορά ότι δεν υπάρχουν διορθώσεις στις ψευδοαποστάσεις αλλά εκτίμηση του αριθμού των ακέραιων κύκλων.

Στον προσδιορισμό θέσης με τη μέθοδο RTK η περιοχή μέτρησης θεωρείται ομοιογενής και οι συνθήκες μέτρησης στους δύο δέκτες είναι ίδιες. Επιπρόσθετα οι διορθώσεις και τα σφάλματα που υπολογίζονται στο σταθερό δέκτη ισχύουν και στον κινητό δέκτη. Για να ισχύουν τα παραπάνω, τα μήκη των βάσεων δεν πρέπει να ξεπερνούν τα 50 km και συνεπώς δεν ισχύει για μεγάλες περιοχές.



Εικόνα 2.1: Διαφορικό GPS (DGPS) (Πηγή : <http://winfwiki.wi-fom.de/index.php/>).

Οι διορθώσεις μεταφέρονται άμεσα μέσω ραδιομόντεμ ή κινητού τηλεφώνου και έμμεσα μέσω διαδικτύου. Η μετάδοση των διορθώσεων GNSS γίνεται με τη χρήση διαφόρων τύπων μηνύματος RTCM (Radio Technical Commission for Maritime services). Το μήνυμα RTCM είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί με οποιαδήποτε διάταξη GNSS ανεξαρτήτως του τύπου και του τρόπου μετάδοσης των δεδομένων του δέκτη, όταν υπάρχει το απαραίτητο λογισμικό. Οι εκπεμπόμενες διορθώσεις μπορούν να αφορούν τους κώδικες ή τις φάσεις και εφαρμόζονται τόσο σε φορητούς δέκτες όσο και σε δέκτες δύο συχνοτήτων που περιλαμβάνουν μια συσκευή διασύνδεσης (π.χ. modem UHF ή GSM (Global System for Mobile communications) / GPRS (General Packet Radio Service) κ.α.). Οι διορθώσεις εκπέμπονται από το σταθερό GNSS δέκτη στον κινητό δέκτη (Κατσουγιαννόπουλος, 2010) (Εικόνα 2.2).



Εικόνα 2.2: Σχεδιάγραμμα λειτουργίας σχετικού προσδιορισμού σε πραγματικό χρόνο (Πηγή : <http://winfwiki.wi-fom.de/index.php/>).

2.3 Δίκτυα μόνιμων σταθμών GNSS συνεχούς λειτουργίας

Τα διεθνή GNSS δίκτυα επιδεικνύουν αξιόπιστη λειτουργία, αδιάλειπτη συλλογή δεδομένων και ποικιλόμορφες εφαρμογές ως προς τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά. Επιπλέον οι υπηρεσίες που προσφέρουν στους χρήστες χαρακτηρίζονται από βασικά και προστιθέμενης αξίας προϊόντα και υπηρεσίες έγκαιρα και με πολύ χαμηλό ή μηδενικό κόστος. Επίσης ενδυναμώνουν τις επιστημονικές και ερευνητικές δυνατότητες μέσα από το συντονισμό εκπαιδευτικών και επιστημονικών δραστηριοτήτων σε εθνικό και διεθνές επίπεδο. Σήμερα λειτουργούν σε παγκόσμιο επίπεδο χιλιάδες μόνιμοι σταθμοί GNSS συνεχούς λειτουργίας σε παγκόσμια, ηπειρωτική, περιφερειακή και τοπική κλίμακα για την εξυπηρέτηση εφαρμογών εντοπισμού και πλοήγησης. Τυπικές περιπτώσεις τέτοιων δικτύων σε παγκόσμια κλίμακα είναι το IGS (International GNSS Service), το CORS (Continuously Operating Reference Stations) στην Αμερική και το EPN (Euref Permanent Network) στην Ευρώπη (Δεληκαράογλου, 2008).

➤ Δίκτυο CORS (Continuously Operating Reference Stations)

Το δίκτυο CORS που είναι από τα μεγαλύτερα στον κόσμο αποτελείται από 1800 σταθμούς που έχουν εγκατασταθεί στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, στον Καναδά,

στην Ευρώπη, στην Ιαπωνία και στην Αυστραλία. Το δίκτυο έχει αναλάβει το τμήμα ερευνών NGS (National Geodetic Survey) και παρέχει δεδομένα GNSS που περιλαμβάνουν φάσεις φέροντος κύματος και κωδίκων για τον τρισδιάστατο προσδιορισμό θέσης, τη μετεωρολογία, τον καιρό του διαστήματος και για γεωφυσικές εφαρμογές (<http://www.ngs.noaa.gov/CORS/>).

Οι χρήστες του δικτύου μπορούν να προσδιορίσουν με ακρίβεια τις θέσεις των εκάστοτε σημείων αφού η παρεχόμενη ακρίβεια οριζοντιογραφικά και υψομετρικά κυμαίνεται σε μερικά εκατοστά. Για τη λειτουργία του δικτύου συνεργάζονται κυβερνητικοί, ιδιωτικοί και ακαδημαϊκοί οργανισμοί, όπως οι διεθνείς υπηρεσίες IGS και EPN.

Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται το δίκτυο μόνιμων σταθμών CORS.



Εικόνα 2.3: Διεθνές δίκτυο σταθμών αναφοράς CORS (Πηγή: <http://www.ngs.noaa.gov/CORS/>).

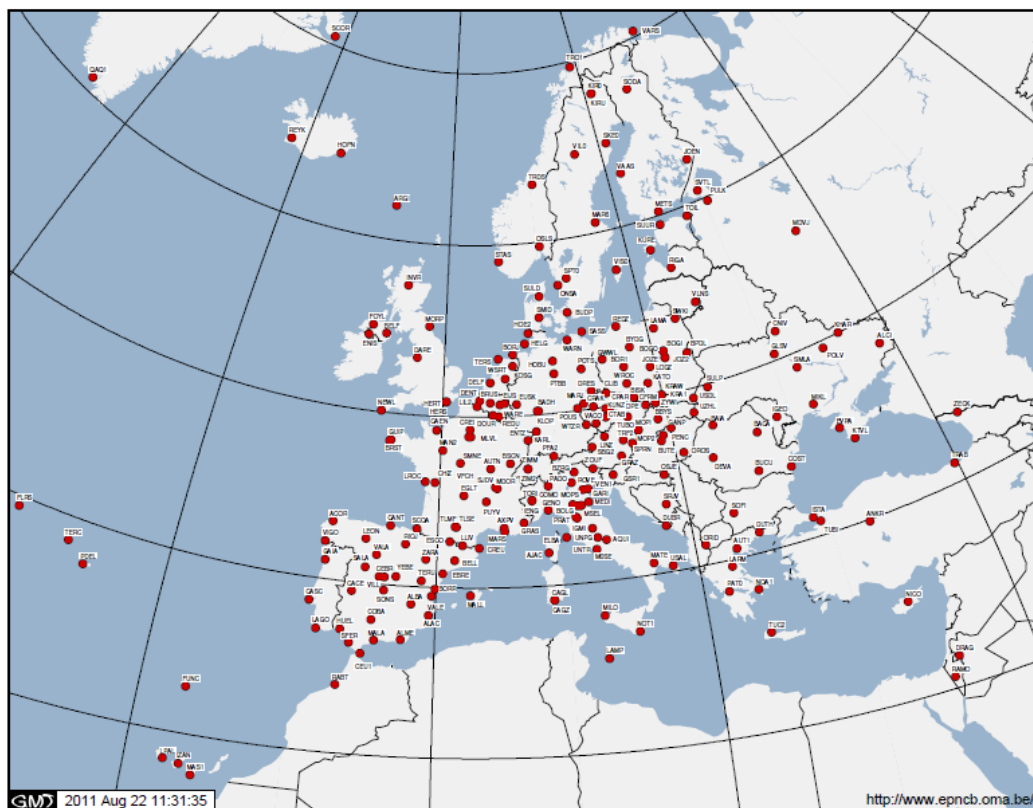
➤ Δίκτυο IGS (International GNSS Service)

Το διεθνές δίκτυο IGS αποτελείται από 436 σταθμούς εκ των οποίων βρίσκονται σε λειτουργία οι 382 (Εικόνα 2.4). Ιδρύθηκε το 1994 από την επιτροπή IAG (International Association of Geodesy).

Στόχοι του δικτύου (όπως και όλων των δικτύων ίδιας κλίμακας) είναι: η συλλογή και διάθεση δεδομένων και ο υπολογισμός αξιόπιστων προϊόντων όπως οι ακριβείς εφημερίδες GPS, οι παράμετροι περιστροφής της γης, οι συντεταγμένες και τα διανύσματα ταχύτητας των σταθμών παρακολούθησης, ο καθορισμός των πλαισίων



Εικόνα 2.5: α) Σταθμός AUT1 (Θέρμη Θεσσαλονίκης), β) Σταθμός LARI (Λάρισα), γ) Σταθμός DUTH (Ξάνθη), δ) Σταθμός NOA1 (Αθήνα), ε) Σταθμός TUC2 (Χανιά) (Πηγή: <http://www.epncb.oma.be/>).



Εικόνα 2.6: Δίκτυο Μόνιμων σταθμών EPN (Πηγή: <http://www.epncb.oma.be/>).

Η δημιουργία του δικτύου EPN – EUREF έχει στόχο τον ορισμό, την υλοποίηση και τη διατήρηση του Ευρωπαϊκού Επίγειου Πλαισίου Αναφοράς ETRF (European Terrestrial Frame), το οποίο είναι ένα γεωδαιτικό υπόβαθρο κατάλληλο για τις γεωδαιτικές ανάγκες της κάθε χώρας και της διεθνούς επιστημονικής κοινότητας. Μέσω του δικτύου έχει αναπτυχθεί πληθώρα δραστηριοτήτων που σχετίζονται αφενός με θέματα γεωδαιτικού ενδιαφέροντος και αντικείμενα όπως ο ορισμός του συστήματος ETRS (European Terrestrial Reference System) και του κατακόρυφου συστήματος αναφοράς (European Vertical Reference System) και αφετέρου με τη χρήση των δεδομένων από τοπικά δίκτυα μόνιμων σταθμών. Με αυτό τον τρόπο συμβάλλει σημαντικά στην ολοκλήρωση εφαρμογών όπως είναι οι γεωδυναμικές, τοπογραφικές, υδρογραφικές καθώς και μελέτες – εφαρμογές έργων και δικτύων κοινής ωφέλειας και μεγάλων κατασκευών π.χ. οδοποιίας και υδραυλικών έργων, ενημέρωση χαρτών, εφαρμογές GIS (Geographic Information System) και εντοπισμός προεπιλεγμένων θέσεων.

Υπάρχουν συγκεκριμένα κέντρα συλλογής και επεξεργασίας των παρατηρήσεων που αναλαμβάνουν τη διάθεση των πρωτογενών και των παραγώγων στοιχείων μέσω του διαδικτύου μέσω πρωτοκόλλου ανώνυμης μεταφοράς αρχείων FTP. Τα δίκτυα μόνιμων σταθμών έχουν τη δυνατότητα παροχής διορθώσεων επί εικοσιτετραώρου βάσης είτε για εκ των υστέρων επεξεργασία είτε για επίλυση σε πραγματικό χρόνο στο πεδίο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να είναι δυνατή η χρήση τους σε συνήθεις τοπογραφικές και γεωδαιτικές εφαρμογές (Κατσουγιαννόπουλος 2010).

Το σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιεί το δίκτυο EUREF είναι το ETRS'89 το οποίο διαρκώς αναβαθμίζεται και περιλαμβάνει μετασχηματισμούς από και προς το ITRF'08. Η διαφορά των συντεταγμένων των ITRF'05 και ITRF'08 κυμαίνεται στα 0.009 m κατά ΔX, 0.002 m κατά ΔY και 0.003 m κατά ΔZ.

2.3.1 Παραδείγματα Διεθνών δικτύων CORS

Μερικά από τα πιο γνωστά δίκτυα GNSS συνεχούς λειτουργίας σε διεθνές επίπεδο είναι το GEONET (GPS Earth Observation NETwork of Japan), το CACS (Canadian Active Control System), το ARGN (Australian Regional GPS Network) και το SCIGN (South California Integrated GPS Networks) τα οποία έχουν δυνατότητα παροχής διορθώσεων DGPS και RTK. Τα βασικά χαρακτηριστικά τους συνοψίζονται στον πίνακα 2.1.

2.3.2 Παραδείγματα κρατικών και ιδιωτικών δικτύων GNSS σε ευρωπαϊκές χώρες

Στον ευρωπαϊκό χώρο είναι εμφανής η προσπάθεια για ίδρυση όλο και περισσότερων δικτύων σταθμών αναφοράς. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται ενδεικτικά κάποια δίκτυα που ανήκουν σε κρατικούς και ιδιωτικούς φορείς καθώς και οι υπηρεσίες πραγματικού χρόνου και μετ' επεξεργασίας που παρέχουν.

| ΟΝΟΜΑ | ΧΩΡΑ | ΠΛΗΘΟΣ ΣΤΑΘΜΩΝ | ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΑΡΕΧΟΜΕΝΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ |
|--------|------------|-------------------|---|
| GEONET | Ιαπωνία | 1240 | Παρακολούθηση παραμορφώσεων φλοιού της γης, αξιολόγηση σεισμικών και ηφαιστειακών κινδύνων, οδικές και θαλάσσιες μεταφορές, μετεωρολογία, διαστημική έρευνα |
| CACS | Καναδάς | 47 | Βελτίωση ακρίβειας ποικίλων εφαρμογών GPS, μελέτες βαρυτημετρίας, διαστημική έρευνα, πλοήγηση |
| ARGN | Αυστραλία | 21 | Συνεισφορά στο γεωδαιτικό πλαίσιο αναφοράς της χώρας, παρακολούθηση παραμορφώσεων στερεού φλοιού της γης, μελέτες παρακολούθησης της στάθμης της θάλασσας |
| SCIGN | Καλιφόρνια | 250 | Αξιολόγηση σεισμικών κινδύνων, μελέτες στην επιστήμη της ωκεανογραφίας, γεωλογική έρευνα |

Πίνακας 2.1: Βασικά χαρακτηριστικά διεθνών δικτύων CORS.

| ΟΝΟΜΑ | ΧΩΡΑ | ΠΛΗΘΟΣ ΣΤΑΘΜΩΝ | ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΧΡΟΝΟΥ | ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΜΕΤ' ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ |
|--|-----------|-------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| SAPOS (SAteLite POsitioning System) | Γερμανία | 250 | RTK, DGPS | ΝΑΙ |
| FLEPOS (FLEmish POsitioning System) | Βέλγιο | 44 | RTK | ΟΧΙ |
| SWEPOS (SWEdish POsitioning System) | Σουηδία | 73 | RTK, DGPS | ΝΑΙ |
| APOS (Austrian POsitioning System) | Αυστρία | 34 | RTK, DGPS | ΝΑΙ |
| WALCORS | Βέλγιο | 23 | DGPS | ΝΑΙ |
| GEOnet | Βουλγαρία | 30 | DGPS | ΝΑΙ |
| HEPOS (HElIenic POsitioning System) | Ελλάδα | 98 | RTK, DGPS | ΝΑΙ |

Πίνακας 2.2: Βασικά χαρακτηριστικά κρατικών δικτύων στην Ευρώπη.

| ΟΝΟΜΑ | ΧΩΡΑ | ΠΛΗΘΟΣ ΣΤΑΘΜΩΝ | ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΧΡΟΝΟΥ | ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΜΕΤ' ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ |
|--------------------|---|-------------------|------------------------------------|---|
| Smartnet Europe | Βουλγαρία, Σουηδία, Ελλάδα, Γερμανία, Ολλανδία, Γαλλία, Ουκρανία, Ιρλανδία, Νορβηγία, Ιταλία, Ελβετία,Μεγάλη Βρετανία, Λεττονία, Λιθουανία | 1100 | RTK, DGPS | ΝΑΙ (για στατικά και κινηματικά δεδομένα) |
| GPSNet. Fi | Φινλανδία | 76 | OXI | ΝΑΙ |
| GPSNet. Dk | Δανία | 25 | DGPS | ΝΑΙ |
| TERRIA | Γαλλία | 44 | RTK, DGPS | OXI |
| SATREF | Νορβηγία | 34 | DGPS | ΝΑΙ |
| SWISSAT | Ελβετία | 24 | DGPS | ΝΑΙ |

Πίνακας 2.3: Βασικά χαρακτηριστικά ιδιωτικών δικτύων στην Ευρώπη.

2.4 Αξιοποίηση των παγκόσμιων δικτύων στον προσδιορισμό θέσης με GPS

2.4.1 Μέθοδος PPP (Precise Point Positioning)

Ο ακριβής εντοπισμός θέσης σε αντίθεση με τις μεθόδους RTK και DGPS οι οποίες είναι δυνατό να στηρίζουν τη λειτουργία τους σε τοπικά δίκτυα σταθμών, η τεχνική PPP βασίζεται σε παγκόσμιο δίκτυο σταθμών αναφοράς. Στη μέθοδο αυτή τυπικά το μόνο που απαιτείται από το χρήστη είναι ένας δέκτης δύο συχνοτήτων. Τα δεδομένα που συλλέγονται σε ένα σημείο ενδιαφέροντος αναλύονται από τα Κέντρα Ανάλυσης της Διεθνούς Υπηρεσίας GNSS κάνοντας χρήση πληροφοριών υψηλής ακρίβειας και αξιοπιστίας για τις τροχιές των δορυφόρων και τις διορθωτικές παραμέτρους των χρονομέτρων τους. Οι πιο συνηθισμένες τεχνικές είναι η static PPP, kinematic PPP

και Stop and Go PPP. Χρησιμοποιείται κυρίως σε περιοχές που δεν υπάρχουν δίκτυα σταθμών αναφοράς ή απομακρυσμένες περιοχές όπου η πρόσβαση σε υποδομές επικοινωνίας είναι περιορισμένη. Οι ακρίβειες που παρέχει η μέθοδος αυτή είναι της τάξης εκατοστού. Το βασικό της μειονέκτημα είναι οι μεγάλοι χρόνοι παρατήρησης (<http://www.springerlink.com/content/>).

2.4.2 Online κέντρα επεξεργασίας δεδομένων

Με την εξέλιξη της παγκόσμιας γεωδαιτικής τεχνολογίας, από το 2001 κι έπειτα έχουν δημιουργηθεί διαδικτυακά on line υπηρεσίες επεξεργασίας δεδομένων GPS. Μία από τις σημαντικότερες λειτουργίες τους είναι η αποστολή των τρισδιάστατων συντεταγμένων θέσης του ζητούμενου σημείου μετά από υποβολή των δεδομένων παρατήρησης από το χρήστη. Δύο από τα εν λόγω κέντρα επεξεργασίας είναι το CSRS – PPP (Canadian Spatial Reference System – Precise Point Positioning) και το AUSPOS Online GPS Processing Service, τα οποία περιγράφονται παρακάτω.

➤ Κέντρο επεξεργασίας CSRS

Η Καναδική Γεωδαιτική Υπηρεσία παρέχει εκτιμήσεις απόλυτου προσδιορισμού θέσης με μετέπεξεργασία μετά από υποβολή των δεδομένων παρατήρησης GPS από το χρήστη. Η ακρίβεια που επιτυγχάνεται σε σύγκριση με τον σχετικό εντοπισμό θέσης με μετρήσεις φάσης είναι υψηλή, εξαιτίας χρήσης μοντέλων υψηλής ακρίβειας δορυφορικών τροχιών και διορθώσεων δορυφορικών χρονομέτρων. Η επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιείται από συλλογή δεδομένων που προέρχονται από στατικό ή κινηματικό εντοπισμό (Δεληκαράογλου, 2008).

Από τους χρήστες απαιτείται η αποστολή του αρχείου των παρατηρήσεων των δεδομένων σε μορφή RINEX (GPS Receiver Independent Exchange Format), ο προκαθορισμός της διαδικασίας εντοπισμού που χρησιμοποιήθηκε (στατικός ή κινηματικός), η δήλωση του επιθυμητού συστήματος συντεταγμένων (ITRF ή NAD'83) για την έκφραση των αποτελεσμάτων λύσης και η ηλεκτρονική διεύθυνση για την αποστολή των αποτελεσμάτων.

Η υπηρεσία PPP μετά την επεξεργασία των παρατηρήσεων αποστέλλει mail στην ηλεκτρονική διεύθυνση του ενδιαφερομένου που περιλαμβάνει: α) τις γεωδαιτικές και καρτεσιανές συντεταγμένες του ζητούμενου σημείου και το ορθομετρικό υψόμετρο Η

σε περίπτωση που έχει οριστεί. β) 3 links όπου ο χρήστης μπορεί να λάβει τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων παρατήρησης σε 5 αρχεία. Τα αρχεία αυτά περιλαμβάνουν πληροφορίες όπως διαγράμματα ορατότητας δορυφόρων που απεικονίζουν τα υπόλοιπα μετρήσεων ψευδοαπόστασης, συγκλίσεις διορθώσεων της αρχικής θέσης του σταθμού, την εκτιμώμενη ζενίθια τροποσφαιρική καθυστέρηση, τη συμπεριφορά χρονομέτρου του δέκτη, ασάφειες και υπόλοιπα μετρήσεων φάσης (Δεληκαράογλου, 2008).

Η υπηρεσία βρίσκεται στην ηλεκτρονική διεύθυνση http://www.geod.nrcan.gc.ca/index_e.php.

➤ Κέντρο επεξεργασίας AUSPOS

Η υπηρεσία AUSPOS (AUSLIG GPS Processing Online Service) λειτουργεί από τον Εθνικό Χαρτογραφικό Οργανισμό Κτηματογραφήσεων της Αυστραλίας (AUSLIG). Εκτός από τον τρισδιάστατο προσδιορισμό θέσης, βρίσκει εφαρμογές που περιλαμβάνουν τη σύνδεση GPS με τους σταθμούς της IGS, τον έλεγχο ποιότητας δικτύου GPS, τη χρήση διαφορικού GPS για προσδιορισμό θέσης σταθμού αναφοράς και την επίλυση βάσεων μεγάλου μήκους (Dawson et al, 2001). Η διαδικασία υπολογισμού συντεταγμένων γίνεται με παρατηρήσεις φέρουσας φάσης και κώδικα στις συχνότητες L1 και L2 και η επεξεργασία πραγματοποιείται από συλλογή δεδομένων που προέρχονται από στατικό εντοπισμό με διάρκεια παρατήρησης τουλάχιστον 2 ώρες. Τα αποτελέσματα εκφράζονται στα συστήματα ITRF και GDA'94.

Από τους χρήστες απαιτείται η αποστολή του αρχείου σε μορφή RINEX ή Hatanaka, η αναγραφή του ύψους κεραίας κατά τη διάρκεια της μέτρησης καθώς και ο τύπος της (χωρίς αυτό να είναι απαραίτητο) και η ηλεκτρονική διεύθυνση για την αποστολή των αποτελεσμάτων. Η υποβολή του αρχείου γίνεται με τη χρήση ενός τυπικού web browser ή μέσω ftp.

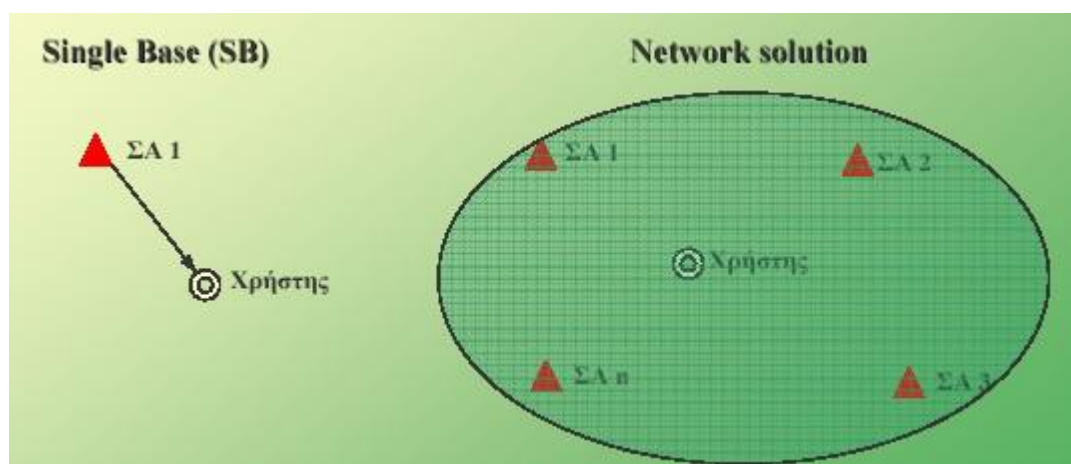
Η υπηρεσία αποστέλλει τα αποτελέσματα στο χρήστη σε ένα αρχείο μορφής PDF. Το αρχείο αυτό περιλαμβάνει τις καρτεσιανές και γεωδαιτικές συντεταγμένες στο σύστημα ITRF του ζητούμενου σταθμού καθώς και των σταθμών που συμμετείχαν στην επεξεργασία. Επιπρόσθετα περιλαμβάνει πληροφορίες λύσης που σχετίζονται με

τον ποιοτικό έλεγχο των αποτελεσμάτων, όπως τα σφάλματα που σχετίζονται με την ακρίβεια των συντεταγμένων και τα ποσοστά επιλύσεων των ασαφειών για κάθε βάση που χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή των συμπερασμάτων. Τέλος, περιέχει πληροφορίες που αφορούν την τροπόσφαιρα, την προεπεξεργασία των παρατηρήσεων, τις τιμές και τους τρόπους διόρθωσης του κέντρου βάρους των δορυφόρων και του κέντρου φάσης της κεραίας, τη μοντελοποίηση των τροχιακών στοιχείων, τη μετάπτωση και κλόνιση, την κίνηση των πόλων και την περιστροφή της γης.

Η υπηρεσία βρίσκεται στην ηλεκτρονική διεύθυνση <http://www.ga.gov.au/geodesy/>.

2.5 Δικτυακές Τεχνικές RTK

Με την πάροδο των χρόνων και την εξέλιξη της τεχνολογίας, αναπτύχθηκαν οι τεχνικές δικτυακού RTK. Η διαφορά του δικτυακού RTK από το Single Base RTK είναι ότι το δικτυακό RTK αξιοποιεί τα δεδομένα από όλους τους σταθμούς αναφοράς του δικτύου ενώ το συμβατικό RTK από ένα μόνο σταθμό. Η συλλογή των δεδομένων των σταθμών πραγματοποιείται σε ένα κέντρο όπου εκεί γίνεται η επεξεργασία τους. Σκοπός είναι η επίτευξη ίδιας ακρίβειας ανεξάρτητα από την απόσταση που έχει ο δέκτης από τον κοντινότερο σταθμό αναφοράς (Εικόνα 2.7).



Εικόνα 2.7: Διαφορά δικτυακού RTK και Single Base RTK (Πηγή: <http://www.hepos.gr/>).

Τα κύρια πλεονεκτήματα των δικτυακών τεχνικών είναι ότι αυξάνουν την ακρίβεια, την αποδοτικότητα και την αξιοπιστία του RTK. Επιπλέον, μειώνονται οι περιορισμοί που προκύπτουν όταν η απόσταση ανάμεσα από το σταθερό και κινητό δέκτη είναι μεγάλη. Οι περιορισμοί αυτοί σχετίζονται με την ανάγκη αύξησης της χρονικής

διάρκειας των μετρήσεων και τη μείωση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων. Επιπρόσθετα, προσφέρουν μεγαλύτερη εμβέλεια καθότι επιτρέπουν την κάλυψη μιας περιοχής με λιγότερους σταθμούς αναφοράς (αποστάσεις 50 – 70 km).

Οι σημαντικότερες τεχνικές δικτύωσης RTK είναι οι VRS (Virtual Reference Stations), FKP (Flächen Korrektur Parameter) και MAC (Master Auxiliary Concept). Από την εταιρεία Leica Geosystems χρησιμοποιούνται επιπλέον η τεχνική MAX που είναι όμοια με τη MAC και η IMAX η οποία είναι παραπλήσια. Οι παραπάνω τεχνικές περιγράφονται ακολούθως :

A) Εικονικοί Σταθμοί Αναφοράς (VRS)

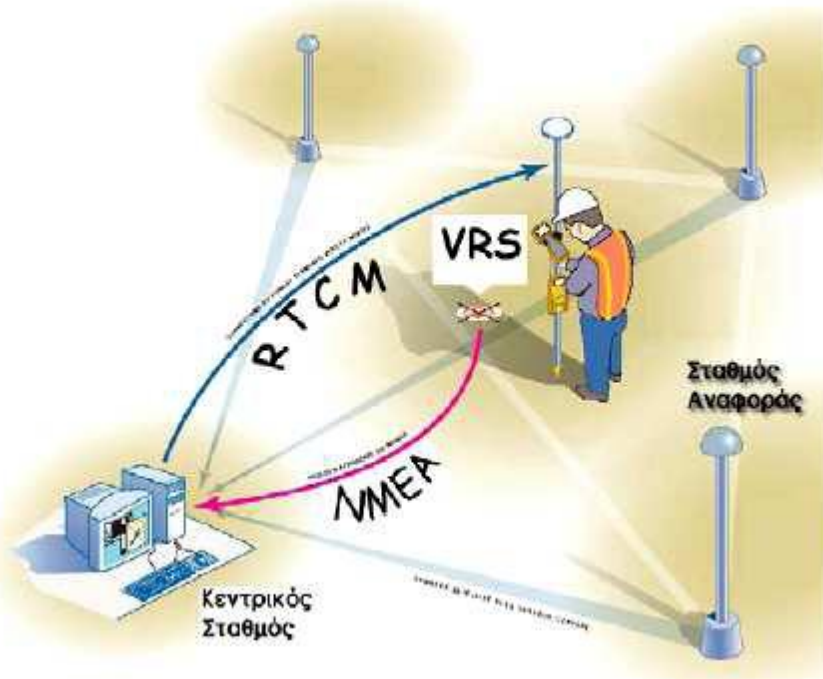
Η μέθοδος αυτή βασίζεται στη δημιουργία ενός πλασματικού σταθμού GPS και αφορά κυρίως εφαρμογές πραγματικού χρόνου. Στηρίζεται στην ύπαρξη δικτύου μόνιμων σταθμών GPS σε αποστάσεις μεταξύ τους που δεν ξεπερνούν τα 50 – 70 km.

Η διαδικασία ξεκινά όταν κάποιος χρήστης πρόκειται να εφαρμόσει μέθοδο RTK ή DGPS εντός ενός δικτύου μόνιμων σταθμών, οι οποίοι παρακολουθούνται από κάποιο υπολογιστικό κέντρο στο οποίο στέλνουν τα δεδομένα τους. Ο χρήστης που μπορεί να βρίσκεται από λίγα έως και δεκάδες χιλιόμετρα μακριά από τον πλησιέστερο σταθμό αναφοράς και διαθέτει ένα μέσο αμφίδρομης επικοινωνίας με το υπολογιστικό κέντρο (π.χ. radio modems, κινητό τηλέφωνο) μπορεί να αποκτήσει την προσεγγιστική του θέση, την οποία θα στείλει με τη βοήθεια μηνύματος NMEA (National Maritime Electronics Association) στο κέντρο. Έτσι δημιουργείται ένας εικονικός σταθμός που βρίσκεται λίγα μέτρα από το κέντρο λήψης σήματος της κεραίας GPS και στην πραγματικότητα δεν υπάρχει. Συνεπώς ο χρήστης μπορεί να εφαρμόσει μέθοδο RTK. Ο σταθερός δέκτης υλοποιείται από τον εικονικό σταθμό με σκοπό τον προσδιορισμό της θέσης όσο μακριά και να βρίσκεται από τον πλησιέστερο μόνιμο σταθμό. Η ύπαρξη του δικτύου συμβάλλει στο γεγονός ότι κάθε χρονική στιγμή μέτρησης είναι γνωστά το μέγεθος και η συμπεριφορά των σφαλμάτων των παρατηρήσεων.

Σε ένα δίκτυο σταθμών η τεχνική VRS εφαρμόζεται ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα (Φωτίου – Πικριδάς 2006) :

- ✓ Αρχικά γίνεται μεταφορά δεδομένων από το δίκτυο των σταθμών αναφοράς στο κεντρικό υπολογιστικό κέντρο. Απαιτούνται τουλάχιστον τρεις σταθμοί αναφοράς, οι οποίοι συνδέονται με τον κεντρικό σταθμό ελέγχου του δικτύου μέσω ορισμένων συνδέσεων επικοινωνίας.
- ✓ Σε δεύτερη φάση, οι παρατηρήσεις των μόνιμων σταθμών χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των σφαλμάτων της ιονόσφαιρας, της τροπόσφαιρας και των ρολογιών των δεκτών και των δορυφόρων. Εν συνεχεία επιλύονται οι ασάφειες φάσης με τη βοήθεια της μεθόδου RTK και όλα τα σφάλματα είναι γνωστά με ακρίβεια μερικών εκατοστών.
- ✓ Έπειτα γίνεται προσδιορισμός ενός μοντέλου πρόγνωσης των εναπομεινάντων σφαλμάτων (κυρίως θόρυβος και τυχαίο σφάλμα) για κάθε δορυφόρο σε οποιοδήποτε σημείο εντός της περιοχής του δικτύου.
- ✓ Τέλος ο χρήστης στέλνει μήνυμα NMEA στο υπολογιστικό κέντρο μέσω του κινητού τηλεφώνου την προσεγγιστική του θέση. Το κέντρο υπολογίζει αμέσως το μέγεθος των σφαλμάτων για την προσεγγιστική θέση του χρήστη με τη χρήση μοντέλων πρόγνωσης και δημιουργεί τις εικονικές παρατηρήσεις για τη θέση αυτή.

(Εικόνα 2.8)



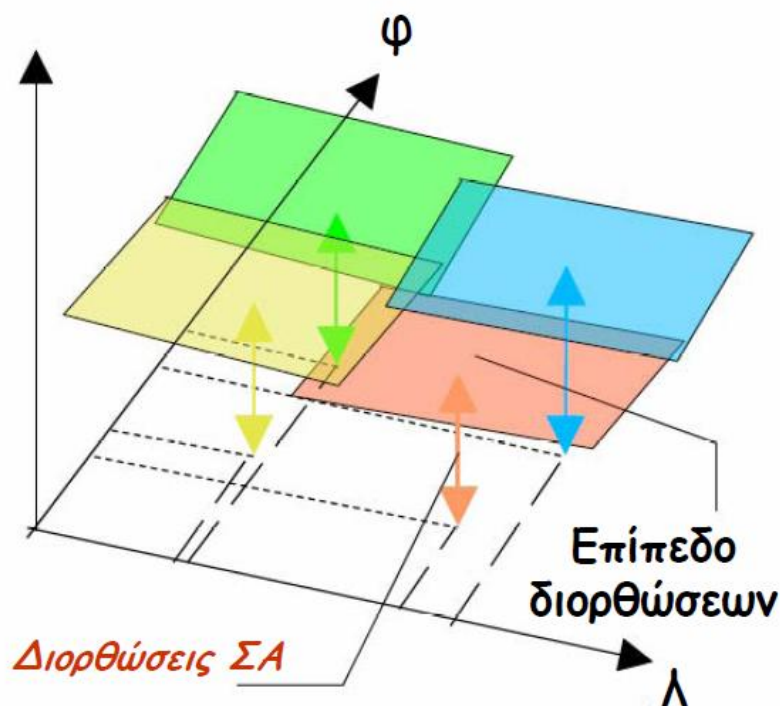
Εικόνα 2.8: Χρήση της τεχνικής VRS (Πηγή: Δεληκαράογλου 2006).

B) Σταθμοί Μετάδοσης Επιφανειακών Παραμέτρων Διορθώσεων (FKP)

Η τεχνική FKP αφορά τη χρήση μιας πολυωνυμικής παραμετροποίησης η οποία περιγράφει την επιρροή των σφαλμάτων GNSS για οποιαδήποτε θέση ενός χρήστη σε μια ορισμένη περιοχή. Βασίζεται στη θεώρηση μιας επιφάνειας που εκφράζεται μέσα από μια σειρά πολυωνυμικών συντελεστών (Εικόνα 2.9) και προσεγγίζει τις διακυμάνσεις των σφαλμάτων σε κάθε σημείο στην περιοχή ενδιαφέροντος. Επιπλέον πραγματοποιείται υλοποίηση και διανομή των διορθώσεων RTK.

Η πολυπλοκότητα των πολυωνυμικών μοντέλων σχετίζεται με τη χρονική και χωρική παραλλαγή των σφαλμάτων. Η τεχνική υλοποιείται μέσα από την αμφίδρομη επικοινωνία του κέντρου ελέγχου το οποίο αποστέλλει τις FKP διορθώσεις και του χρήστη ο οποίος είναι ο αποδέκτης των διορθώσεων αυτών. Ο χρήστης χρησιμοποιεί τις παραμέτρους για να υπολογίσει τις τιμές των σφαλμάτων στο σημείο των δικών του παρατηρήσεων και να κάνει τις ανάλογες διορθώσεις σε πραγματικό χρόνο.

Τέλος να επισημανθεί ότι δεν είναι απαραίτητο να είναι γνωστή η θέση του χρήστη (ούτε προσεγγιστικά) και ότι οι επιφάνειες διορθώσεων είναι κοινές για όλους τους χρήστες της ευρύτερης περιοχής του δικτύου (Δεληκαράογλου 2006).

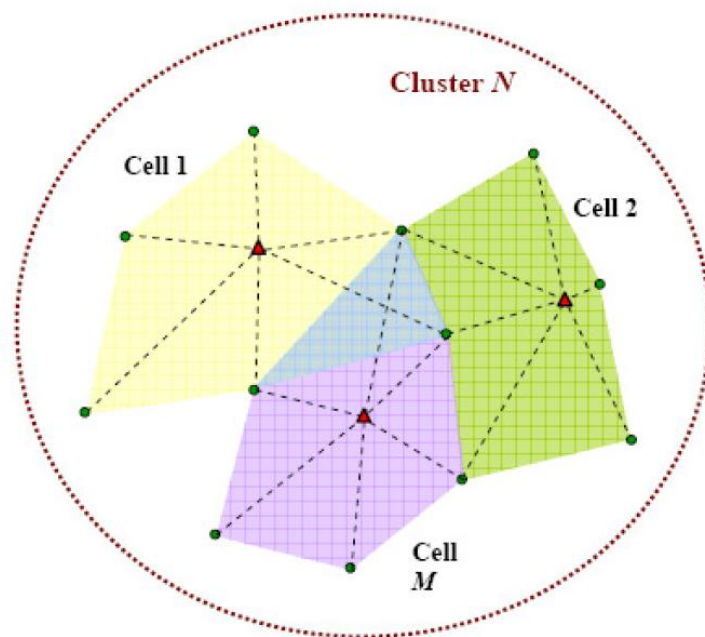


Εικόνα 2.9: Χρήση της τεχνικής FKP (Πηγή: Δεληκαράογλου 2006).

Γ) Κύριοι και Βοηθητικοί σταθμοί (MAC)

Σύμφωνα με την τεχνική MAC το δίκτυο στέλνει στο χρήστη τις διορθώσεις από ένα κύριο σταθμό αναφοράς (Master Station) καθώς και τις διαφορές των διορθώσεων γειτονικών βοηθητικών σταθμών (Auxiliary Stations).

Ο χρήστης λαμβάνει όλη την πρωτογενή πληροφορία για τα σφάλματα από το δίκτυο χωρίς να πραγματοποιείται μοντελοποίηση. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να εφαρμόσει προηγμένους αλγόριθμους προκειμένου να ελαχιστοποιήσει την επίδραση των σφαλμάτων αυτών στη συγκεκριμένη θέση κι έτσι να πετύχει τη βέλτιστη ακρίβεια. Σε περίπτωση που τα δίκτυα είναι μεγάλα δημιουργούνται Cells και Clusters ώστε να μη χρησιμοποιούνται όλοι οι σταθμοί του δικτύου ως βοηθητικοί (Auxiliary) (Εικόνα 2.10). Αν και τυπικά δεν απαιτείται να είναι γνωστή η θέση του χρήστη, στην περίπτωση αυτή, η πληροφορία αυτή είναι χρήσιμη για την ένταξή του σε κάποιο συγκεκριμένο cell. Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται μόνο σε εφαρμογές πραγματικού χρόνου (Γιαννίου, 2008).



Εικόνα 2.10: Τεχνική MAC (Πηγή: Γιαννίου 2008).

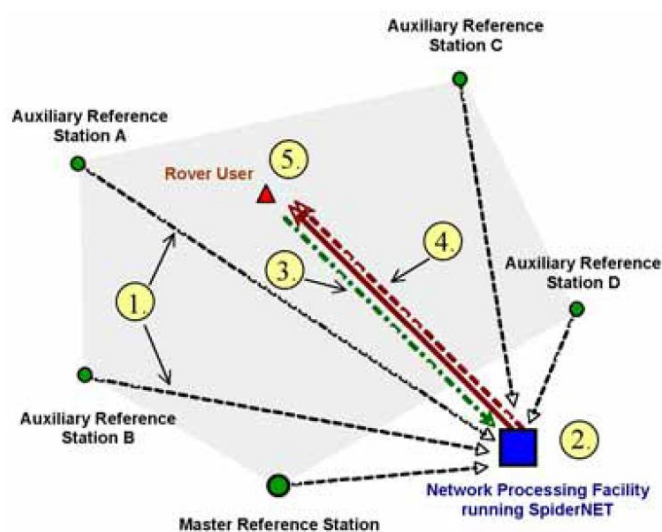
Δ) Κύριες και Βοηθητικές Διορθώσεις (IMAX και MAX)

Η τεχνική MAX είναι όμοια με την τεχνική MAC. Βασίζεται στη δημιουργία των cells και clusters κατά τη διάρκεια της μέτρησης. Το λογισμικό του κινητού δέκτη εντοπίζει τους σταθμούς στην περιοχή ενδιαφέροντος και επιλέγει έναν κύριο (master) και βοηθητικούς (auxiliary) σταθμούς. Στην τεχνική αυτή ο κύριος σταθμός δεν είναι απαραίτητα και ο πλησιέστερος στον κινητό δέκτη (Εικόνα 2.11).

Σε ένα δίκτυο σταθμών η τεχνική MAX εφαρμόζεται ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα (<http://www.leica-geosystems.com/>):

- 1) Μεταφορά ανεπεξέργαστων δεδομένων των παρατηρήσεων από τους σταθμούς αναφοράς του δικτύου στο κεντρικό υπολογιστικό κέντρο.
- 2) Διαδικασία υπολογισμών στο δίκτυο, περιλαμβάνοντας επίλυση ασαφειών για τη μείωση τους στους σταθμούς σε ένα ορισμένο επίπεδο ασαφειών.
- 3) Αποστολή μηνύματος NMEA από χρήστη στο υπολογιστικό κέντρο τη θέση του. Επιλογή των περισσότερο κατάλληλων σταθμών αναφοράς ανάλογα με τη θέση του δέκτη.
- 4) Μεταφορά δεδομένων μέσω μηνύματος RTCM χρησιμοποιώντας διορθώσεις για τον κύριο σταθμό αναφοράς και διαφορές διορθώσεων για τους βοηθητικούς σταθμούς.

- 5) Υπολογισμός ακριβούς θέσης του δέκτη χρησιμοποιώντας το σύνολο των πληροφοριών που παρέχονται από το δίκτυο.



Εικόνα 2.11: Τεχνική MAX (Πηγή: <http://www.leica-geosystems.com/>).

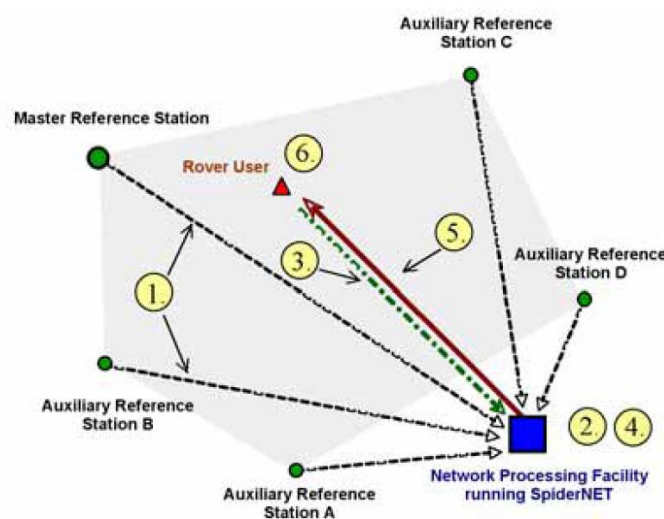
Η τεχνική IMAX είναι παραπλήσια της MAX και συνεπώς και της MAC. Η ειδοποιός διαφορά από την τεχνική MAX είναι ότι βασίζεται σε ήδη προϋπάρχοντα cells και clusters. Συνεπώς ο κύριος σταθμός αναφοράς (master) ο οποίος επιλέγεται από το λογισμικό Spider του δικτύου είναι ο πλησιέστερος του κινητού δέκτη. Το λογισμικό Spider υπολογίζει μια σειρά από διορθώσεις βασισμένες στη θέση του κινητού δέκτη σε κάθε εποχή. Οι διορθώσεις αυτές αφορούν τις αρχικές πληροφορίες παρατήρησης θέσης του σταθμού αναφοράς και αποστέλλονται στο χρήστη σε συμπαγή μορφή.

Η πραγματική απόσταση από τη βάση μπορεί να υπολογιστεί από τις συντεταγμένες του σταθμού βάσης και ο δέκτης είναι σε θέση να διαθέσει τις ρυθμίσεις του ώστε να εκτιμηθεί η εναπομένουσα καθυστέρηση λόγω ιονόσφαιρας. Η προσέγγιση αυτή είναι ασφαλέστερη δεδομένου ότι ειδοποιεί τον δέκτη όταν υπάρχουν σφάλματα μήκους στις πληροφορίες παρατήρησης. Υπάρχει αμφίδρομη επικοινωνία με το λογισμικό του δικτύου μέσω μηνυμάτων RTCM 3.0 και RTCM 2.3 (Εικόνα 2.12).

Σε ένα δίκτυο σταθμών η τεχνική IMAX εφαρμόζεται ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα <http://www.leica-geosystems.com/>):

- 1) Μεταφορά ανεπεξέργαστων δεδομένων των παρατηρήσεων από τους σταθμούς αναφοράς του δικτύου στο κεντρικό υπολογιστικό κέντρο.

- 2) Διαδικασία υπολογισμών στο δίκτυο, περιλαμβάνοντας επίλυση ασαφειών για την μείωση τους στους σταθμούς σε ένα ορισμένο επίπεδο ασαφειών.
- 3) Αποστολή μηνύματος NMEA από χρήστη στο υπολογιστικό κέντρο τη θέση του. Επιλογή των περισσότερο κατάλληλων σταθμών αναφοράς ανάλογα με τη θέση του δέκτη. Ως κύριος σταθμός επιλέγεται ο πλησιέστερος στον δέκτη.
- 4) Υπολογισμός δικτυακών διορθώσεων για το δέκτη και εφαρμογή τους στις παρατηρήσεις από τον κύριο σταθμό αναφοράς.
- 5) Μεταφορά δεδομένων μέσω μηνύματος RTCM χρησιμοποιώντας διορθώσεις από τον κύριο σταθμό αναφοράς.
- 6) Υπολογισμός ακριβούς θέσης του δέκτη χρησιμοποιώντας το σύνολο των πληροφοριών που παρέχονται από το δίκτυο.



Εικόνα 2.12: Τεχνική IMAX (Πηγή: <http://www.leica-geosystems.com/>).

2.6 Δίκτυα μόνιμων σταθμών αναφοράς στην Ελλάδα

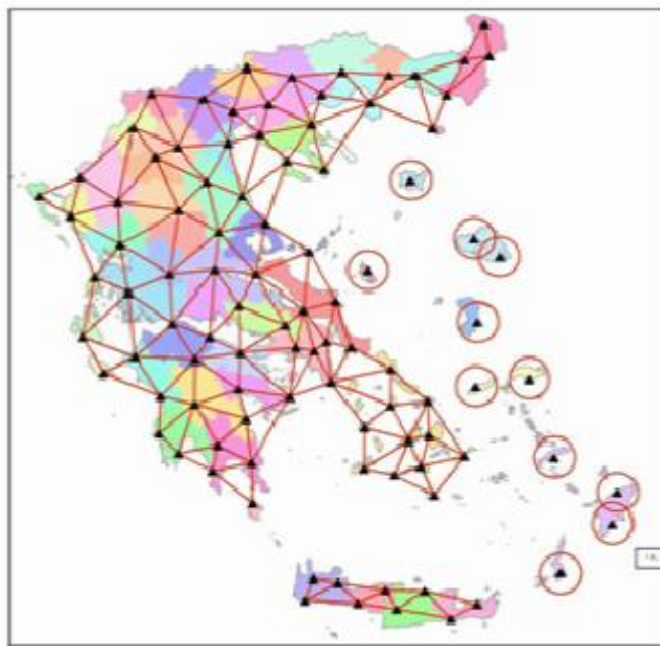
2.6.1 Εισαγωγή

Στη χώρα μας λειτουργούν μόνιμα δίκτυα σταθμών και ανεξάρτητοι σταθμοί GNSS από κρατικούς φορείς, εκπαιδευτικά - ερευνητικά ιδρύματα και ιδιωτικές εταιρείες. Στην ενότητα αυτή περιγράφονται τα χαρακτηριστικά των δικτύων με ιδιαίτερη

έμφαση στο δίκτυο σταθμών αναφοράς της εταιρείας Metrica το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

2.6.2 Δίκτυο HEPOS (HEllenic POsitioning System)

Το HEPOS είναι το κρατικό δίκτυο σταθμών αναφοράς στον ελλαδικό χώρο. Αποτελείται από 98 μόνιμους σταθμούς αναφοράς, ένα τηλεπικοινωνιακό δίκτυο και ένα κέντρο Ελέγχου το οποίο βρίσκεται στις εγκαταστάσεις της ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε. (Εικόνα 2.13). Το Ελληνικό Σύστημα Εντοπισμού επιτρέπει τον προσδιορισμό θέσης με υψηλή ακρίβεια αξιοποιώντας το υφιστάμενο παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα εντοπισμού GPS, ενώ μέχρι σήμερα δεν υπάρχει η δυνατότητα αξιοποίησης των συστημάτων GLONASS και GALILEO (<http://www.hepos.gr/>).



Εικόνα 2.13: Δίκτυο σταθμών αναφοράς HEPOS (Πηγή: <http://www.hepos.gr/>).

Το δίκτυο υλοποιείται για να καλύπτει τις βασικές ανάγκες του Εθνικού Κτηματολογίου. Τα κύρια πεδία εφαρμογών του συστήματος αποτελούν οι κτηματολογικές, τοπογραφικές και γεωδαιτικές εργασίες, τα μεγάλα κατασκευαστικά έργα, η επιστημονική έρευνα και η συλλογή δεδομένων για εφαρμογές GIS με αυξημένες απαιτήσεις χωρικής ακρίβειας (Γιαννίου και Μάστορης, 2006).

Η λειτουργία του βασίζεται στην τεχνική των Εικονικών Σταθμών Αναφοράς και στηρίζεται σε βέλτιστους αλγόριθμους εκτίμησης σφαλμάτων GPS και στη μετάδοση

διαφορικών διορθώσεων προς τους κατάλληλα εξοπλισμένους χρήστες ακόμα και όταν αυτοί είναι σε κίνηση προκειμένου να εντοπίζουν σε πραγματικό χρόνο τη θέση τους με ακρίβεια εκατοστών.

Οι υπηρεσίες που παρέχει το HEPOS διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- Στις υπηρεσίες πραγματικού χρόνου στις οποίες η θέση ενός σημείου προσδιορίζεται κατά τη διάρκεια της μέτρησης
- Στις υπηρεσίες μετέπεξεργασίας, όπου η θέση ενός σημείου προσδιορίζεται εκ των υστέρων μετά από επεξεργασία μετρήσεων στο γραφείο. Υλοποιείται μέσω της τεχνικής στατικού εντοπισμού με χρήση αρχείων RINEX.

Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει αναλυτικά τις παρεχόμενες υπηρεσίες του συστήματος, τα formats που χρησιμοποιεί η καθεμιά καθώς και τις ακρίβειες που μπορούν να επιτευχθούν με κάθε μέθοδο.

| ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ | SERVICE | FORMAT | ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΚΡΙΒΕΙΑ | ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΚΡΙΒΕΙΑ |
|--------------------|------------------|--|---------------------------|---------------------|
| Μετεπεξεργασίας | RS data | RINEX, CRINEX | 0.005 m \pm 0.5 ppm | 0.005 m \pm 1 ppm |
| | VRS data | RINEX, CRINEX | 0.01 m \pm 1 ppm | 0.02 m \pm 1 ppm |
| Πραγματικού χρόνου | Network RTK:VRS | RTCM 2.3 RTCM 3.0 RTCM 3.1 CMR+ | 0.01 m \pm 1 ppm \pm | 0.02 m \pm 1 ppm |
| | Network RTK:FKP | | | |
| | Network RTK:MAC | | | |
| | Single Base RTK | | | |
| | Network DGPS | RTCM 2.3 | < 0,8 m | < 0,8 m |
| | Single Base DGPS | RTCM 2.3 | 0.2 m -1 m | |

Πίνακας 2.4: Οι παρεχόμενες υπηρεσίες και ακρίβειες του HEPOS (Πηγή:

<http://www.hepos.gr/>).

Όσον αφορά στον απαιτούμενο εξοπλισμό των χρηστών, στις εφαρμογές RTK, οι δέκτες είναι πλήρως συμβατοί με τον τρόπο λειτουργίας συστημάτων όπως το HEPOS και το μόνο που χρειάζεται είναι η προμήθεια ενός GPRS μόντεμ ή GSM. Το

μόντεμ συχνά ενσωματώνεται στο δέκτη διατηρώντας στο ακέραιο την ευχρηστία του δέκτη στο πεδίο.

Για εφαρμογές post processing, το HEPOS μπορεί να χρησιμοποιείται από όλους πρακτικά τους χρήστες GPS, καθώς η μόνη απαίτηση από πλευράς εξοπλισμού είναι η δυνατότητα του λογισμικού γραφείου να εισάγει δεδομένα σε μορφή RINEX (παρέχονται τα δεδομένα αφενός πραγματικών σταθμών και αφετέρου εικονικών σταθμών αναφοράς).

Η Ελλάδα σε συνεννόηση με την Ευρωπαϊκή Ένωση που συγχρηματοδότησε το έργο υιοθέτησε το ETRS'89 ως σύστημα αναφοράς του HEPOS. Το σύστημα ονομάστηκε HTRS'07 (Hellenic Terrestrial Reference System 2007) και αποτελεί υλοποίηση του ETRS'89 στον ελλαδικό χώρο. Σε μια απλουστευμένη προσέγγιση σήμερα το HTRS'07 ταυτίζεται σε επίπεδο καλύτερο του 1 m με το ITRS και το WGS'84 (World Geodetic System 1984) (Γιαννίου, 2010).

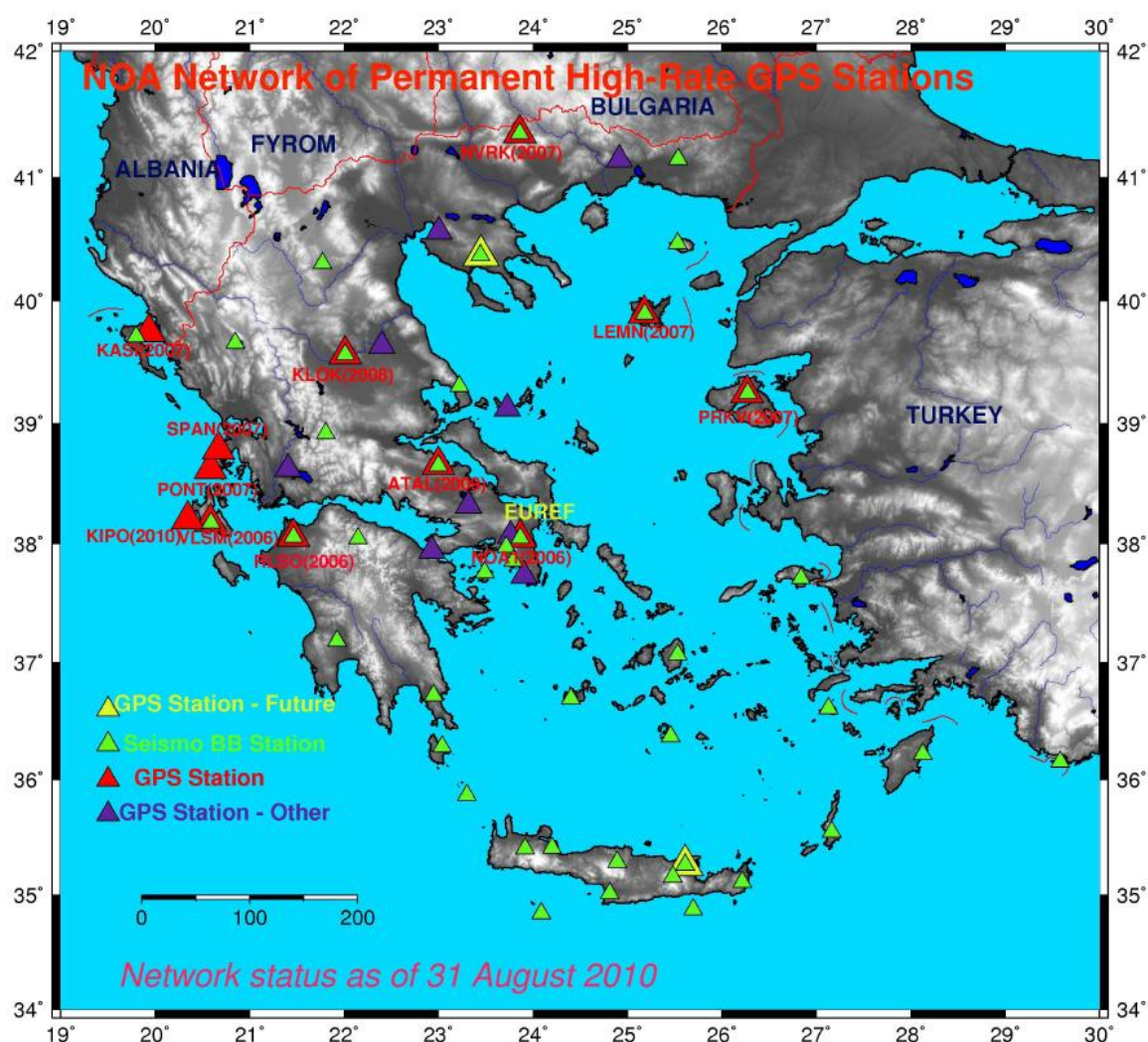
2.6.3 Μόνιμοι σταθμοί του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών

Το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών ιδρύθηκε το 1842 και είναι το αρχαιότερο ερευνητικό ίδρυμα της χώρας αλλά και όλων των Βαλκανίων. Αποτελείται από τα ινστιτούτα αστρονομίας και φυσικής, ερευνών περιβάλλοντος και βιώσιμης ανάπτυξης, διαστημικής εφαρμογών και τηλεπισκόπησης, αστροσωματιδιακής φυσικής Νέστωρ και από το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο (<http://www.noa.gr/>). Οι ερευνητικές δραστηριότητες του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα της Σεισμολογίας, της Φυσικής του Εσωτερικού της Γης και της Γεωφυσικής (<http://www.gein.noa.gr/>).

Αποτελείται από 12 μόνιμους σταθμούς GNSS που εξαπλώνονται στον ελλαδικό χώρο (Εικόνα 2.14). Οι περισσότερες βάσεις των σταθμών αναφοράς είναι του οίκου LEICA τύπου GRX 1200 PRO (<http://www.gein.noa.gr/>).

Σύμφωνα με την εικόνα 2.14 παρατηρείται ότι 5 από τους 12 σταθμούς του δικτύου συσπειρώνονται στην περιοχή του Ιονίου Πελάγους ενώ οι υπόλοιποι καλύπτουν αραιά την έκταση της Ελλάδας. Το δίκτυο δίνει ιδιαίτερη έμφαση στην περιοχή του Ιονίου πελάγους καθώς εκεί εμφανίζεται έντονη σεισμική δραστηριότητα.

Τα δεδομένα των σταθμών που καταγράφονται σε ημερήσια βάση με ρυθμό καταγραφής 1 sec αξιοποιούνται στην έρευνα τομέων όπως η σεισμικότητα, ο μηχανισμός γένεσης των σεισμών και οι ιδιότητες της σεισμικής πηγής, η διάδοση των σεισμικών κυμάτων και οι αναμενόμενοι εδαφικοί κραδασμοί, η σεισμική επικινδυνότητα, η πρόγνωση των σεισμών, η σεισμοτεκτονική, τα παλλιροιακά κύματα και η εφαρμοσμένη γεωφυσική. Η παροχή των δεδομένων στους χρήστες για ερευνητικούς σκοπούς δεν απαιτεί κάποια οικονομική επιβάρυνση.



Εικόνα 2.14: Δίκτυο σταθμών του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (Πηγή:

<http://www.gein.noa.gr/>).

2.6.4 Ιδιωτικά δίκτυα σταθμών αναφοράς στην Ελλάδα

Δίκτυο μόνιμων σταθμών GNSS της εταιρείας Metrica

Η εταιρεία METRICA με τη σημερινή της μορφή ιδρύθηκε το 2005 και αντιπροσωπεύει τα προϊόντα του οίκου LEICA. Στο χώρο προϋπήρχε ήδη πριν 20 χρόνια με διαφορετικές επωνυμίες. Το δίκτυο της εταιρείας είναι το μεγαλύτερο στον ελλαδικό χώρο μετά το HEPOS αποτελούμενο από 54 μόνιμους σταθμούς GNSS. Οι περιοχές εγκατάστασης των σταθμών παρουσιάζονται στην εικόνα 2.16. Στην εικόνα 2.15 απεικονίζονται οι σταθμοί όπου εγκαταστάθηκαν στη Μήλο, στην Άρτα και στη Σαντορίνη.

Όσον αφορά σε κάποια ιστορικά στοιχεία για το δίκτυο METRICANET, ο πρώτος σταθμός λειτούργησε το 2005 στη Μεταμόρφωση Αττικής. Το 2006 προστέθηκαν δύο σταθμοί στην Ανάβυσσο Αττικής και στη Θήβα. Το έτος 2008 έγιναν συνεργασίες με το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών και την Ε – 65. Κατά τη διάρκεια του 2010 εγκαταστάθηκαν 12 σταθμοί, συνήφθηκε σύμβαση με την Πολυτεχνική σχολή του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης για τον έλεγχο του δικτύου, τη δημιουργία ενιαίου συστήματος συντεταγμένων και την παροχή δεδομένων καθώς επίσης και διεξήχθησαν συμφωνίες με την Πολυτεχνική Σχολή Κρήτης. Τέλος, το 2011 υπογράφηκε συμβόλαιο με τη LEICA για ένταξη του Metricanet στο Smartnet Europe και μέχρι τέλη του έτους αναμένεται το σύνολο των μόνιμων σταθμών να ανέρχεται στους 57 (<http://www.metrice.gr/>).

Οι σταθμοί του δικτύου έχουν δυνατότητα λήψης από τα υπάρχοντα δορυφορικά συστήματα προσδιορισμού θέσης GPS και GLONASS και είναι έτοιμοι για την υποστήριξη των συστημάτων GALILEO και COMPASS όταν λειτουργήσουν (<http://www.metrice.gr/>).

Παρέχουν διορθώσεις πραγματικού χρόνου RTK – NTRIP μέσω GPRS Internet, Post Processing δεδομένα για εκ των υστέρων επίλυση μετρήσεων στο γραφείο και Real Time DGPS via NTRIP διορθώσεις για βάσεις μεγαλύτερες από 60 km από τον κοντινότερο σταθμό αναφοράς. Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται στις μετρήσεις πραγματικού χρόνου είναι τα RTCM και CMR. Οι διορθώσεις RTK μπορούν να δημιουργηθούν από τις μεθόδους Single Base RTK, VRS, FKP, MAX

και IMAX. Όσον αφορά στα δεδομένα post processing, τα δεδομένα για κάθε σταθμό έχουν ρυθμό καταγραφής 1 sec και αποθηκεύονται σε μορφή COMPACT RINEX. Τα αρχεία αυτά τα οποία είναι ωριαία συμπιέζονται, αποθηκεύονται στον ftp server της εταιρείας και ταξινομούνται ανά ημερολογιακή μέρα από την αρχή του έτους.

Σχετικά με τους δέκτες που εγκαθίστανται στις περιοχές του δικτύου είναι τύπου GRX 1200+ και είναι του οίκου LEICA. Το λογισμικό των σταθμών αναφοράς που χρησιμοποιείται είναι το LEICA GNSS SPIDER.

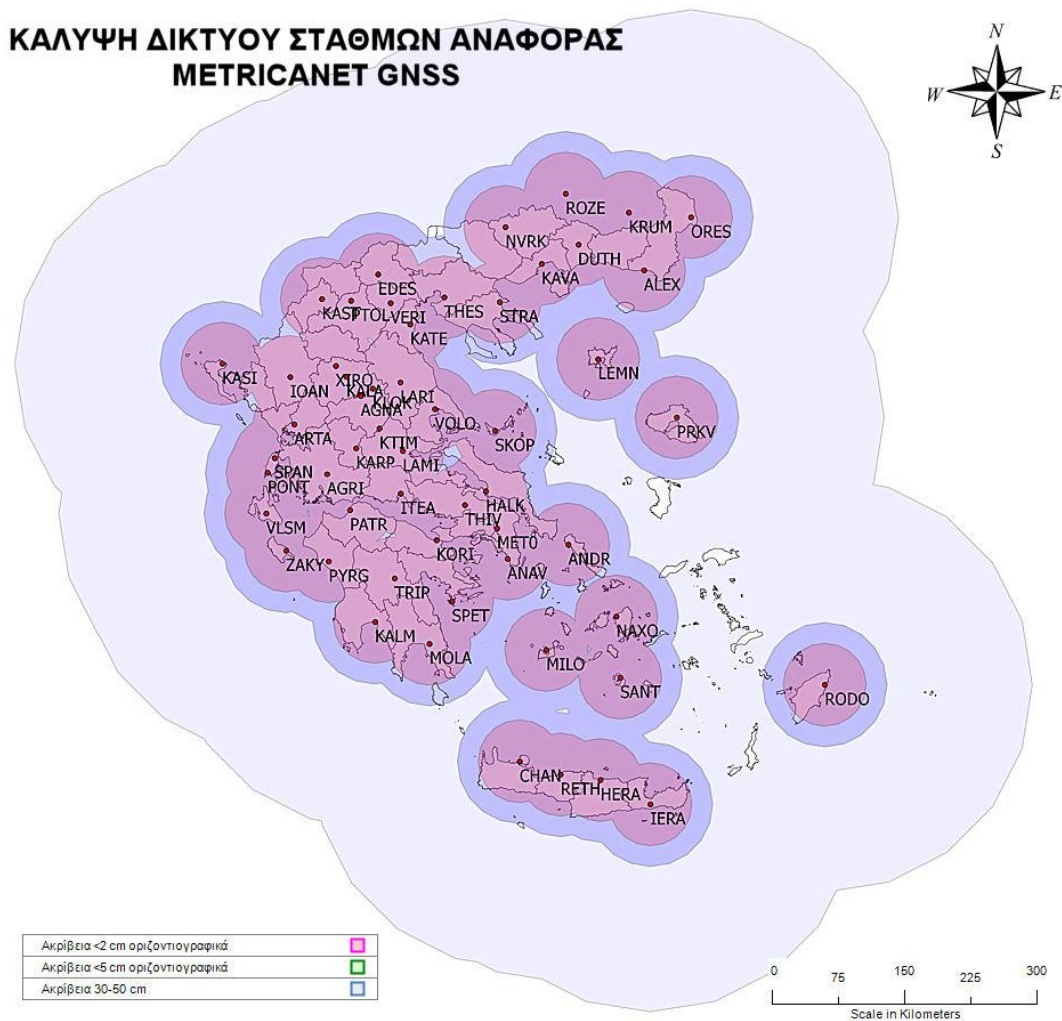


Εικόνα 2.15 a, b, c: Σταθμοί αναφοράς του Metricanet στη Μήλο, στην Άρτα και στη Σαντορίνη (Πηγή: <http://www.metricea.gr/>).

Τα πλεονεκτήματα δικτυακής επίλυσης μέσα από το Metricanet είναι τα ακόλουθα (<http://www.metricea.gr/>):

- ✓ Παρέχεται μεγάλο εύρος κάλυψης με αποτέλεσμα ο χρήστης να μπορεί να δουλέψει χρησιμοποιώντας δέκτες GNSS σε όλη την επιφάνεια που επικαλύπτεται από κύκλους ακτίνας έως και 50 km με κέντρο τους σταθμούς αναφοράς
- ✓ Δίνεται μεγάλη ακρίβεια σε RTK δεδομένα, λόγω επίλυσης περισσότερων βάσεων με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται καλύτερη γεωμετρία (τριγωνισμοί)
- ✓ Προσφέρεται καλύτερη αναίρεση στα ατμοσφαιρικά σφάλματα λόγω δημιουργίας ιονοσφαιρικών μοντέλων στην περιοχή κάλυψης των μόνιμων σταθμών
- ✓ Δίνεται η δυνατότητα εξαγωγής αναφορών με πληθώρα λεπτομερειών ως προς την αξιοπιστία των μετρήσεων, την υγεία των δορυφόρων και άλλα.

Αξίζει να επισημανθεί ότι τα δεδομένα του δικτύου λαμβάνουν επισήμως δύο πανεπιστήμια του εξωτερικού (University of Nevada και University of Arizona), καθώς και ένα Ινστιτούτο Γεωφυσικής στην Ιταλία (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)) προκειμένου να διεξάγουν έρευνες για την ανάπτυξη των σεισμικών μοντέλων παγκοσμίως.



Εικόνα 2.16: Υφιστάμενο δίκτυο μόνιμων σταθμών GNSS της εταιρείας METRICA (Πηγή: <http://www.metrica.gr/>).

➤ Σύστημα Συντεταγμένων

Οι συντεταγμένες του δικτύου μετρήθηκαν στο σύστημα ITRF. Αυτό πραγματοποιήθηκε μέσα από την εξάρτηση των σημείων από σταθμούς του δικτύου EPN που βρίσκονται στην Ελλάδα και από δεδομένα με παρατηρήσεις εβδομάδων

των ακριβών θέσεων των σταθμών και των τροχιών των δορυφόρων από την IGS. Η πρώτη επίλυση του δικτύου για τον προσδιορισμό των τρισδιάστατων συντεταγμένων έγινε με δεδομένα από 28 μόνιμους σταθμούς της METRICANET, 4 σταθμούς EPN και 8 σταθμούς IGS. Χρησιμοποιήθηκε το Bernese GPS Software αξιοποιώντας τη Μέθοδο Ελαχίστων Τετραγώνων (με εσωτερικές δεσμεύσεις από το σταθμό AUT1 στη Θεσσαλονίκη), ιονοσφαιρικούς χάρτες και μεθόδους επίλυσης ασαφειών φάσης.

Στη συνέχεια μετρήθηκαν τριγωνομετρικά και υψομετρικές αφετηρίες της ΓΥΣ και τριγωνομετρικά του OKXE από παλαιότερες κτηματογραφήσεις που βρίσκονταν κοντά στους μόνιμους σταθμούς της METRICANET. Επόμενο βήμα ήταν η ενιαία συνόρθωση όλων των τριγωνομετρικών ως προς το δίκτυο σταθμών αναφοράς στην ευρύτερη περιοχή της Αττικής και συνόρθωση των ευρύτερων τριγωνομετρικών στις περιοχές για τους υπόλοιπους μόνιμους σταθμούς. Τα τριγωνομετρικά τα οποία εμφάνισαν μεγάλες αποκλίσεις απορρίφθηκαν. Έτσι προέκυψαν παράμετροι μετασχηματισμού από WGS'84 σε ΕΓΣΑ για κάθε περιοχή του δικτύου (Γενική ΕΓΣΑ).

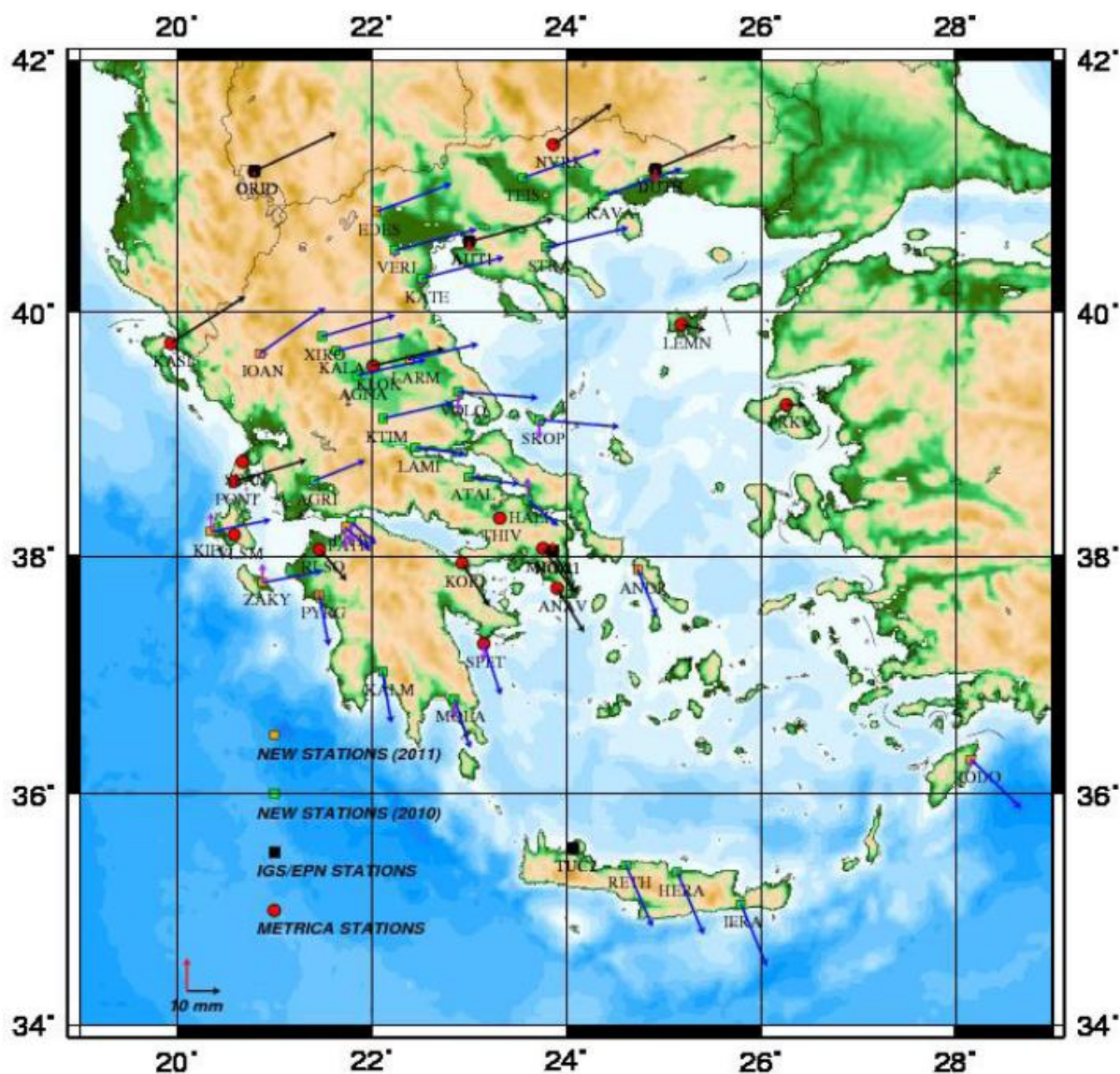
Εφαρμόζοντας τις γενικές παραμέτρους μετασχηματισμού, διαπιστώθηκε ότι υπήρχαν αποκλίσεις δεκάδων πόντων στα τριγωνομετρικά για κάθε περιοχή σε σύγκριση με αυτά που είχαν μετρηθεί από τη ΓΥΣ (Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού). Οι πιθανοί λόγοι είναι ενδεχόμενες μετακινήσεις των τριγωνομετρικών, παραμορφώσεις – μετακινήσεις του φλοιού της ελληνικής επικράτειας λόγω τεκτονικής κ.α. Επειδή όμως το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς αξιοποιεί αυτές τις συντεταγμένες, γι' αυτό το λόγο εφαρμόστηκε και δεύτερος μετασχηματισμός έτσι ώστε οι συντεταγμένες σχεδόν να συμπίπτουν με αυτές που μετρήθηκαν από τη ΓΥΣ πριν χρόνια. Έτσι προκύπτει η τοπική ΕΓΣΑ_Metricanet (EGSA Local Grid) που συμπίπτει με το ΕΓΣΑ'87.

Η διαφορά με το HEPOS είναι ότι εφόσον δεν έχουν μετρηθεί όλα τα τριγωνομετρικά στην Ελλάδα δεν ήταν δυνατόν να κατασκευαστεί γενικός κλίμακας διορθώσεων με παραμέτρους μετασχηματισμού. Αντί αυτού, ο χρήστης του δικτύου εφαρμόζει τις παραμέτρους μετασχηματισμού που ισχύουν για την περιοχή που θέλει να μετρήσει.

Το METRICANET στο σύστημα του HTRF'07

Στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος το 2011 πραγματοποιήθηκε και νέα επίλυση του δικτύου για τον προσδιορισμό συντεταγμένων των μόνιμων σταθμών GNSS σε όλα τα σύγχρονα διεθνή πλαίσια αναφοράς ITRF_{yy}, ETRF_{yy} καθώς και στο ελληνικό πλαίσιο HTRF'07 που χρησιμοποιεί το HEPOS με σκοπό τον προσδιορισμό των συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ'87.

Η ένταξη του δικτύου METRICANET στο σύστημα HEPOS έγινε δυνατή μέσω του προσδιορισμού ταχυτήτων μετακίνησης από δεδομένα του δικτύου, δεδομένα του ευρωπαϊκού δικτύου EPN και δεδομένα αρκετών ετών της Ε.Ο. στο πλαίσιο ερευνητικών δραστηριοτήτων, όπως π.χ στην περιοχή της Βόρειας Ελλάδας. Κύρια δυσκολία υπήρξε η ανομοιογενής συμπεριφορά μετακίνησης του Ελλαδικού χώρου ως προς την Ευρωασιατική τεκτονική πλάκα (Εικόνα 2.17).



Εικόνα 2.17: Οι ταχύτητες μετακίνησης των μόνιμων σταθμών GNSS του δικτύου AUTH – METRICA στον ελλαδικό χώρο (Πηγή: <http://www.metrice.gr/>).

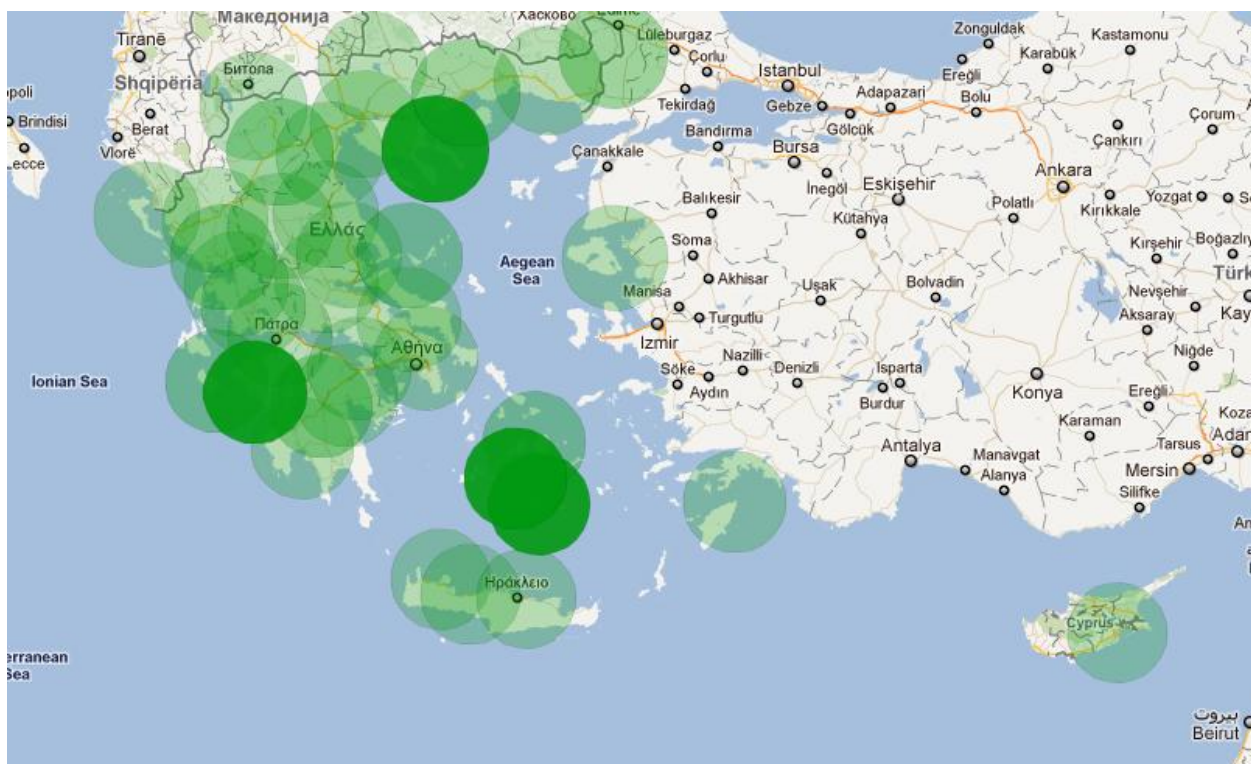
Οι πρώτοι έλεγχοι προσδιορισμού συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ'87 με βάση το METRICANET στο HTRF'07, δείχνουν ότι η ακρίβεια που επιτυγχάνεται είναι της τάξης του 0,5 cm σε σχέση με τις τιμές ΕΓΣΑ'87 που θα έδινε το σύστημα HEPOS, δηλαδή προέκυψε πλήρης συμβατότητα με το σύστημα HTRF'07 του HEPOS.

✚ Μόνιμοι σταθμοί CORS (CivilshopNET) της εταιρείας Civilshop

Η εταιρεία Civilshop ιδρύθηκε το 2006 κι έχει έδρα τη Λαμία. Είναι αντιπρόσωπος των προϊόντων SOUTH και STONEX.

Το δίκτυο σταθμών αναφοράς έχει αναπτυχθεί από την Civilshop και οι βάσεις αναφοράς είναι κατασκευής της ίδιας. Αποτελείται από 35 μόνιμους σταθμούς οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι στις περιοχές που φαίνονται στον χάρτη της Εικόνας 2.18. Στο άμεσο μέλλον αναμένεται να εγκατασταθούν σταθμοί στη Σαντορίνη, στη Σίκινο και στην Αρεόπολη και υπάρχουν προοπτικές για εγκατάσταση σταθμών και σε άλλες πόλεις (<http://www.marktopo.com/>).

Πολλοί από τους ήδη υπάρχοντες σταθμούς έχουν τη δυνατότητα για GLONASS δορυφόρους και σε αρκετούς από αυτούς δίνεται η δυνατότητα αξιοποίησης COMPASS και GALILEO. Παρέχουν διορθώσεις για γεωδαιτικά GPS RTK σε πρωτόκολλο επικοινωνίας CMR και RTCM. Η αποστολή δεδομένων γίνεται μέσω GPRS, GSM και UHF ενώ προς το παρόν δεν υπάρχει η δυνατότητα παροχής δικτυακών διορθώσεων. Υπάρχουν προοπτικές για παροχή Εικονικών Σταθμών Αναφοράς (<http://www.marktopo.com/>).



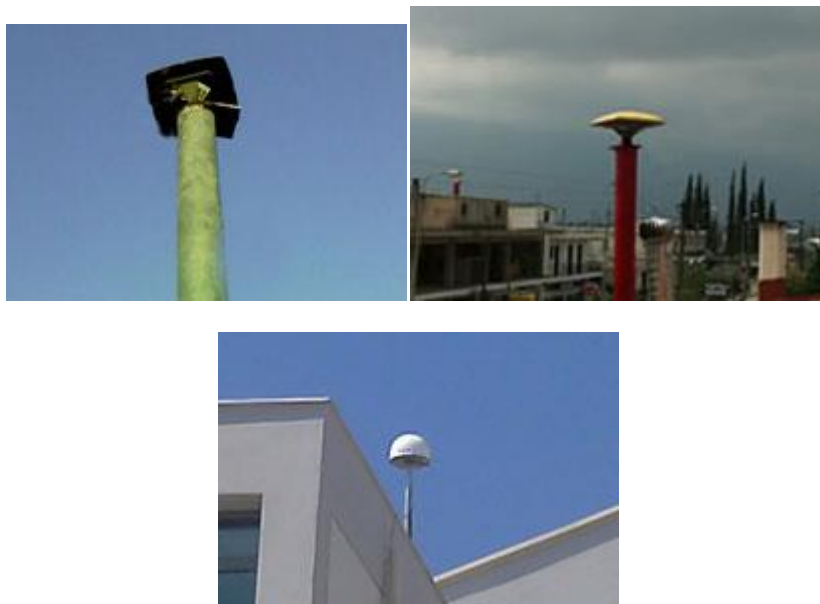
Εικόνα 2.18: Υφιστάμενο δίκτυο μόνιμων σταθμών CORS της εταιρείας Civilshop (Πηγή: <http://www.marktopo.com/>).

✚ Μόνιμοι σταθμοί URANUS της εταιρείας Tree Company

Η εταιρεία Tree Company ιδρύθηκε το 1988 κ έχει έδρα την Αθήνα. Αντιπροσωπεύει τα προϊόντα του οίκου Topcon.

Το δίκτυο σταθμών γνωστό με το όνομα URANUS (Unique Reference Autonomous Network Universal System) που εξαπλώνεται σε Ελλάδα και Κύπρο αποτελείται από 20 μόνιμους σταθμούς ενώ υπάρχουν προοπτικές για πυκνωση του δικτύου. Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται ενδεικτικά οι σταθμοί στη Μαγούλα, στη Λαμία και στη Λευκάδα οι οποίοι είναι οι πιο πρόσφατα εγκατεστημένοι (<http://uranus.gr/>).

Το δίκτυο URANUS αξιοποιεί τα ήδη υπάρχοντα δορυφορικά συστήματα GPS και GLONASS ενώ οι περισσότεροι από τους σταθμούς έχουν τη δυνατότητα αξιοποίησης του συστήματος GALILEO μόλις τεθεί σε λειτουργία. Παρέχουν διορθώσεις Single Base RTK και DGPS σε πρωτόκολλο επικοινωνίας RTCM και CMR καθώς επίσης και υπηρεσίες για μετρήσεις μετ' επεξεργασίας. Η αποστολή των δεδομένων γίνεται μέσω GPRS. Επίσης υπάρχει η προοπτική εξέλιξης του δικτύου για χρήση VRS (Virtual Reference Stations) μέχρι τέλη του 2011 (<http://uranus.gr/>).



Εικόνα 2.19 a, b, c: Σταθμοί αναφοράς στη Μαγούλα (Εύβοια), Λαμία και Λευκάδα (Πηγή: <http://www.treecomp.gr/>).

Οι σταθμοί αναφοράς που εγκαθίστανται είναι τύπου Topcon. Παρόλα αυτά μπορεί να συνδεθεί οποιοσδήποτε δέκτης ανεξαρτήτου κατασκευάστριας εταιρείας.

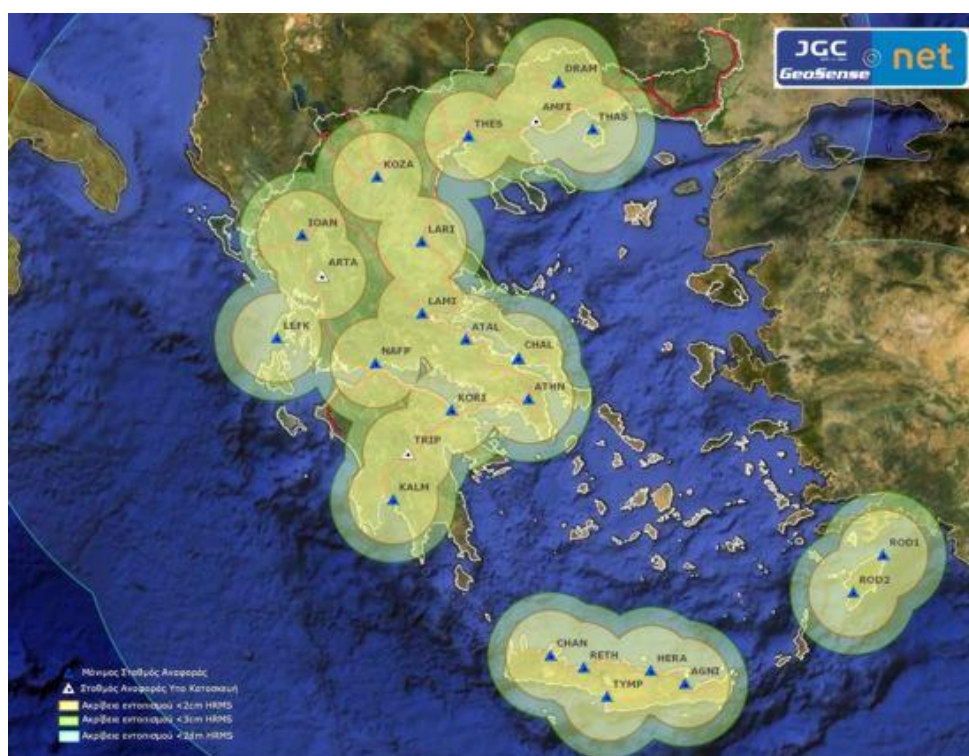
✚ Οι μόνιμοι σταθμοί της εταιρείας JGC

Η εταιρεία JGC ιδρύθηκε το 1999 και έχει έδρα στην Αθήνα. Είναι αντιπρόσωπος των προϊόντων GEOMAX.

Το δίκτυο JGCNET αποτελείται από 21 μόνιμους σταθμούς σε περιοχές που παρουσιάζονται στο χάρτη της Εικόνας 2.20. Έχει ως στόχο να καλύψει όλο τον ελλαδικό χώρο. Στο άμεσο μέλλον αναμένεται να τεθούν σε λειτουργία και αρκετοί άλλοι σταθμοί (<http://www.jgc.gr/>).

Τα δορυφορικά συστήματα που υποστηρίζει η JGCNET είναι GPS, GLONASS και SBAS. Οι διορθώσεις Single Base RTK και VRS RTK παρέχονται σε πρωτόκολλο επικοινωνίας RTCM και τα πρωτογενή δεδομένα μορφής RINEX σε διάφορα διάκενα καταγραφών (<http://www.jgc.gr/>).

Οι σταθμοί αναφοράς που χρησιμοποιούνται στο δίκτυο είναι κυρίως οι Pro Flex 500 που ενσωματώνουν την τεχνολογία BLADE Asshtech (<http://www.jgc.gr/>).



Εικόνα 2.20: Υφιστάμενο δίκτυο μόνιμων σταθμών CORS της εταιρείας JGC (Πηγή: <http://www.jgc.gr/>).

Οι μόνιμοι σταθμοί της εταιρείας GEOTECH

Η εταιρεία GEOTECH ιδρύθηκε το 1991 και έχει έδρα την Αθήνα. Αντιπροσωπεύει τα προϊόντα Trimble.

Το δίκτυο της εταιρείας αποτελείται από 4 σταθμούς αναφοράς που είναι εγκατεστημένοι σε Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Αγρίνιο και Καρδίτσα (<http://www.geotech.gr/>).

Όσον αφορά στα δορυφορικά συστήματα, η εταιρεία αξιοποιεί τα GPS και GLONASS. Παρέχει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και για εκ των υστέρων επεξεργασία. Τα δεδομένα των σταθμών συλλέγονται με ρυθμό καταγραφής 5 sec και διατηρούνται στη μορφή .T02 (εσωτερικό format Trimble) και RINEX. Επίσης παρέχονται διορθώσεις RTK σε πρωτόκολλα επικοινωνίας RTCM, CMR και RAW (πρωτογενής μορφή των δεκτών Trimble). Η αποστολή των δεδομένων γίνεται μέσω GPRS. Να επισημανθεί ότι ο σταθμός στη Θεσσαλονίκη παρέχει και διορθώσεις DGPS (<http://www.geotech.gr/>).

Οι συντεταγμένες του νέου σταθμού αναφοράς στη Θεσσαλονίκη προέκυψαν από συνόρθωση με τους γειτονικούς σταθμούς του HEPOS (<http://www.geotech.gr/>).

Οι σταθμοί αναφοράς του δικτύου είναι του οίκου Trimble και το λογισμικό διαχείρισης τους είναι το Trimble GPS Base (<http://www.geotech.gr/>).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΤΟΥ ΔΕΚΤΗ GPS 1200+ LEICA

3.1 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο που ακολουθεί περιλαμβάνει τα τεχνικά χαρακτηριστικά και την περιγραφή του οργάνου που χρησιμοποιήθηκε για τη διεξαγωγή των πειραμάτων της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Επιπλέον αναφέρεται στο λογισμικό που σχετίζεται αφενός με τη συλλογή και αφετέρου με την επεξεργασία των δεδομένων. Τέλος, περιγράφονται αναλυτικά οι μέθοδοι στατικού εντοπισμού και RTK που μπορούν να υλοποιηθούν με τον συγκεκριμένο δέκτη.

3.2 Τεχνολογία, Σύνθεση Συστήματος και τεχνικά χαρακτηριστικά δέκτη

Οι δέκτες GPS 1200+ LEICA χρησιμοποιούν την πιο πρόσφατη τεχνολογία GNSS με δυνατότητα ανίχνευσης των δορυφορικών σημάτων που εκπέμπονται σήμερα, αλλά και αυτών που σχεδιάζονται για το μέλλον. Σε αυτά περιλαμβάνονται δικτυακές εφαρμογές GNSS όπως το GPS L5, GALILEO, GAGAN, WAAS, MSAS, EGNOS καθώς και τα δορυφορικά σήματα COMPASS. Η σπουδαιότητα της λήψης πολλών δορυφορικών σημάτων έγκειται στο γεγονός ότι αυξάνεται η παραγωγικότητα, η ακρίβεια και η αξιοπιστία των μετρήσεων.

Το σύστημα της σειράς GPS 1200+ LEICA συντίθεται από τον δέκτη, το χειριστήριο, την κεραία, τα λογισμικά LEICA Geo Office και LEICA GNSS Spider. Ο δέκτης υπολογίζει μια απόσταση προς όλους τους δορυφόρους. Το χειριστήριο χρησιμοποιείται για τη λειτουργία σύνδεσης του χρήστη είτε μέσω πληκτρολογίου ή μέσω της οθόνης αφής. Η κεραία λαμβάνει τα δορυφορικά σήματα από τους GNSS δορυφόρους. Το LEICA Geo Office είναι το λογισμικό γραφείου που περιλαμβάνει μια σειρά από βοηθητικά προγράμματα που υποστηρίζουν τη λειτουργία του GPS 1200+. Τέλος, το LEICA GNSS Spider είναι το λογισμικό του σταθμού αναφοράς που απαιτείται για τη λειτουργία των μόνιμων δεκτών σταθμού αναφοράς GPS 1200+.

Ο δέκτης χρησιμοποιεί την τεχνολογία Smart Track, η οποία περιλαμβάνει τις τεχνολογίες GNSS, SmartCheck+ και SmartRTK. Μέσω της τεχνολογίας SmartCheck + το διαρκές σύστημα παρακολούθησης ελέγχει όλα τα αποτελέσματα των μετρήσεων GNSS ως προς την ακρίβεια τους.

Όσον αφορά στην τεχνολογία Smart Track, ανάλογα με τα δορυφορικά συστήματα και τα σήματα που έχουν ρυθμιστεί μέσα από το μενού στις ρυθμίσεις δορυφόρων διατίθεται μέγιστος αριθμός 120 καναλιών. Υπάρχει η δυνατότητα εκπομπής συνεχούς ανίχνευσης έως 16 καναλιών σε L1, L2 και L5 (GPS), έως 14 καναλιών σε L1 και L2 (GLONASS), έως 14 καναλιών σε E1, E5a, E5b και Alt – BOC (GALILEO) και 5 καναλιών SBAS. Για τον τύπο του συγκεκριμένου δέκτη, παρατίθεται ο παρακάτω πίνακας που περιλαμβάνει τους υποστηριζόμενους κώδικες και φάσεις για το κάθε σύστημα.

| ΣΥΣΤΗΜΑ | ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ | | | |
|---------|-------------------------------|--|---------------------------|---------------------------|
| | L1 | L2 | L5 | |
| GPS | Φέρον κύμα φάσης, C/A κώδικας | Φέρον κύμα φάσης, C κώδικας (L2C) και P2 κώδικας | Φέρον κύμα φάσης, κώδικας | |
| GLONASS | Φέρον κύμα φάσης, C/A κώδικας | Φέρον κύμα φάσης και P2 κώδικας | | |
| | | | | |
| | E1 | E5a | E5b | Alt - BOC |
| GALILEO | Φέρον κύμα φάσης, κώδικας | Φέρον κύμα φάσης, κώδικας | Φέρον κύμα φάσης, κώδικας | Φέρον κύμα φάσης, κώδικας |

Πίνακας 3.1: Υποστηριζόμενοι κώδικες και φάσεις δέκτη GPS 1200+ για κάθε δορυφορικό σύστημα (Πηγή: Leica Geosystems. Εγχειρίδιο χρήσης GPS 1200+).

Η ακρίβεια εξαρτάται από διάφορους παράγοντες συμπεριλαμβανομένου τον αριθμό των ανιχνεύσιμων δορυφόρων, την γεωμετρία αυτών, τον χρόνο παρατήρησης, την ακρίβεια της αστρονομικής εφημερίδας, την επίδραση της ιονόσφαιρας, την πολυανάκλαση και την επίλυση ασαφειών.

Οι ακρίβειες γνωστές και με τον όρο Root Mean Square (Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα) είναι βασισμένες στην επεξεργασία των μετρήσεων με τη χρήση του λογισμικού LGO καθώς και σε real time μετρήσεις. Η χρήση πολλαπλών συστημάτων GNSS μπορεί να αυξήσει την ακρίβεια έως 30% σε σχέση με GPS μόνο.

Παρακάτω παρουσιάζεται πίνακας με τις ακρίβειες του συγκεκριμένου δέκτη για μετρήσεις μετ' επεξεργασίας και πραγματικού χρόνου:

| | Μετρήσεις με εκ των υστέρων επεξεργασία | | | |
|----------------|---|--------------------|------------------|------------------|
| | ΣΤΑΤΙΚΟΣ | | ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΟΣ | |
| | ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ | ΚΑΘΕΤΑ | ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ | ΚΑΘΕΤΑ |
| | 5 mm + 0.5 ppm | 10 mm + 0.5 ppm | 10 mm + 1 ppm | 20 mm + 1 ppm |
| Μεγάλες βάσεις | 3 mm + 0.5 ppm | 6 mm + 0.5 ppm | | |
| | Μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο | | | |
| | ΣΤΑΤΙΚΟΣ | | ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΟΣ | |
| | ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ | ΚΑΘΕΤΑ | ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ | ΚΑΘΕΤΑ |
| | 5 mm + 0.5 ppm | 10 mm + 0.5 ppm | 10 mm + 1 ppm | 20 mm + 1 ppm |

Πίνακας 3.2: Θεωρητικές ακρίβειες μέτρησης των δεκτών GPS 1200+ LEICA (Πηγή: Leica Geosystems. Εγχειρίδιο χρήσης GPS 1200+).

Τέλος, αναφέρονται επιγραμματικά και κάποια ακόμα τεχνικά χαρακτηριστικά. Όσον αφορά στις διαστάσεις, έχουν μήκος 0,212 m, πλάτος 0,166 m και πάχος 0,079 m. Το βάρος τους ασύρματο και χωρίς μπαταρίες κυμαίνεται στα 1,2 kg. Η χωρητικότητα της εσωτερικής μνήμης που διαθέτουν είναι 256 MB. Η ενέργεια που καταναλώνει τυπικά κυμαίνεται στα 3.2 W. Οι χρόνοι λειτουργίας με δύο πλήρως φορτισμένες μπαταρίες είναι για στατικό τύπο 17 ώρες και για rover 11 ώρες. Σχετικά με τις περιβαλλοντικές προδιαγραφές, η αντοχή τους σε θερμοκρασία λειτουργίας είναι από -40°C έως $+65^{\circ}\text{C}$ και σε θερμοκρασία αποθήκευσης -40°C έως $+80^{\circ}\text{C}$. Επίσης δε δημιουργούνται προβλήματα λόγω σκόνης και υγρασίας, λόγω στεγανότητας.

3.3 Περιγραφή λογισμικού Smartworx

3.3.1 Η έννοια του λογισμικού

Το λογισμικό πεδίου το οποίο διαθέτει ο δέκτης GPS 1200+ LEICA είναι το Smartworx. Τα προγράμματα της εγκατάστασης και της αποτύπωσης είναι ενσωματωμένα στο λογισμικό του συστήματος. Επιτρέπει τρεις γλώσσες οι οποίες μπορούν να αποθηκευτούν ανά πάσα στιγμή, με πρότυπη την αγγλική γλώσσα η οποία δε μπορεί να διαγραφεί. Όσον αφορά στα προγράμματα εφαρμογών, διατίθεται ένα σύνολο από προαιρετικά – ειδικά τοπογραφίας προγράμματα για το όργανο, εκ των οποίων ορισμένα ενεργοποιούνται ελεύθερα και άλλα απαιτούν αγορά και η ενεργοποίησή τους γίνεται με κωδικό αδείας. Υπάρχουν επιπλέον και κάποια προσαρμοσμένα προγράμματα εφαρμογών ειδικά με τις ανάγκες του χρήστη, τα οποία μπορούν να αναπτυχθούν μέσω του GeoC++ εργαλείου ανάπτυξης. Τέλος, το λογισμικό RX1250 καλύπτει την οθόνη, τον ήχο και τα χαρακτηριστικά επικοινωνίας του χειριστηρίου.

Το λογισμικό όλων των οργάνων είναι αποθηκευμένο στο σύστημα μνήμης του δέκτη. Μπορεί να φορτωθεί στο δέκτη είτε με χρήση του LGO είτε μέσω της κάρτας CompactFlash. Στην πρώτη περίπτωση το λογισμικό μεταφέρεται μέσω του σειριακού καλωδίου στην κάρτα CompactFlash του δέκτη και αποθηκεύεται στη μνήμη RAM του συστήματος. Στη δεύτερη περίπτωση η κάρτα συνδέεται απευθείας στον υπολογιστή είτε μέσω του εσωτερικού καλύμματος κάρτας είτε ενός εξωτερικού αναγνώστη καρτών, το λογισμικό μεταφέρεται στην κάρτα και αποθηκεύεται στη μνήμη RAM του συστήματος.

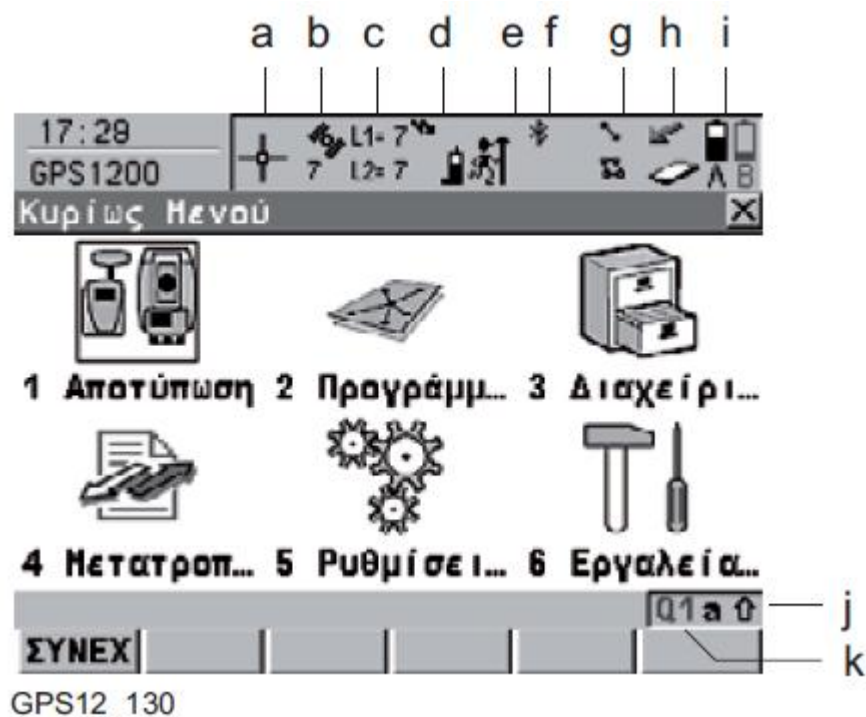
3.3.2 Αποθήκευση και μετατροπή δεδομένων

Τα δεδομένα αποθηκεύονται μέσα σε μια εργασία σε μια βάση δεδομένων στη μνήμη. Αυτή είναι η κάρτα CompactFlash ή μια εσωτερική μνήμη. Όσον αφορά στην κάρτα, είναι η πρότυπη και μπορεί να εισάγεται και να απομακρύνεται. Διατίθενται διάφορες χωρητικότητες καρτών. Σχετικά με την εσωτερική μνήμη, αυτή είναι προαιρετική και διαμένει στο εσωτερικό του δέκτη, με συνήθη χωρητικότητα 256 MB.

Η εξαγωγή των δεδομένων από μια εργασία μπορεί να γίνει με ένα εύρος ποικίλων ASCII διαμορφωμένων αρχείων (formats). Το format εξόδου ορίζεται από το format manager που είναι ένα εργαλείο του προγράμματος LGO. Επιπλέον, η εξαγωγή μπορεί να πραγματοποιηθεί με formats DXF ή LAndXML. Όσον αφορά στην εισαγωγή των δεδομένων, είναι δυνατή σε formats ASCII, DXF, GSI8 ή GSI16.

Τα ανεπεξέργαστα δεδομένα που προορίζονται για επεξεργασία μεταφέρονται μεταξύ της βάσης δεδομένων μεταξύ της κάρτας CompactFlash ή της εσωτερικής μνήμης του δέκτη και του LGO με δύο τρόπους: α) Από την κάρτα CompactFlash ή την εσωτερική μνήμη απευθείας μέσω σειριακού καλωδίου σε μια δουλειά στο LGO ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή. β) Από την κάρτα CompactFlash με τη χρήση ενός OMNI οδηγού από τη Leica Geosystems σε μια δουλειά στο LGO ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή.

3.3.3 Ερμηνεία και περιγραφή των εικονιδίων του χειριστηρίου



Εικόνα 3.1: Κυρίως μενού του χειριστηρίου του δέκτη GPS 1200+ LEICA (Πηγή: Leica Geosystems. Εγχειρίδιο χρήσης GPS 1200+).

Στο κυρίως μενού του χειριστηρίου των δεκτών GPS 1200+ LEICA εμφανίζεται η οθόνη όπως φαίνεται στην εικόνα 3.1. Ακολούθως παρατίθεται ο πίνακας 3.3 όπου γίνεται αναφορά στη σημασία του κάθε εικονιδίου και περιγράφεται η χρήση του καθενός από αυτά.

| | ΕΙΚΟΝΙΔΙΟ | ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ |
|---|--|---|
| a | Θέση υπάρχουσας κατάστασης | Εμφανίζει την υπάρχουσα κατάσταση της τρέχουσας θέσης. Μόλις το εικονίδιο γίνει ορατό ο δέκτης είναι σε φάση όπου μπορεί να ξεκινήσει πρακτικά η λειτουργία. |
| b | Αριθμός ορατών δορυφόρων | Εμφανίζει τον αριθμό των ορατών θεωρητικών δορυφόρων άνωθεν της γωνίας κοπής που έχει οριστεί, σύμφωνα με το τρέχον almanac. |
| c | Ανιχνεύσιμοι δορυφόροι | Εμφανίζει τον αριθμό των ανιχνεύσιμων δορυφόρων στην τρέχουσα υπολογισμένη επίλυση θέσης. |
| d | Real time συσκευή και real time κατάσταση, κατάσταση άμεσης σύνδεσης στο διαδίκτυο | Εμφανίζει τη συσκευή που ρυθμίστηκε να χρησιμοποιηθεί για real time καθώς και την υπάρχουσα κατάστασή της. |
| e | Κατάσταση θέσης | Ο δέκτης είναι άμεσα συνδεδεμένος στο διαδίκτυο. Εμφανίζει την τρέχουσα κατάσταση θέσης εξαρτώμενη από τις ρυθμίσεις που ορίστηκαν. Προσθέτονται σύμβολα όταν |

| | | |
|---|-------------------------------------|---|
| | | έχει ρυθμιστεί καταγραφή raw δεδομένων ή καταγραφή αυτόματων σημείων. |
| f | Bluetooth | Εμφανίζεται η κατάσταση κάθε θύρας Bluetooth και κάθε Bluetooth σύνδεσης. |
| g | Γραμμή/Πολύγωνο | Εμφανίζεται ο τρέχων αριθμός των ανοιχτών γραμμών και πολυγώνων της ενεργής εργασίας. |
| h | CompactFlash κάρτα, εσωτερική μνήμη | Εμφανίζεται η κατάσταση της Compactflash κάρτας και της εσωτερικής μνήμης. |
| i | Μπαταρία | Εμφανίζεται η κατάσταση και η πηγή της μπαταρίας. Το υπόλοιπο της τροφοδοσίας της μπαταρίας εμφανίζεται σε έξι επίπεδα. |
| j | Shift | Εμφανίζεται η υπάρχουσα κατάσταση από το πλήκτρο Shift. |
| k | Ταχύς κωδικοποίηση | Εμφανίζει τις ρυθμίσεις της ταχείας κωδικοποίησης. Μέσω της οθόνης αφής μπορεί να ρυθμιστεί σε ανοιχτή ή κλειστή. |

Πίνακας 3.3: Περιγραφή των εικονιδίων του κυρίως μενού του χειριστηρίου του δέκτη GPS Leica 1200+ (Πηγή: Leica Geosystems. Εγχειρίδιο χρήσης GPS 1200+).

Με τη βοήθεια του εικονιδίου 1 ‘Αποτύπωση’ γίνεται η μέτρηση ενός σημείου με τη μέθοδο του στατικού εντοπισμού ή μεθόδους πραγματικού χρόνου.

Το εικονίδιο 2 ‘Προγράμματα’ αφορά την εκκίνηση προγραμμάτων εφαρμογών.

Το εικονίδιο 3 'Διαχείριση' περιλαμβάνει εργασίες, δεδομένα, λίστες κωδικών, σετ ρυθμίσεων, κεραίες και συστήματα συντεταγμένων.

Το εικονίδιο 4 'Μετατροπές' σχετίζεται με τις ακόλουθες διαδικασίες:

- Εξαγωγή δεδομένων μιας εργασίας που είναι αποθηκευμένη στο δέκτη σε ένα αρχείο της CompactFlash card μορφής ASCII ή DXF.
- Εισαγωγή δεδομένων μορφής ASCII, GSI ή DXF από την CompactFlash card σε μια εργασία στο δέκτη.
- Αντιγραφή σημείων μεταξύ εργασιών.

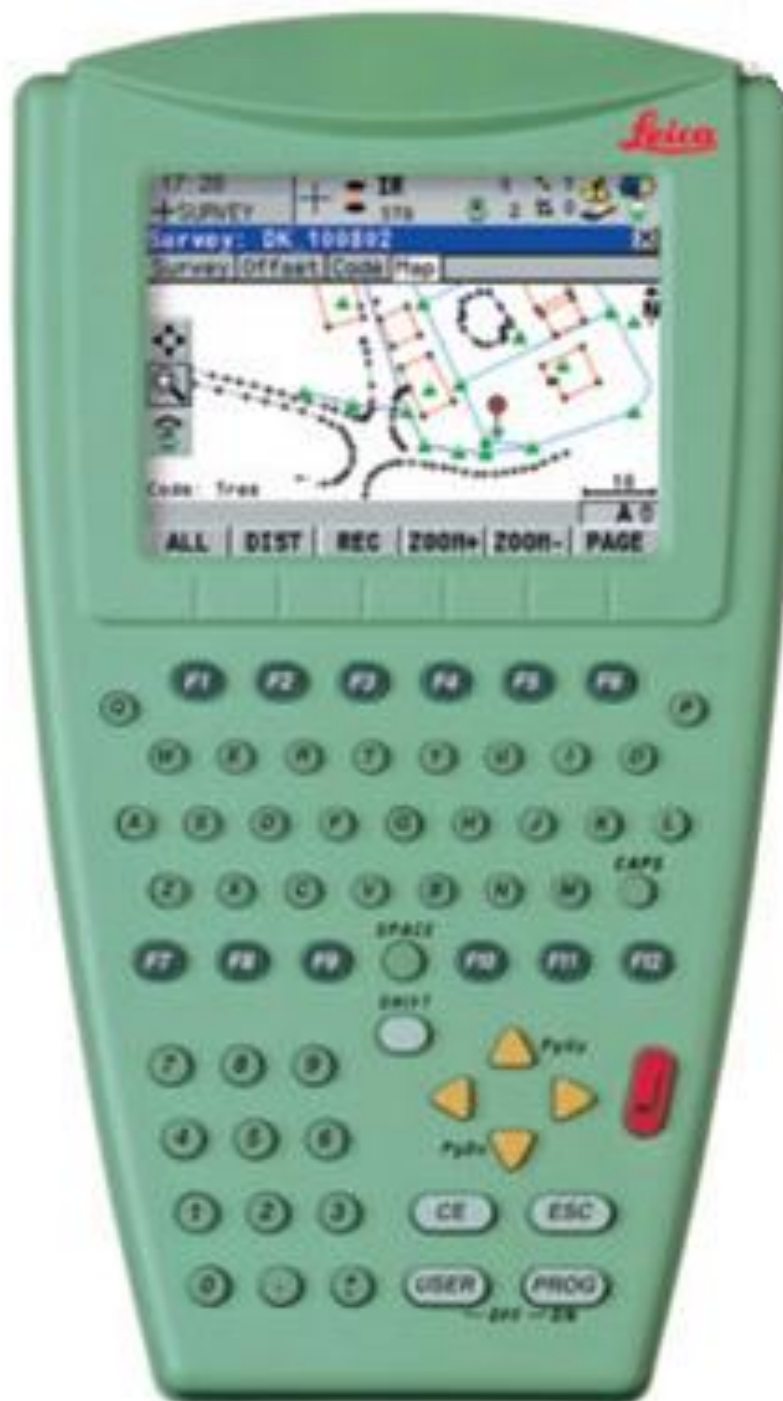
Με το εικονίδιο 5 'Ρυθμίσεις' δίνεται η δυνατότητα πρόσβασης σε οποιοσδήποτε ρυθμίσεις αφορούν παραμέτρους που σχετίζονται με την αποτύπωση, το δέκτη και τις λειτουργίες του.

Το εικονίδιο 6 'Εργαλεία' περιλαμβάνει τις εξής λειτουργίες:

- Μορφοποίηση της συσκευής μνήμης
- Upload αρχείων σχετικών με τη λειτουργικότητα του δέκτη, όπως για παράδειγμα αρχεία που αφορούν το λογισμικό και τη γλώσσα
- Μεταφορά δεδομένων αρχείων μεταξύ της CompactFlash card και του δέκτη.

3.3.4 Συλλογή δεδομένων με τη μέθοδο του στατικού εντοπισμού

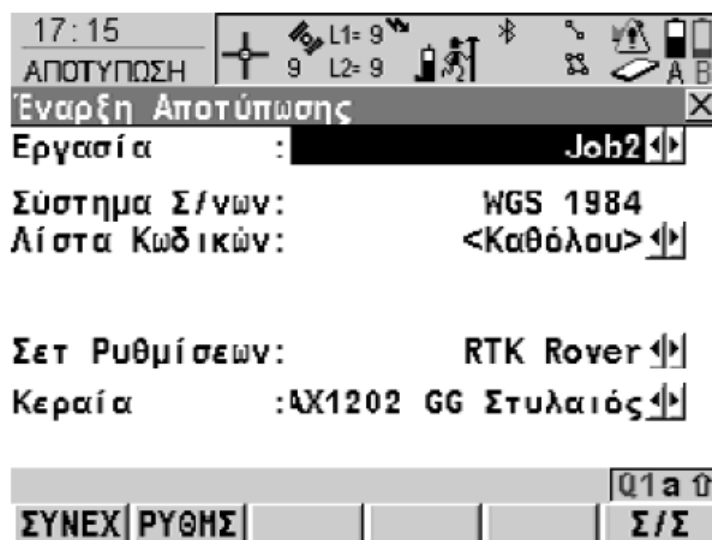
Η ενότητα αυτή πραγματεύεται τη διαδικασία της μέτρησης με τη μέθοδο του στατικού εντοπισμού με τους δέκτες GPS 1200+ LEICA. Συνηθίζεται να συμπληρώνεται ένα φύλλο πεδίου για τη μέτρηση κάθε σημείου. Η παρακάτω εικόνα παρουσιάζει μια εικόνα του χειριστηρίου για να γίνει περισσότερο κατανοητή η διαδικασία.



Εικόνα 3.2: Χειριστήριο RX 1250.

Το πρώτο βήμα είναι η εγκατάσταση του εξοπλισμού. Είναι σημαντικό το ύψος της κεραίας να έχει μετρηθεί ακριβώς στην αρχή και στο τέλος της λήψης. Έπειτα γίνεται εκκίνηση του λογισμικού Smartworkx. Στη συνέχεια γίνεται εκκίνηση του

προγράμματος 'Αποτύπωση' και εμφανίζεται στην οθόνη του χειριστηρίου η Εικόνα 3.3.



Εικόνα 3.3: Το πρόγραμμα Αποτύπωση (Πηγή: Leica Geosystems. Εγχειρίδιο χρήσης GPS 1200+)

Μέσα από το παραπάνω μενού, δίνεται ένα όνομα επιλογής του χρήστη για την εργασία. Στο σετ ρυθμίσεων επιλέγεται το **Smartrover PP** που είναι κατάλληλο για τη λειτουργία στατικού εντοπισμού. Ως κεραία επιλέγεται ο τύπος της κεραίας του δέκτη και στη συνέχεια επιλέγεται είτε από την ακίδα <ΣΥΝΕΧ> είτε από το πληκτρολόγιο το πλήκτρο F1.

Επόμενο βήμα είναι να συμπληρωθεί το όνομα του σημείου και το ύψος της κεραίας κι έπειτα μέσω της ακίδας ή του πλήκτρου F1 <ΛΗΨΗ>. Με αυτό τον τρόπο γίνεται η έναρξη της καταγραφής των στατικών παρατηρήσεων. Κατά τη διάρκεια της μέτρησης γίνεται έλεγχος της διαθεσιμότητας των δορυφόρων, της μνήμης και της μπαταρίας.

Όταν παρέλθει το επιθυμητό χρονικό διάστημα των μετρήσεων και τα δεδομένα είναι αρκετά τότε επιλέγεται δύο φορές το F1 για τον τερματισμό και την αποθήκευση της πληροφορίας μέτρησης του σημείου.

Στη συνέχεια γίνεται έλεγχος της οριζοντίωσης και επαναμέτρηση του ύψους κεραίας. Με τη βοήθεια του πλήκτρου F6 γίνεται επιστροφή στο μενού που φαίνεται

στην εικόνα 3.3. Έπειτα με τη βοήθεια του <ESCAPE> γίνεται επιστροφή στο κυρίως μενού.

Η πετυχημένη GNSS αποτύπωση απαιτεί αδιατάρακτη λήψη σήματος. Επιπρόσθετα η κεραία πρέπει να μένει απόλυτα σταθερή καθόλη τη διάρκεια λήψης του σημείου και η οριζοντίωση και κέντρωσή της να γίνεται ακριβώς πάνω από το σημάδι του σημείου.

3.3.5 Συλλογή δεδομένων με μεθόδους Real Time

Στην ενότητα αυτή περιγράφονται τα βήματα για τις μετρήσεις με μεθόδους πραγματικού χρόνου όπως Single Base RTK, VRS RTK, MAX και IMAX. Η διαδικασία που ακολουθείται για τις παραπάνω μεθόδους σε γενικές γραμμές είναι η ίδια με λίγες διαφοροποιήσεις.

Απαραίτητη προϋπόθεση για τις Real Time μετρήσεις είναι η επικοινωνία με το υπολογιστικό κέντρο η οποία γίνεται μέσω radio modems ή κινητού τηλεφώνου. Η διαδικασία που θα περιγραφεί παρακάτω αφορά τη χρήση κινητού τηλεφώνου. Η εταιρεία προμηθεύει με ειδική κάρτα SIM το χρήστη έτσι ώστε να είναι δυνατή η επικοινωνία.

Αρχικό βήμα είναι η εγκατάσταση του εξοπλισμού και η μέτρηση του ύψους κεραίας. Αφού γίνει εκκίνηση του χειριστηρίου και του λογισμικού πεδίου Smartworx επιλέγεται από το κυρίως μενού το εικονίδιο 3 'Διαχείριση'. Η επόμενη επιλογή είναι 'Σετ Ρυθμίσεων' και 'Smartnet' για την πραγματοποίηση μέτρησης πραγματικού χρόνου. Με F1 ή <SYNEXEIA> μέσω της ακίδας γίνεται επιστροφή στο κυρίως μενού.

Επόμενο βήμα είναι η επιλογή του εικονιδίου 5 'Ρυθμίσεις' και από το μενού 'Διασυνδέσεις'. Στη συνέχεια επιλέγεται το 'Real Time' και 'Επεξεργασία'. Ο χρήστης επιλέγει από τα βελάκια την 'Real Time Κατάσταση' και 'Δεδομένα', ενώ τα υπόλοιπα στοιχεία μένουν ως έχουν, όπως φαίνεται παρακάτω:

Real Time Κατάσταση : **ROVER** 

Real Time Δεδομένα : **RTCM Version 3.1** 

Θύρα : Δίκτυο 1

Συσκευή : Internet

Στη συνέχεια πατώντας το πλήκτρο F2 ή μέσω της ακίδας <ROVER> επιλέγεται το δίκτυο αναφοράς. Ανάλογα με τη μέθοδο πραγματικού χρόνου που επιθυμεί να υλοποιήσει επιλέγει:

Δίκτυο REF:

- **nearest** (Σε περίπτωση Single Base RTK)
- **VRS** (Σε περίπτωση VRS RTK)
- **IMAX** (Σε περίπτωση IMAX RTK)
- **MAX** (Σε περίπτωση MAX RTK)

Έπειτα γίνεται η επιλογή <NTRIP> μέσω της ακίδας και με τη βοήθεια του πληκτρολογίου του χειριστηρίου συμπληρώνεται το όνομα χρήστη και το password, τα οποία δίνονται στο χρήστη από τη Metrica. Ζητείται να συμπληρωθεί και το Mountpoint όπου συνήθως πληκτρολογείται METOLEICA.

Ανάλογα με την τεχνική μέτρησης και επιλέγοντας από την ακίδα <ΠΗΓΗ> , ο χρήστης επιλέγει

- **Nearest RTCM3** (Τεχνική Single Base RTK)
- **VRSRTCM3** (Τεχνική VRS RTK)
- **IMAX** (Τεχνική IMAX)
- **MAX** (Τεχνική MAX)

Και <ΣΥΝΕΧΕΙΑ> ή F1 για επιστροφή στο μενού <REAL TIME>.

Πατώντας <CONTROL> επιλέγεται το server host και τα υπόλοιπα στοιχεία μένου ως έχουν, όπως φαίνεται παρακάτω:

Server Host : **SMARTNET**

TCP – IP : 62.1.33.100

Θύρα : 9000

Και <ΣΥΝΕΧΕΙΑ>, <ΣΥΝΕΧΕΙΑ> ή δύο φορές το πλήκτρο F1 για επιστροφή στο μενού ‘Διασυνδέσεις’. Αφού ο χρήστης ενεργοποιήσει τη λειτουργία Bluetooth στο κινητό του επιλέγει < INTERNET> και <ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ>. Έπειτα μέσα από τα βελάκια επιλέγει INTERNET : **ΝΑΙ** , ΘΥΡΑ: **BLUETOOTH 2** και ΣΥΣΚΕΥΗ: ανάλογα τη μάρκα κινητού που διαθέτει. Ακολούθως πατάει <ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ> και <ΣΥΝΔΕΣΗ> . Σε περίπτωση που δε γίνει σύνδεση τότε πληκτρολογείται ο ίδιος κωδικός στο κινητό και στο χειριστήριο. Η επιστροφή στο μενού ‘Ρυθμίσεις’ γίνεται πατώντας 3 φορές <ΣΥΝΕΧΕΙΑ> είτε από την ακίδα είτε από το πλήκτρο F1.

Αφού έχουν γίνει οι παραπάνω ρυθμίσεις ο χρήστης πατά το πλήκτρο F10 για να συνδεθεί με το NTRIP CASTER και F10 για αποσύνδεση.

Οι μετρήσεις πραγματικού χρόνου συνηθίζεται να είναι μικρής διάρκειας της τάξης μερικών δευτερολέπτων. Έτσι, υπάρχει η δυνατότητα ρύθμισης ώστε η μέτρηση να σταματά μόλις παρέλθουν οι RTK θέσεις που επιθυμεί ο χρήστης.

Μέσα από το μενού ‘ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ’ επιλέγεται ‘Ρυθμίσεις Αποτύπωσης’, ‘Ρυθμίσεις Λήψης Σημείου’ και <ΣΥΝΕΧΕΙΑ>. Έπειτα ο χρήστης επιλέγει <Παράμετροι> και στη συνέχεια <Θέσεις> και τον αριθμό τους που θέλει να λαμβάνει σε κάθε μέτρηση.

Με τη βοήθεια του πλήκτρου F1 γίνεται επιστροφή στο κυρίως μενού. Μέσα από το εικονίδιο 1 ‘Αποτύπωση’ αφού δοθεί όνομα στην εργασία και συμπληρωθούν και τα υπόλοιπα στοιχεία όπως φαίνεται στην εικόνα 3.3, επιλέγεται F1 ή <ΣΥΝΕΧΕΙΑ> με τη βοήθεια της ακίδας.

Μέσα από το πληκτρολόγιο του χειριστηρίου πληκτρολογείται το όνομα του σημείου που πρόκειται να μετρηθεί, το ύψος κεραίας και <ΛΗΨΗ>. Η μέτρηση του σημείου ολοκληρώνεται αυτόματα μόλις παρέλθει το χρονικό διάστημα που έχει οριστεί. Πατώντας μια φορά F1 η μέτρηση του σημείου αποθηκεύεται. Για μέτρηση επόμενου σημείου ο χρήστης πατάει F1 ή <ΣΥΝΕΧΕΙΑ> και για επιστροφή στο κυρίως μενού <ESCAPE>.

3.4 Περιγραφή λογισμικού Leica Geo Office

3.4.1 Γενικά στοιχεία του λογισμικού Leica Geo Office

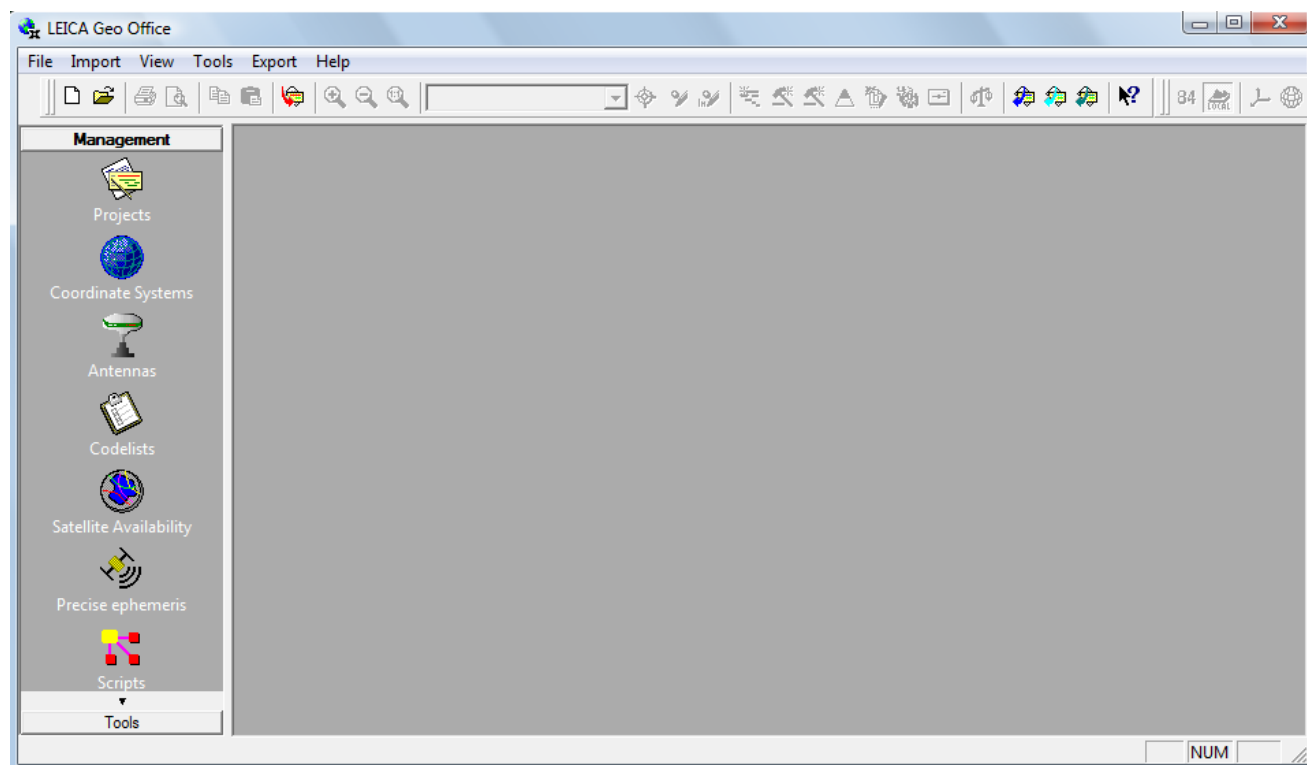
Το λογισμικό LGO υποστηρίζει τα όργανα GPS 1200+ και όλα τα TPS . Βασίζεται σε μια γραφική σύνδεση χρήστη με πρότυπη διαδικασία λειτουργίας WindowsB®. Επίσης είναι συμβατό και με το λειτουργικό σύστημα Windows® XP

Το λογισμικό υποστηρίζει τις ακόλουθες βασικές διαδικασίες:

- Μεταφορά δεδομένων μεταξύ υπολογιστή και δέκτη.
- Διαχείριση δεδομένων συμπεριλαμβανομένου προβολή και επεξεργασία
- Δημιουργία και διαχείριση λιστών κωδικοποίησης
- Δημιουργία και χρήση διαμορφωμένων αρχείων (formats) για τη μετατροπή δεδομένων
- Φόρτωμα και διαγραφή λογισμικού συστήματος και προγραμμάτων εφαρμογών
- Μετασχηματισμούς συντεταγμένων
- GPS και GLONASS εκ των υστέρων επεξεργασία
- Επεξεργασία δεδομένων χωροστάθμησης
- Συνόρθωση δικτύου
- Εξαγωγή GIS και CAD

3.4.2 Περιγραφή LGO

Κατά την εκκίνηση του Leica Geo Office εμφανίζεται στον χρήστη το κυρίως μενού όπως φαίνεται στην εικόνα 3.4. Το πρόγραμμα δίνει τη δυνατότητα εισαγωγής, εξαγωγής και διαχείρισης δεδομένων GPS, TPS και Level.



Εικόνα 3.4: Κυρίως μενού του λογισμικού Leica Geo office (Πηγή: Leica Geo Office).

Όπως φαίνεται από την παραπάνω εικόνα, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα διαχείρισης εργασιών, συστημάτων συντεταγμένων, κεραιών, διαθεσιμότητας δορυφόρων, εφημερίδων ακριβείας, script, αναφορών templates και αναφορών σε εικόνες.

Επιπρόσθετα ο χρήστης ανοίγοντας μια εργασία (project) μπορεί να δει και να διαγράψει το περιεχόμενο των εργασιών του, να επεξεργαστεί δεδομένα GPS, TPS και Level, να κάνει προσαρμογή των δεδομένων του, να υπολογίσει εμβαδά και όγκους επιφανειών, να δει εικόνες οι οποίες έχουν εισαχθεί στις εργασίες του και να παρουσιάσει υπολογισμούς COGO.

Τέλος προσφέρει τα εργαλεία διαχείρισης δεδομένων Datum and Map, Format Manager, Data Exchange Manager, Software Upload και Design to Field.

3.4.3 Μεταφορά raw δεδομένων στο Leica Geo Office


Μετά την ολοκλήρωση των μετρήσεων πεδίου επόμενο βήμα είναι η μεταβίβαση των δεδομένων από τον δέκτη GPS 1200+ στον υπολογιστή. Τα δεδομένα των μετρήσεων είναι αποθηκευμένα στην κάρτα Compact Flash ή στην εσωτερική μνήμη του δέκτη.

Η μεταφορά των δεδομένων στον ηλεκτρονικό υπολογιστή γίνεται με δύο τρόπους:

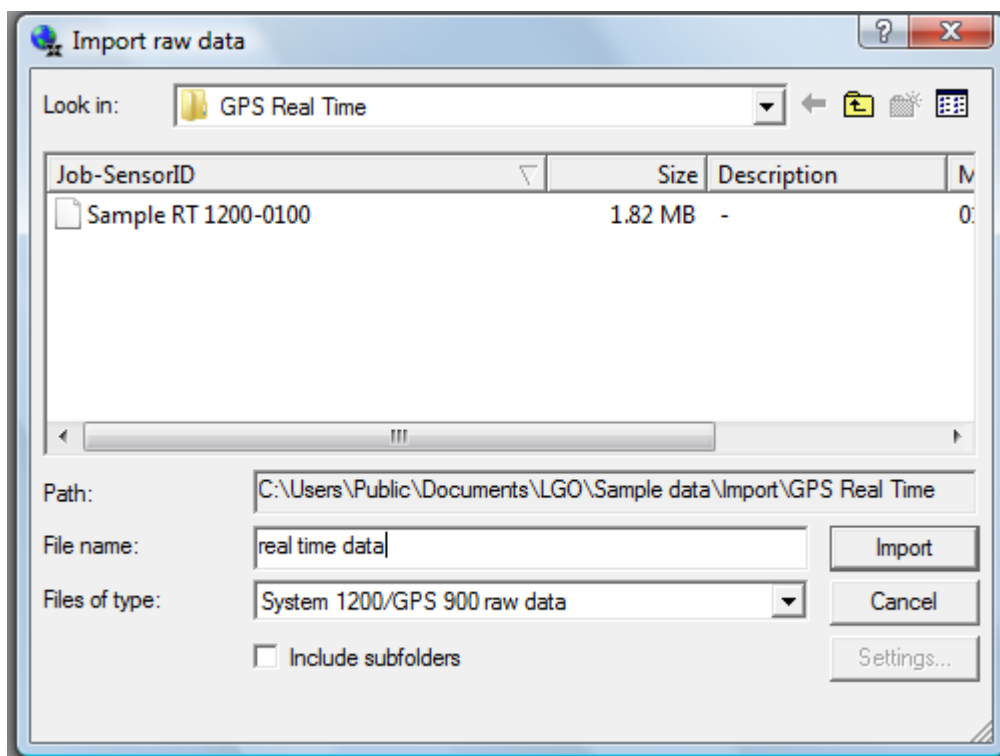
- a) Από την κάρτα Compact Flash ή την εσωτερική μνήμη απευθείας μέσω σειριακού καλωδίου σε μια δουλειά στο LGO ενός H/Y.
- b) Από την Compact Flash card με τη χρήση ενός OMNI οδηγού που προσφέρεται από την Leica Geosystems σε μια δουλειά στο LGO ενός H/Y.

3.4.4 Επεξεργασία δεδομένων πραγματικού χρόνου.


Αρχικό βήμα για την επεξεργασία των μετρήσεων πραγματικού χρόνου είναι η μεταφορά των δεδομένων των μετρήσεων από τον δέκτη στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Έπειτα γίνεται η εισαγωγή των δεδομένων στο λογισμικό και η δημιουργία νέας εργασίας.


Από τη λίστα εργαλείων επιλέγεται το εικονίδιο  Import Raw Data (εναλλακτικά από το βασικό μενού επιλέγεται Import και στη συνέχεια Raw Data) και εμφανίζεται το παράθυρο εισαγωγής των δεδομένων. Ο χρήστης επιλέγει ως <Files of type:> το <System 1200 GPS 900 raw data>. Από το 'Look in' αναζητά το φάκελο που περιέχει τα δεδομένα των μετρήσεων, επιλέγει το αρχείο και στη συνέχεια <Import> (Εικόνα 3.5).


Έπειτα ανοίγει το παράθυρο Assign και ο χρήστης κάνει δεξί κλικ στον φάκελο Projects και επιλέγει New για τη δημιουργία νέας εργασίας. Δίνει όνομα στο Project και μέσα από την επιλογή Location μπορεί να δει ή και να αλλάξει το path όπου θα αποθηκευτεί. Επίσης προκειμένου η ώρα GPS να συγχρονίζεται με την ώρα Ελλάδας στο Time Zone επιλέγεται 3 h για την εαρινή ώρα και 2 h για τη χειμερινή ώρα. Στη συνέχεια πατά OK (Εικόνα 3.6). Επόμενο βήμα είναι η εκχώρηση των δεδομένων στην εργασία μέσα από την επιλογή Assign.

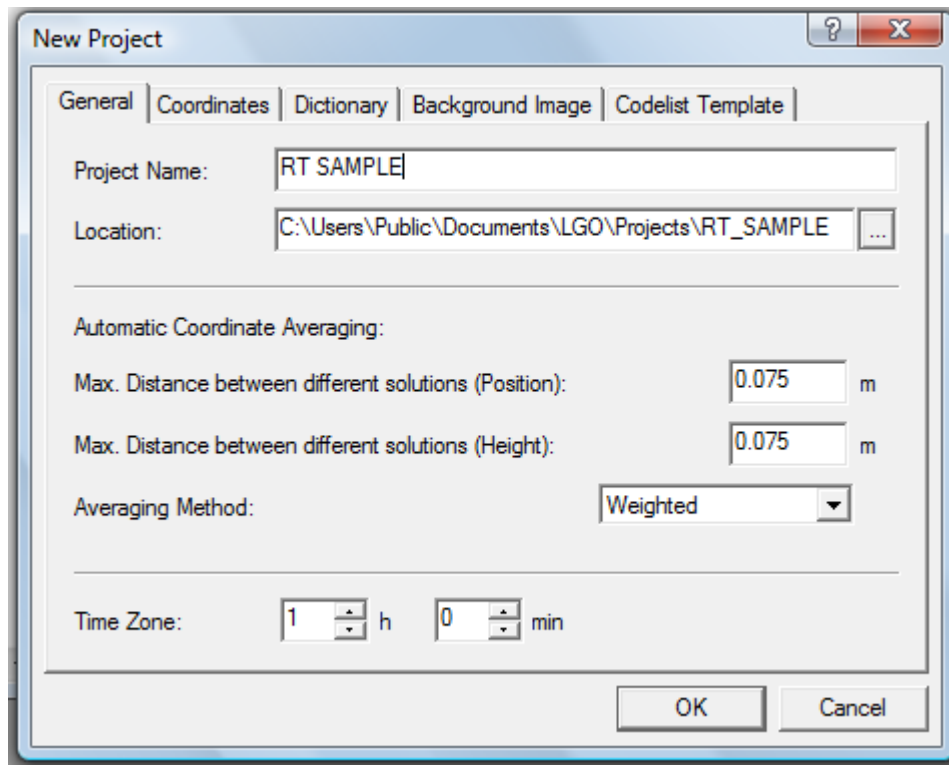


Εικόνα 3.5: Παράθυρο εισαγωγής raw δεδομένων (Πηγή: Leica Geo Office).

Η εργασία ανοίγει επιλέγοντάς τη με διπλό κλικ. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να δει γραφικά τα σημεία των μετρήσεων του επιλέγοντας το **View/ Edit** .

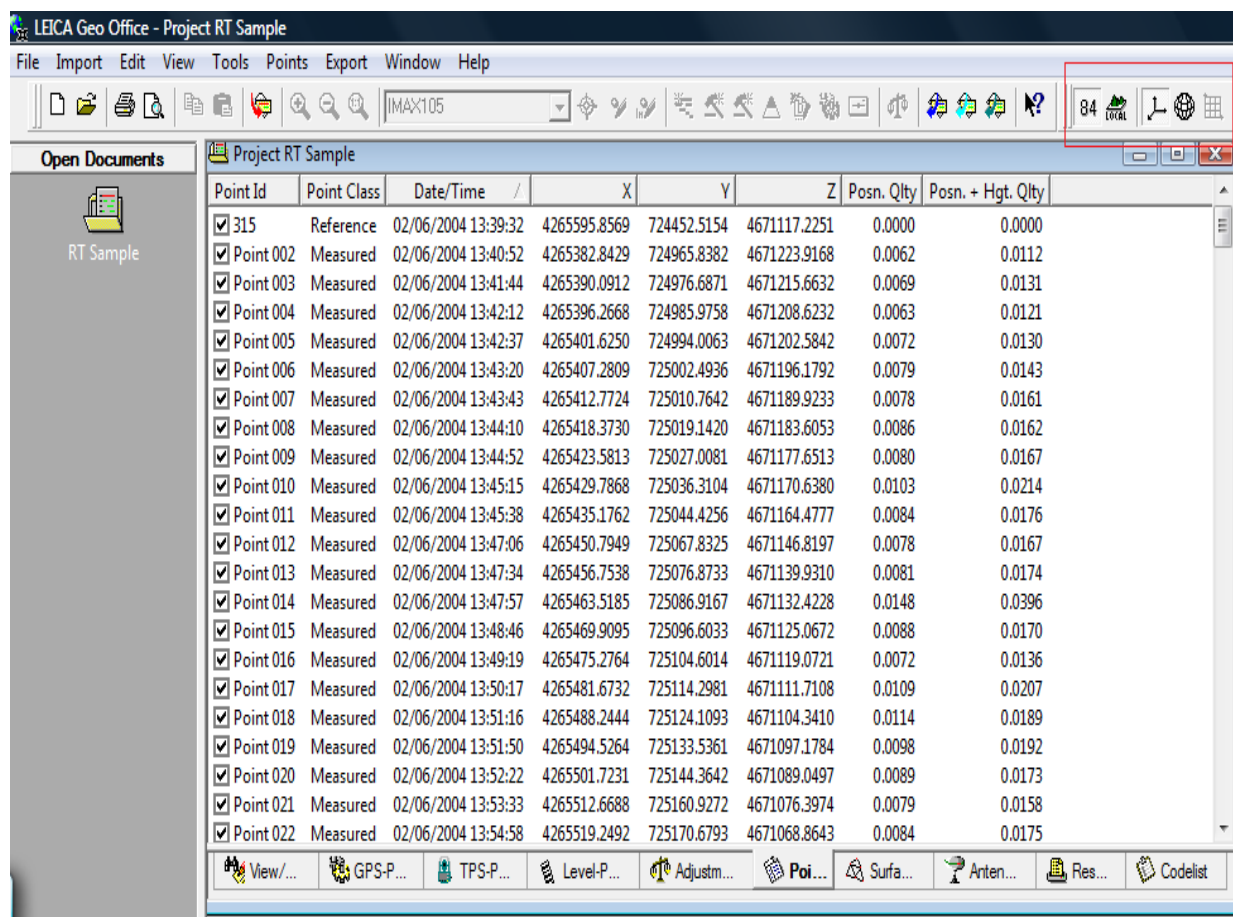
Επιλέγοντας  αναγράφονται τα σημεία σε λίστα. Επίσης, αναγράφονται στοιχεία όπως το point class των σημείων, η έναρξη, η λήξη και η διάρκεια μέτρησης του κάθε σημείου, τα δορυφορικά συστήματα που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό τους, το ύψος της κεραίας για το κάθε σημείο καθώς και ο τύπος κεραίας που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις. Επιπλέον με δεξί κλικ στην μπάρα που βρίσκεται δίπλα από τα χαρακτηριστικά των σημείων και <Satellite Windows> δίνεται στο χρήστη η διαθεσιμότητα των δορυφόρων τη στιγμή της μέτρησης.

Από την επιλογή  ο χρήστης βλέπει τα σημεία όπως τα είχε ονομάσει κατά τη διάρκεια των μετρήσεων στο δέκτη, το point class των σημείων που στην περίπτωση των μετρήσεων πραγματικού χρόνου είναι measured, την ημερομηνία και την ώρα μέτρησης για το κάθε σημείο, τις συντεταγμένες τους, την οριζοντιογραφική ακρίβεια και την τρισδιάστατη ποιότητα θέσης.



Εικόνα 3.6: Παράθυρο νέας εργασίας (Πηγή: Leica Geo Office).

Επιπρόσθετα υπάρχει η δυνατότητα οι συντεταγμένες των σημείων να εμφανίζονται στην περίπτωση που το σύστημα αναφοράς είναι το WGS'84 σε γεωδαιτικές και καρτεσιανές (Εικόνα 3.7).




Εικόνα 3.7: Αναγραφή των σημείων μέσα από την επιλογή Points (Πηγή: Leica Geo Office).

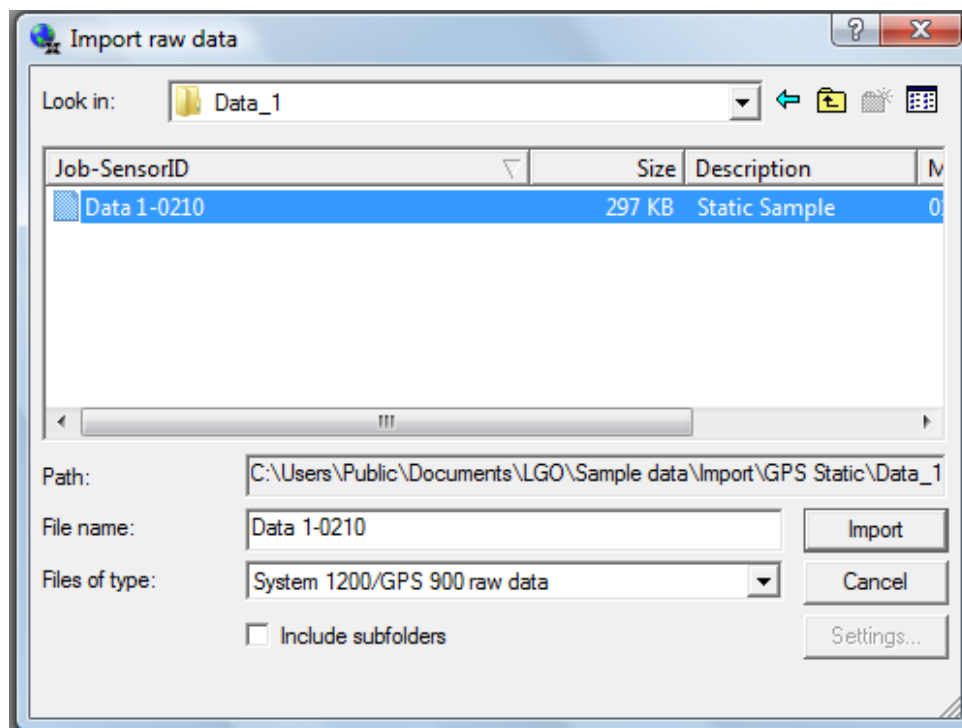
Το σύστημα αναφοράς συντεταγμένων που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα είναι το ΕΓΣΑ'87. Συνεπώς ο χρήστης μετατρέπει τις συντεταγμένες των σημείων σε αυτό το σύστημα προκειμένου να είναι εύχρηστες για τα ελληνικά δεδομένα. Η διαδικασία μετατροπής περιγράφεται αναλυτικά στην ενότητα 3.4.6.

3.4.5 Επεξεργασία δεδομένων στατικού εντοπισμού


Αρχικό βήμα για την επεξεργασία είναι η εισαγωγή των δεδομένων και η δημιουργία νέας εργασίας. Σε περίπτωση που ο στατικός εντοπισμός έχει γίνει με δύο δέκτες GPS τα δεδομένα κατεβάζονται και από τους δύο δέκτες.

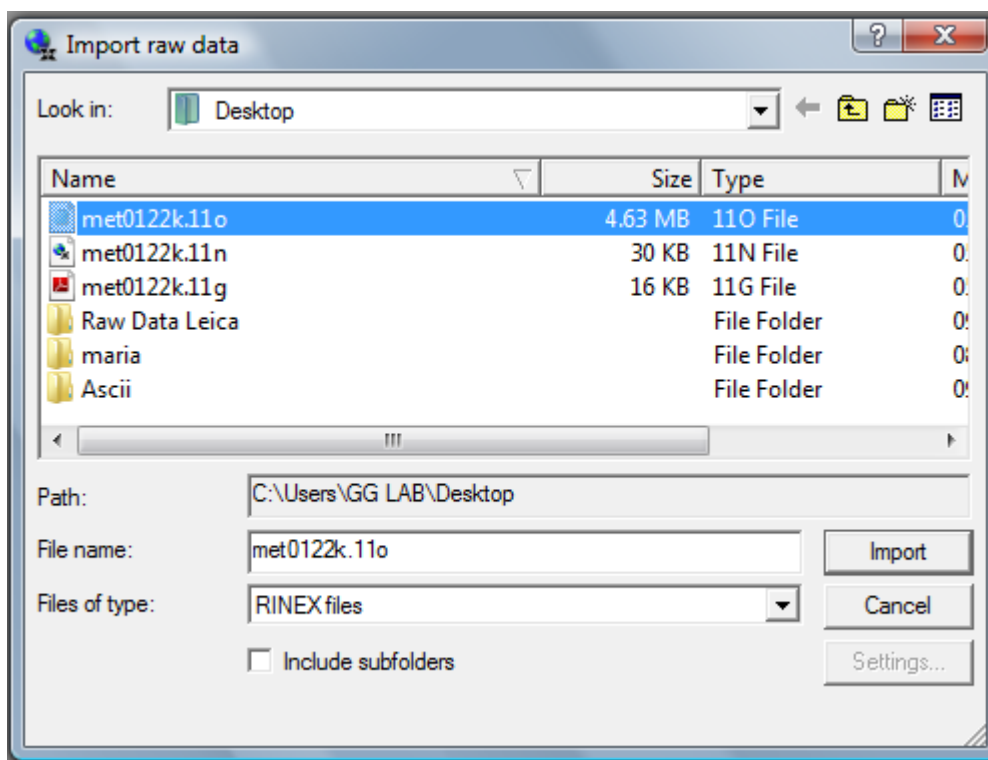
Από τη λίστα εργαλείων επιλέγεται το εικονίδιο  Import Raw Data (εναλλακτικά από το βασικό μενού επιλέγεται Import και στη συνέχεια Raw Data) και εμφανίζεται το παράθυρο εισαγωγής των δεδομένων. Ο χρήστης επιλέγει ως <Files of type:> το <System 1200 GPS 900 raw data>. Από το 'Look in' αναζητά το φάκελο που περιέχει

τα δεδομένα των μετρήσεων, επιλέγει τα αρχεία και στη συνέχεια <Import> (Εικόνα 3.8) . Η εισαγωγή των δεδομένων θα γίνει αφενός για τα αρχεία του base και αφετέρου για τα αρχεία του rover εφόσον ο στατικός εντοπισμός έγινε και με τους δύο δέκτες.



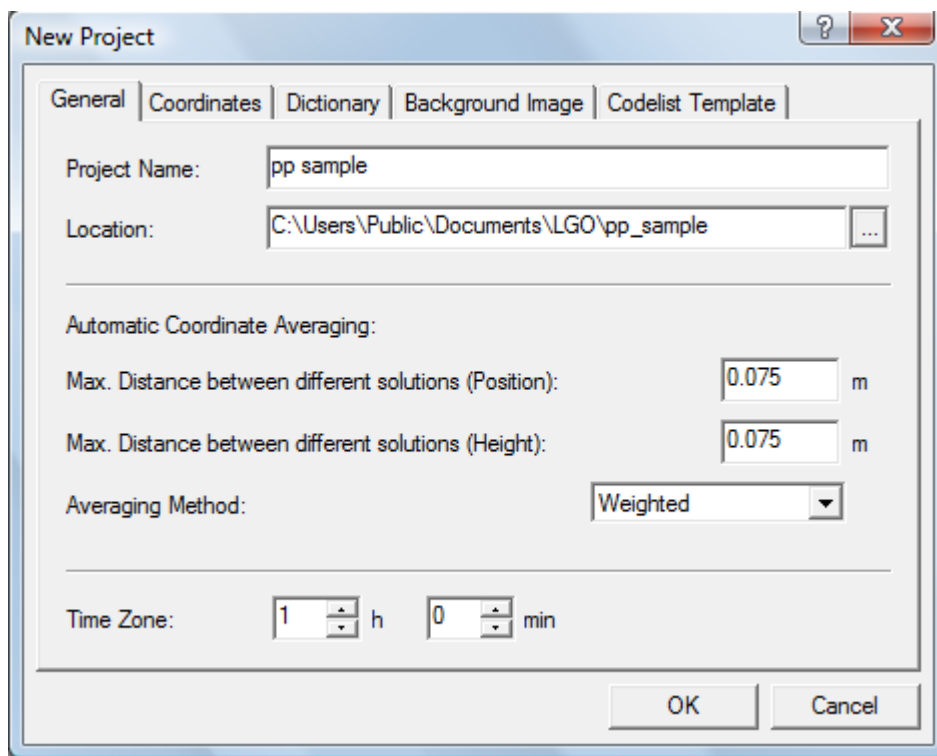
Εικόνα 3.8: Παράθυρο Import Raw Data του LGO (Πηγή: Leica Geo Office).

Αν η τεχνική του στατικού εντοπισμού υλοποιήθηκε χρησιμοποιώντας ως reference κάποιο σταθμό αναφοράς της Metrica τότε πρέπει να γίνει εισαγωγή των δεδομένων του rover που χρησιμοποιήθηκε από το χρήστη και του αντίστοιχου αρχείου των δεδομένων του σταθμού της Metrica που χρησιμοποιήθηκε ως reference. Ο χρήστης παραλαμβάνει από την εταιρεία ένα συμπιεσμένο αρχείο που περιέχει το RINEX αρχείο που αντιστοιχεί χρονικά στη διάρκεια που πραγματοποιήθηκε ο στατικός εντοπισμός. Αρχικά εισάγει το αρχείο που περιλαμβάνει τα δεδομένα των μετρήσεων που θα χρησιμοποιηθούν ως rover μέσω της διαδικασίας που περιγράφεται παραπάνω. Έπειτα εισάγει το αρχείο του Reference με την ακόλουθη διαδικασία: Από τη λίστα εργαλείων επιλέγεται το εικονίδιο  Import Raw Data και εμφανίζεται το παράθυρο εισαγωγής των δεδομένων. Ο χρήστης επιλέγει ως <Files of type:> το <RINEX files>. Από το 'Look in' αναζητά το αρχείο, το επιλέγει και στη συνέχεια πατά <Import> (Εικόνα 3.9).










Εικόνα 3.9: Παράθυρο εισαγωγής RINEX αρχείων του LGO (Πηγή: Leica Geo Office).

Έπειτα ανοίγει το παράθυρο Assign και ο χρήστης κάνει δεξί κλικ στον φάκελο Projects και επιλέγει New για τη δημιουργία νέας εργασίας. Δίνει όνομα στο Project και μέσα από την επιλογή Location μπορεί να δει ή και να αλλάξει το path όπου θα αποθηκευτεί. Επίσης προκειμένου η ώρα GPS να συγχρονίζεται με την ώρα Ελλάδας στο Time Zone επιλέγεται 3 h για την εαρινή ώρα και 2 h για τη χειμερινή ώρα. Στη συνέχεια πατά OK (Εικόνα 3.10). Επόμενο βήμα είναι η εκχώρηση των δεδομένων στην εργασία μέσα από την επιλογή Assign. Όταν η τεχνική πραγματοποιείται με δύο δέκτες εκχωρούνται τα αρχεία των δεδομένων των δύο δεκτών. Αν ο στατικός εντοπισμός υλοποιηθεί με rover το δέκτη του χρήστη και reference το σταθμό της Metrica τότε εκχωρούνται το αρχείο από το δέκτη και το αρχείο RINEX του σταθμού αντίστοιχα.



Εικόνα 3.10: Παράθυρο εισαγωγής νέας εργασίας του LGO (Πηγή: Leica Geo Office).

Η εργασία ανοίγει επιλέγοντάς τη με διπλό κλικ. Επιλέγοντας το **View/ Edit**  δίνεται η γραφική αναπαράσταση των μετρημένων σημείων ενώ οι συντεταγμένες και η ποιότητα θέσης τους εμφανίζονται επιλέγοντας **Points** .

Επόμενο βήμα είναι η επεξεργασία των βάσεων μέσα από την επιλογή **GPS-Proc** . Το παράθυρο που ανοίγει παρουσιάζει μια λίστα παρατηρήσεων των δεδομένων. Κάνοντας κλικ στο εικονίδιο  που βρίσκεται στη λίστα εργαλείων ο κέρσορας δείχνει Reference και ο χρήστης επιλέγει την οριζόντια μπάρα του σημείου που θα χρησιμοποιηθεί ως reference. Επιλέγοντας το εικονίδιο  ο κέρσορας δείχνει Rover και επιλέγονται κατά τον ίδιο τρόπο τα σημεία που θα χρησιμοποιηθούν ως rover. Έπειτα από τη γραμμή εργαλείων επιλέγεται **Process**  για να γίνει η επεξεργασία των βάσεων. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι οι χρόνοι παρατήρησης μεταξύ των Reference και Rover να είναι κοινοί. Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία της επεξεργασίας γίνεται αυτόματη μεταβίβαση στην επιλογή **Results**  όπου ο χρήστης

έχει τη δυνατότητα να δει και να αποθηκεύσει (κάνοντας δεξί κλικ και store) τις επιλυμένες βάσεις.

Αν ο προσδιορισμός έγινε με δύο δέκτες, μεταβαίνοντας ο χρήστης στην επιλογή

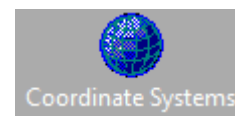


δίνει στον reference τις συντεταγμένες του σημείου. Κάνοντας δεξί κλικ στο σημείο που έχει point class reference και επιλέγοντας Properties δίνεται η δυνατότητα να διορθωθούν και να γραφούν οι συντεταγμένες. Αφού ο χρήστης πατήσει <OK> εμφανίζεται μήνυμα που αναφέρει ότι η ίδια μετάθεση θα πραγματοποιηθεί και στα σημεία rover αφού εξαρτώνται από τις συντεταγμένες του reference. Ο χρήστης πατάει <Yes > για να ολοκληρωθεί η διαδικασία.

Σε περίπτωση που η τεχνική πραγματοποιήθηκε με σταθμό από τη Metrica δε γίνεται καμιά μεταβολή στις συντεταγμένες.

Και στον στατικό εντοπισμό οι μετρήσεις συνηθίζεται να γίνονται σε σύστημα συντεταγμένων WGS'84. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να μετατρέψει τις συντεταγμένες των σημείων στο επιθυμητό τοπικό σύστημα (Ενότητα 3.4.6).

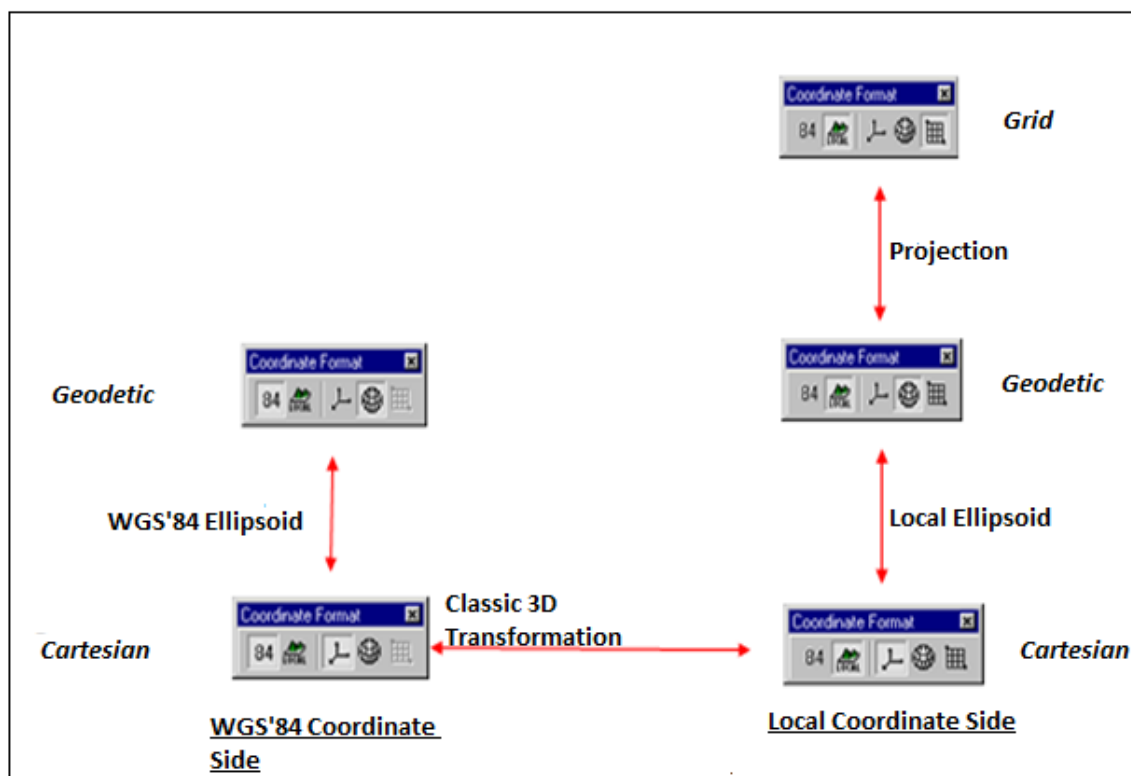
3.4.6 Μετασχηματισμοί συντεταγμένων στο Leica Geo Office



Ανοίγοντας το Leica Geo Office αριστερά υπάρχει η επιλογή Προϋπάρχουν τα συστήματα WGS'84 και None.

ΓΕΝΙΚΗ ΕΓΣΑ'87

Για τη δημιουργία του συστήματος ΕΓΣΑ'87 πραγματοποιείται μετασχηματισμός 'Classical 3D'. Η διαδικασία της μετατροπής των συντεταγμένων παρουσιάζεται στην εικόνα 3.11.



Εικόνα 3.11: Διάγραμμα λειτουργίας του μετασχηματισμού Classical 3D.

Αρχικό βήμα είναι η δημιουργία της κατάλληλης προβολής που θα χρησιμοποιηθεί. Ο χρήστης κάνει δεξί κλικ και new στο φάκελο <Projections> που βρίσκεται αριστερά της οθόνης. Επιλέγει ως τύπο <TM> και στη συνέχεια πληκτρολογεί τα ακόλουθα στοιχεία:

Name: TM EGSA: **1987 GR**

False Easting: **500000.0 m**

False Northing: **0.0 m**

Latitude of Origin: **0° 0' 0.00000" N**

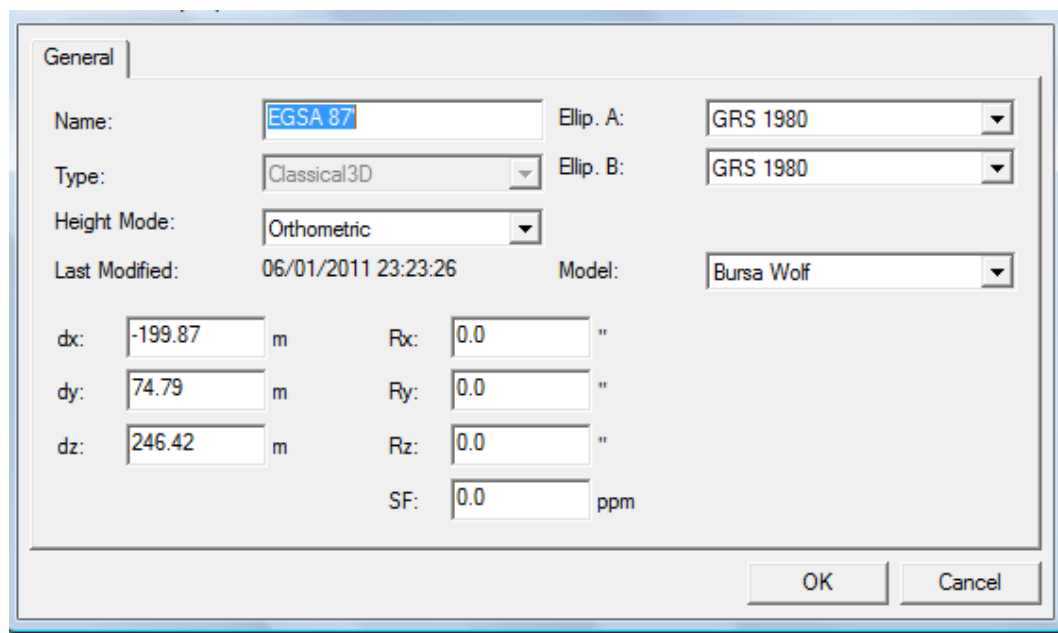
Central Meridian: **24° 0' 0.00000" E**

Zone Width: **6° 0' 0.0"**

Scale Factor: **0.9996**

Και στη συνέχεια πατά OK.

Στον μετασχηματισμό από WGS'84 σε ΕΓΣΑ'87 χρησιμοποιείται το ελλειψοειδές GRS1980 το οποίο προϋπάρχει στον φάκελο Ellipsoids. Πατώντας δεξί κλικ και New στον φάκελο 'Transformations' συμπληρώνονται τα στοιχεία που φαίνονται στην εικόνα 3.12.



Εικόνα 3.12: Παράθυρο εισαγωγής παραμέτρων μετασχηματισμού από WGS'84 σε ΕΓΣΑ'87 (Πηγή: Leica Geo Office).

Τέλος, κάνοντας δεξί κλικ και New στον φάκελο Coordinate Systems δημιουργείται από το χρήστη το σύστημα ΕΓΣΑ'87. Συμπληρώνονται το όνομα, ο μετασχηματισμός και η προβολή που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίησή του. Το σύστημα αυτό αποθηκεύεται στον φάκελο 'Coordinate Systems' και το χρησιμοποιεί σε ανάλογη εργασία του.

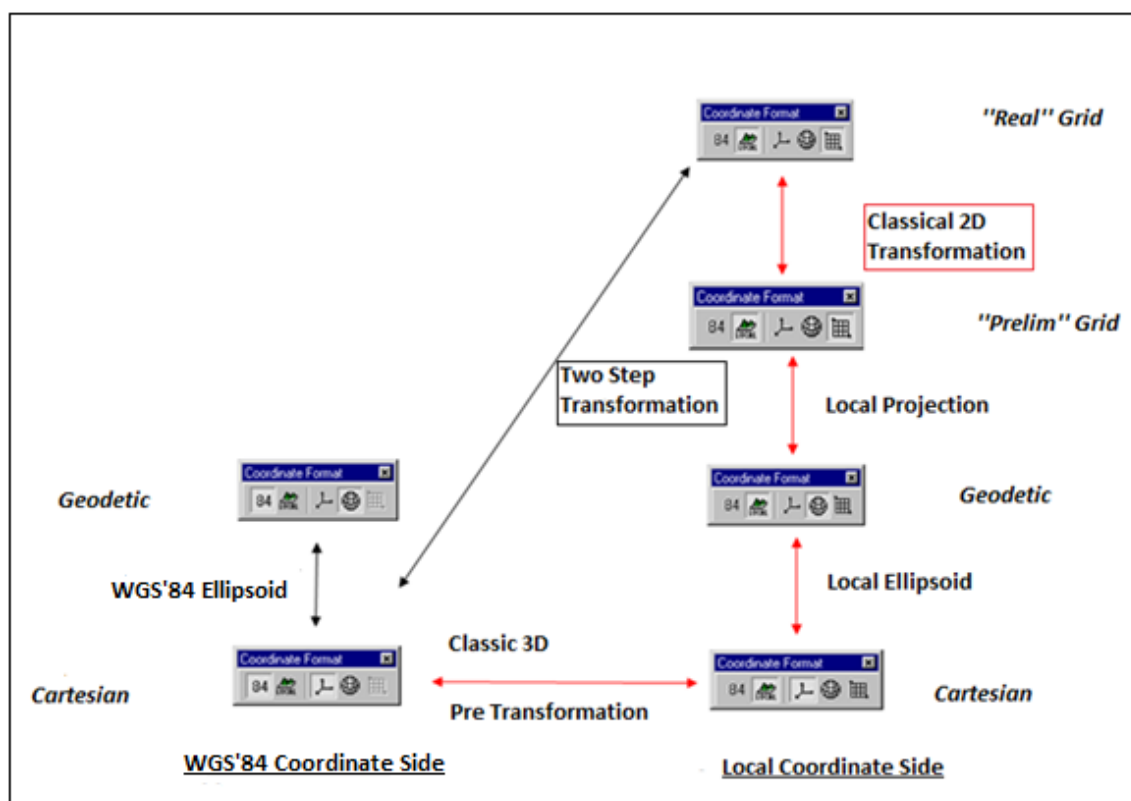
Εάν μεταβεί στον φάκελο <Projects> και επιλέξει Coordinate Systems κάνοντας δεξί κλικ και <Modify> επιλέγει το σύστημα συντεταγμένων 'ΕΓΣΑ'87' στο οποίο θέλει να αξιοποιήσει το Project.

Ο παραπάνω μετασχηματισμός εφαρμόζεται μόνο στην περίπτωση όπου ο χρήστης έχει ως σταθμό αναφοράς κάποιο τριγωνομετρικό σημείο του οποίου γνωρίζει τις συντεταγμένες από τη ΓΥΣ ή οποιοδήποτε άλλο σημείο του οποίου γνωρίζει τις συντεταγμένες στο σύστημα ΕΓΣΑ'87.

✚ ΤΟΠΙΚΗ ΕΓΣΑ'87

Η περίπτωση της τοπικής ΕΓΣΑ'87 χρησιμοποιείται μόνο στην περίπτωση όπου ο χρήστης έχει αξιοποιήσει το δίκτυο σταθμών αναφοράς της Metrica.

Χρησιμοποιείται ένας μετασχηματισμός δύο σταδίων ('Two Step Transformation') όπου συνδυάζει 2 μετασχηματισμούς, τους 'Classical 3D' και 'One Step'. Η διαδικασία παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.13.



Εικόνα 3.13: Διάγραμμα λειτουργίας του μετασχηματισμού Two Step.

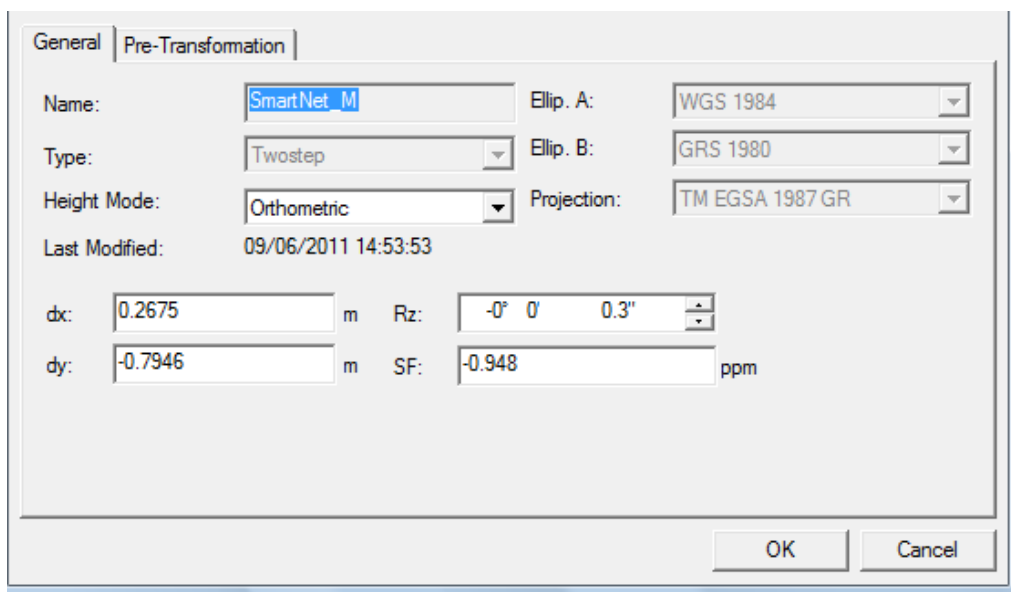
Η Metricanet χρησιμοποιεί τον συγκεκριμένο μετασχηματισμό που εμπεριέχει τοπικούς μετασχηματισμούς και εφαρμόζεται για κάθε περιοχή διαφορετικός. Στις παρακάτω εικόνες, ενδεικτικά παρουσιάζονται οι μετασχηματισμοί που χρησιμοποιούνται για την Αττική και για την Άρτα και τα Ιωάννινα, που είναι οι δύο περιοχές μελέτης της εργασίας.

Αφού εισαχθούν οι μετασχηματισμοί, κάνοντας δεξί κλικ και New στον φάκελο 'Coordinate Systems' δημιουργείται το σύστημα συντεταγμένων για την κάθε

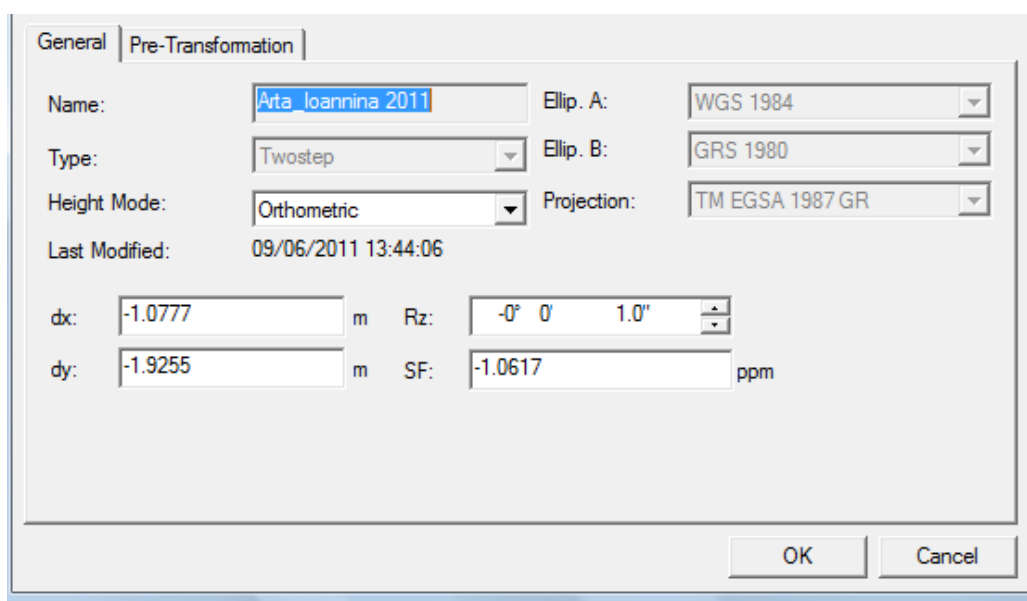
περιοχή. Το σύστημα συντεταγμένων είναι η τοπική ΕΓΣΑ'87 που είναι στην πραγματικότητα η ΕΓΣΑ'87.

Ο χρήστης επειδή δεν είναι δυνατόν να γνωρίζει τις παραμέτρους μετασχηματισμού που χρησιμοποιήθηκαν για να προκύψει η ΕΓΣΑ στην περιοχή του, λαμβάνει από τη Metrica ένα αρχείο RINEX ή σε μορφή LGO που εμπεριέχει τον τελικό μετασχηματισμό κι έτσι δημιουργεί το σύστημα ΕΓΣΑ'87 το οποίο εφαρμόζεται στην περιοχή του.

Στην προκειμένη περίπτωση, τα παραπάνω συστήματα αποθηκεύονται στον φάκελο 'Coordinate Systems' και ο χρήστης τα χρησιμοποιεί σε ανάλογες εργασίες του. Σε περίπτωση που έχει δουλέψει είτε με μεθόδους RTK είτε με στατικό εντοπισμό στην Αττική αξιοποιώντας σταθμούς GNSS της Metricanet, τότε αν μεταβεί στον φάκελο <Projects> και επιλέξει Coordinate Systems κάνοντας δεξί κλικ και <Modify> επιλέγει το σύστημα συντεταγμένων 'Smartnet M' που είναι το ΕΓΣΑ'87 για την Αττική. Αντίστοιχα, σε περίπτωση που έχει δουλέψει στην Άρτα ή στα Ιωάννινα αξιοποιώντας σταθμούς GNSS της Metricanet, τότε αν μεταβεί στον φάκελο <Projects> και επιλέξει Coordinate Systems κάνοντας δεξί κλικ και <Modify> επιλέγει το σύστημα συντεταγμένων 'Arta_Ioannina 2011' που είναι το ΕΓΣΑ'87 για αυτές τις περιοχές.




Εικόνα 3.14: Εισαγωγή τοπικών παραμέτρων μετασχηματισμού για την περιοχή Αττικής (Πηγή: Leica Geo Office).

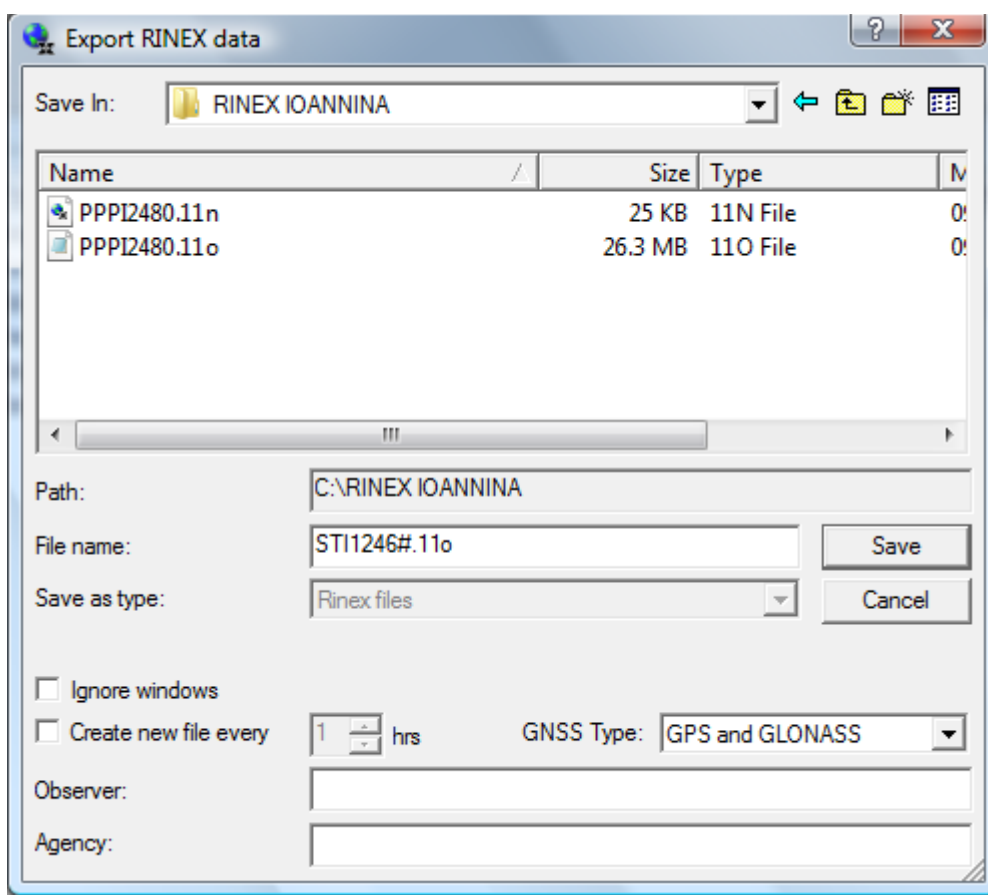


Εικόνα 3.15: Εισαγωγή τοπικών παραμέτρων μετασχηματισμού για τις περιοχές Άρτας και Ιωαννίνων (Πηγή: Leica Geo Office).

3.4.7 Μετατροπή αρχείων σε μορφή RINEX

Σε περίπτωση που ο χρήστης θέλει να μετατρέψει κάποιο αρχείο σε τύπο RINEX

επιλέγει από το μενού  (εναλλακτικά Export και RINEX) και επιλέγει την εργασία στην οποία είναι αποθηκευμένο το αρχείο που τον ενδιαφέρει. Στη συνέχεια πατά Export. Έτσι εμφανίζεται το παράθυρο εξαγωγής δεδομένων RINEX. Ως file name ορίζεται <Rinex Files> και GNSS Type <GPS and GLONASS> σε περίπτωση που έχουν χρησιμοποιηθεί και τα δύο δορυφορικά συστήματα στις μετρήσεις. Μέσα από το 'Save in' αναζητά το path που είναι αποθηκευμένη η εργασία που βρίσκεται το αρχείο, την επιλέγει και στη συνέχεια πατά <Open>. Ακολούθως επιλέγει το αρχείο και πατά <Save>. Στην Εικόνα 3.16 έχει ήδη μετατραπεί ένα αρχείο σε μορφή RINEX και πατώντας save θα αποθηκευτεί και το επόμενο.



Εικόνα 3.16: Παράθυρο εξαγωγής δεδομένων RINEX (Πηγή: Leica Geo Office).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ RTK ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΣΤΑΘΜΩΝ ΑΝΑΦΟΡΑΣ METRICANET

4.1 Εισαγωγή

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας επιλέχθηκε να γίνει χρήση τεχνικών RTK και στατικού εντοπισμού αξιοποιώντας το δίκτυο σταθμών αναφοράς Metricanet. Επίσης χρησιμοποιήθηκε και η τεχνική PPP, με την οποία γίνεται απόλυτος εντοπισμός θέσης χρησιμοποιώντας το δίκτυο μόνιμων σταθμών συνεχούς λειτουργίας σε παγκόσμια κλίμακα. Σε αυτό το κεφάλαιο θα περιγραφούν για τα τέσσερα πειράματα που εκπονήθηκαν, ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε, οι περιοχές μελέτης, τα κριτήρια επιλογής τους και οι διαδικασίες εφαρμογής των επιλεγμένων τεχνικών.

4.2 Περιγραφή γεωδαιτικού εξοπλισμού

A) Δέκτες GPS

Όσον αφορά στις μετρήσεις πεδίου, αφ' ενός για τις μετρήσεις πραγματικού χρόνου κι αφ' ετέρου για το στατικό εντοπισμό, χρησιμοποιήθηκαν οι δέκτες GPS Leica της σειράς 1200+.

Οι μετρήσεις πεδίου που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή της Πολυτεχνειούπολης υλοποιήθηκαν με τον δέκτη GX1230 GNSS και το χειριστήριο RX 1250 X (Εικόνες 4.1α και 4.1β).

Οι μετρήσεις πεδίου στην περιοχή του νομού Ιωαννίνων πραγματοποιήθηκαν με τον δέκτη GS09 GNSS και το χειριστήριο CS09 (Εικόνες 4.2α και 4.2β).

Όσον αφορά στις μετρήσεις στατικού εντοπισμού και πραγματικού χρόνου χρησιμοποιήθηκαν ο αντίστοιχος εξοπλισμός και παρελκόμενα:

- Στυλεοδάκι
- Τρίποδας (Κατάλληλος για τη μέτρηση με height hooke)
- Στυλεός

- Βάση κέντρωσης
- Τρικόγλιο
- Μετροταινία
- Height Hooke
- Κινητό με δυνατότητα σύνδεσης Bluetooth κι ενσωματωμένη κάρτα SIM για την υποστήριξη λειτουργίας GPRS.



(α)



(β)

Εικόνα 4.1: (α) και (β) Δέκτης GX1230 GNSS και χειριστήριο RX 1250 X.



(α)



(β)

Εικόνα 4.2: (α) Δέκτης GS09 GNSS και (β) χειριστήριο CS09.

Β) Γεωδαιτικός Σταθμός

Η αποτύπωση του γηπέδου του τέννις στην Πολυτεχνειούπολη πραγματοποιήθηκε και με τον γεωδαιτικό σταθμό Leica TC 600 όπως φαίνεται στην εικόνα 4.3.



Εικόνα 4.3: Γεωδαιτικός σταθμός Leica TC – 600.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του παραπάνω γεωδαιτικού σταθμού περιγράφονται στον παρακάτω πίνακα:

| | |
|--------------------------|-------------------------|
| Γωνιομετρική ακρίβεια | 5'' (15 ^{cc}) |
| Ελάχιστη ανάγνωση γωνίας | 1'' |
| Εμβέλεια απόστασης | 3000 m |
| Ακρίβεια στην απόσταση | 3 mm + 2 ppm |

Πίνακας 4.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά γεωδαιτικού σταθμού Leica TC – 600 (Πηγή: http://www.surveyors.de/download/leicatc600_tc800engl.pdf).

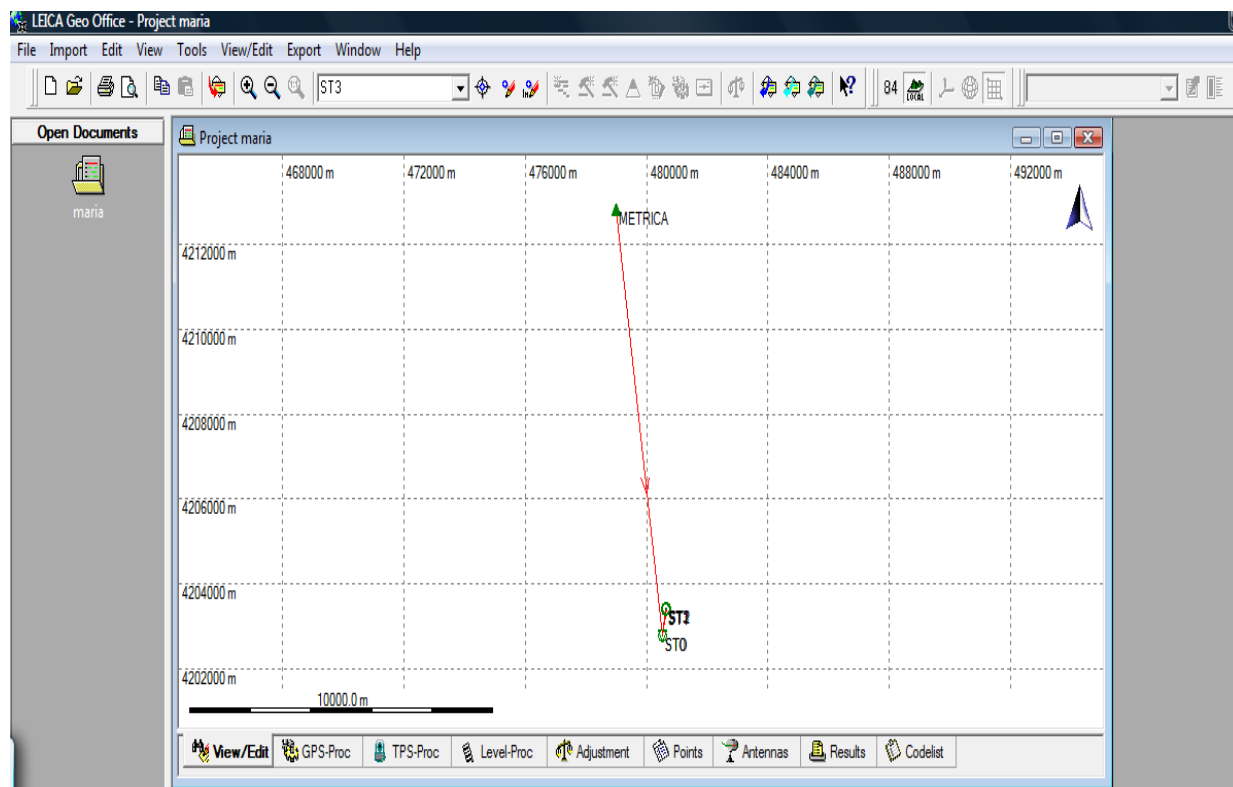
Επιπλέον χρησιμοποιήθηκε τρίποδας στον οποίο στήθηκε ο γεωδαιτικός σταθμός, ένας στυλεός, ένα κατάφωτο και μια μετροταινία για τη μέτρηση του ύψους του οργάνου.

4.3 Πειράματα

4.3.1 Μετρήσεις στο χώρο του πάρκινγκ Πολυτεχνειούπολης

Το πρώτο πείραμα αφορά μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο πάρκινγκ Πολυτεχνειούπολης στην περιοχή Ζωγράφου, το οποίο απέχει απόσταση της τάξης των 10 km από τον κοντινότερο σταθμό αναφοράς της Metricanet. Έγιναν μετρήσεις στατικού εντοπισμού και πραγματικού χρόνου με τις τεχνικές (Single Base) RTK, VRS RTK, IMAX RTK σε τρία σημεία. Στο τρίτο σημείο έγινε και μια επιπλέον μέτρηση με τη μέθοδο PPP. Στόχος του πειράματος είναι η σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ των μεθόδων στατικού εντοπισμού και πραγματικού χρόνου, και των τεχνικών πραγματικού χρόνου (Real Time, RT) μεταξύ τους στη συγκεκριμένη εφαρμογή. Για την εκπόνηση του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν οι δέκτες GX1230 GNSS της σειράς GPS Leica 1200+.

Στην εικόνα που ακολουθεί απεικονίζονται τα τρία σημεία στο πάρκινγκ (ST1, ST2 και ST3), το σημείο που στήθηκε ο σταθερός δέκτης για το στατικό εντοπισμό (ST0) και το σημείο που βρίσκεται ο σταθμός αναφοράς της Metricanet στη Μεταμόρφωση (METRICA) σε περιβάλλον LGO.



Εικόνα 4.4: Τα σημεία στο χώρο του πάρκινγκ, το σημείο στο Λαμπαδάριο και το σημείο που βρίσκεται ο σταθμός της Metrica σε περιβάλλον LGO.

- Επιλογή περιοχής μελέτης.

Αρχική προϋπόθεση για την επιλογή της περιοχής στην Αθήνα ήταν να βρίσκεται εντός της δικτυακής λύσης της Metricanet. Επομένως θα μπορούσε να επιλεγεί οποιαδήποτε περιοχή βρίσκεται εντός του λεκανοπεδίου Αττικής, αφού οι σταθμοί αναφοράς της Metricanet στην Αττική βρίσκονται ένας στη Μεταμόρφωση κι ένας στην Ανάβυσσο.

Επόμενο κριτήριο που σχετίζεται με τις μετρήσεις GNSS ήταν η ύπαρξη ανοικτού ορίζοντα. Κατά συνέπεια η εκπόνηση του πειράματος δε θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί σε μια πυκνοδομημένη περιοχή ή με έντονη ψηλή βλάστηση.

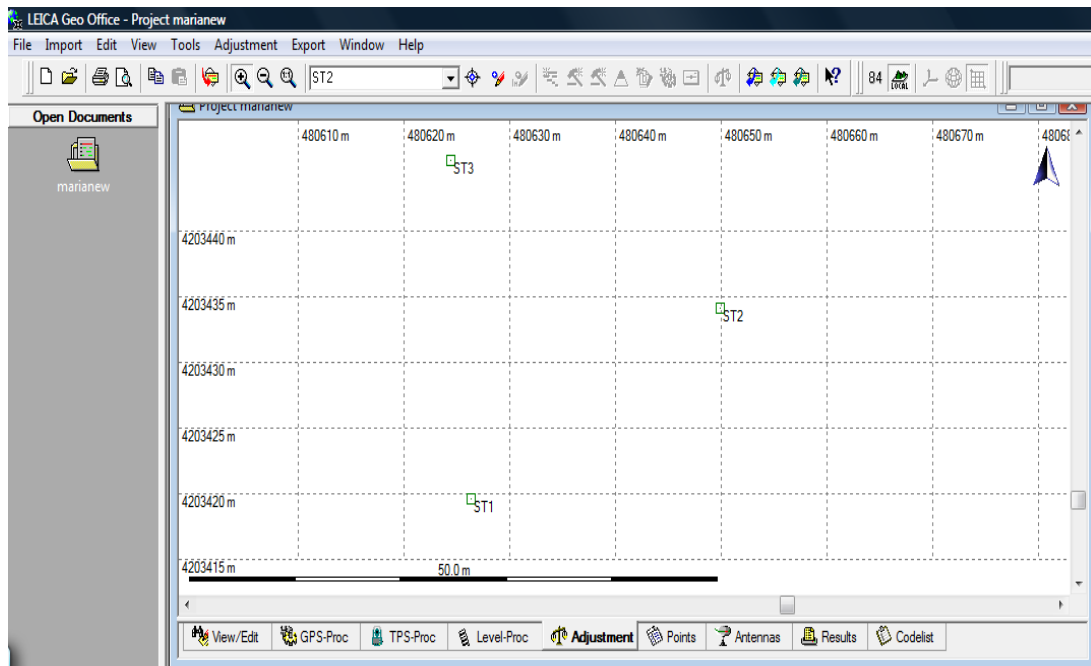
Επιπρόσθετα επειδή μία από τις μεθόδους μέτρησης των σημείων ήταν η Single Base RTK, έπρεπε να προτιμηθεί μια περιοχή η οποία να απέχει λιγότερο από 15 km από τον κοντινότερο σταθμό αναφοράς. Ο λόγος ήταν η αποφυγή τυχόν συστηματικών σφαλμάτων που είναι δυνατό να προκαλούν μείωση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων.

Η τεχνική μέτρησης μετ' επεξεργασίας που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο στατικός εντοπισμός. Κατά τη διάρκεια μέτρησης των σημείων στα οποία στήνονταν ο κινητός δέκτης, ο δέκτης αναφοράς ο οποίος ήταν στημένος για κάποιες ώρες έπρεπε να βρίσκεται σε κάποιο ασφαλές σημείο.

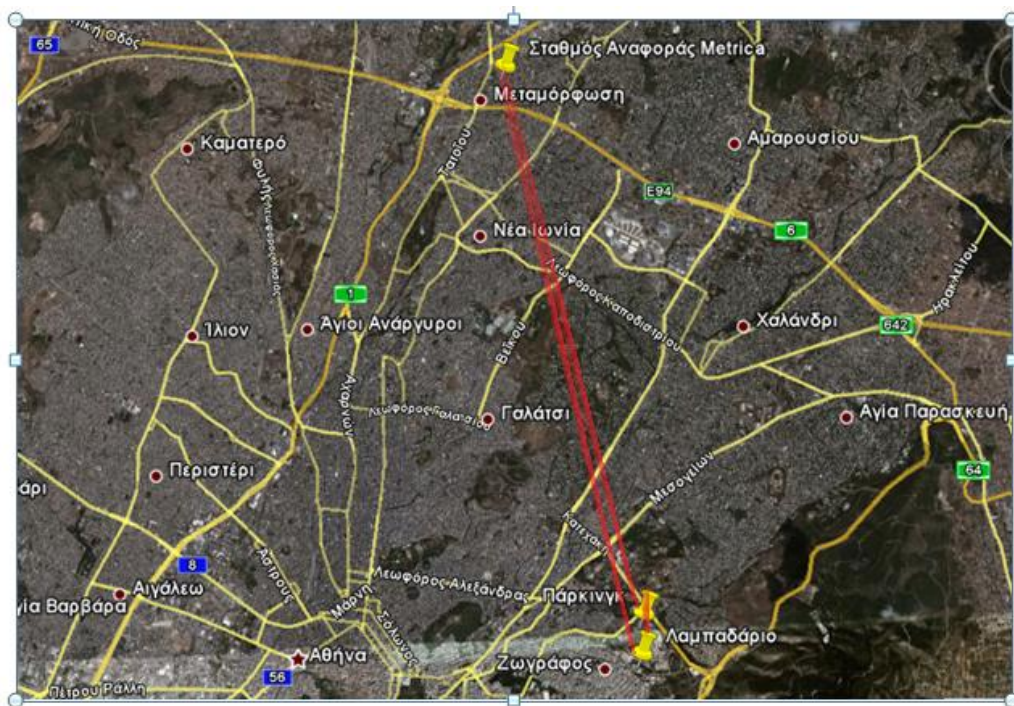
Επιπλέον κριτήριο αποτέλεσε η μη ύπαρξη μεταλλικών επιφανειών κοντά στο δέκτη προκειμένου να αποφευχθεί το φαινόμενο πολλαπλών διαδρομών (multipath).

Μια ακόμη προϋπόθεση ήταν η εξασφάλιση της παραμονής στα σημεία μέτρησης κατά τη διάρκεια του στατικού εντοπισμού για μισή ώρα. Επομένως έπρεπε να επιλεγεί μια περιοχή όπου δε θα διακόπτονταν οι μετρήσεις για κάποιο λόγο.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η περιοχή στην οποία έλαβε χώρα η εφαρμογή της εργασίας επιλέχθηκε να είναι το πάρκινγκ των νέων φοιτητικών εστιών της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Οι αποστάσεις μεταξύ των σημείων 1 – 2, 1 – 3 και 2 – 3 κυμαίνονται στα 26, 27 και 26 m αντίστοιχα (Εικόνα 4.5). Ο σταθερός δέκτης τοποθετήθηκε στο βάθρο της ταράτσας του κτιρίου Λαμπαδάριο που βρίσκεται στη Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών και απέχει από το πάρκινγκ 650 m. Επιπλέον οι αποστάσεις μεταξύ της ταράτσας και του πάρκινγκ από τον κοντινότερο σταθμό αναφοράς είναι 10 km και 9,5 km αντίστοιχα. Οι τελευταίες αποστάσεις εκτιμήθηκαν από το Google Earth και η ακρίβειά τους κυμαίνεται περίπου στα 5 m. Στην εικόνα 4.6 παρουσιάζεται η σχετική θέση των περιοχών.



Εικόνα 4.5: Τα σημεία στο χώρο του πάρκινγκ σε περιβάλλον LGO.



Εικόνα 4.6: Ενδεικτική σχετική θέση του πάρκινγκ και του Λαμπαδαρίου ως προς το σταθμό της Metrica.

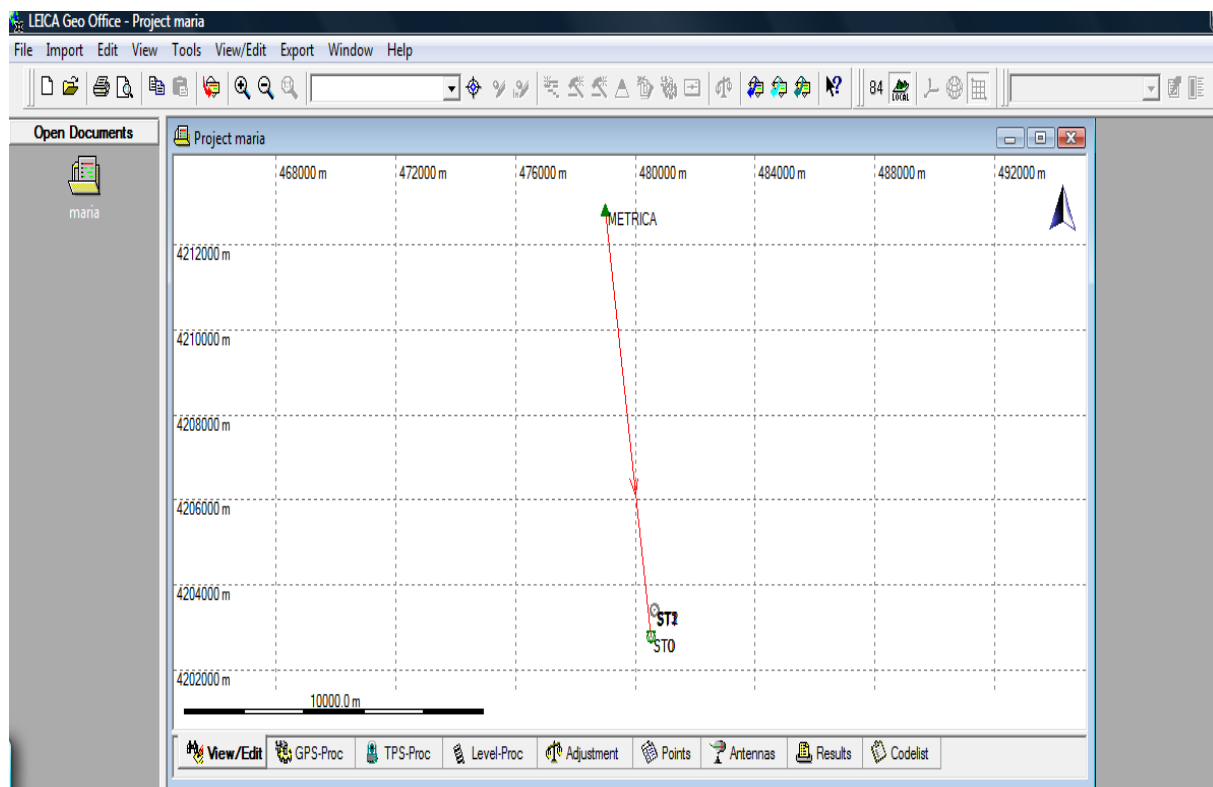
➤ Διαδικασία Μετρήσεων

Στην πρώτη φάση έγιναν οι μετρήσεις πεδίου στατικού εντοπισμού, χρησιμοποιώντας τους δέκτες base και rover Leica 1200+ GNSS. Στο βάθρο του Λαμπαδαρίου στήθηκε ο σταθερός δέκτης. Τέθηκαν σε λειτουργία ο δέκτης GX1230 και το χειριστήριο RX 1250 X και έγιναν οι απαραίτητες ρυθμίσεις για στατικό εντοπισμό μέσω του χειριστηρίου (Κεφάλαιο 3). Ο rover στήθηκε διαδοχικά στα τρία σημεία στο χώρο του πάρκινγκ και με τη βοήθεια του χειριστηρίου έγιναν οι ρυθμίσεις για στατικό εντοπισμό (Κεφάλαιο 3). Ο χρόνος παραμονής σε κάθε σημείο ήταν 30 min με χρόνο καταγραφής των ανεπεξέργαστων παρατηρήσεων κάθε 15 sec. Για τον προσδιορισμό των υψομέτρων των σημείων γινόταν καταγραφή μέσα από το χειριστήριο του ύψους του δέκτη για κάθε σημείο (Εικόνα 4.7).

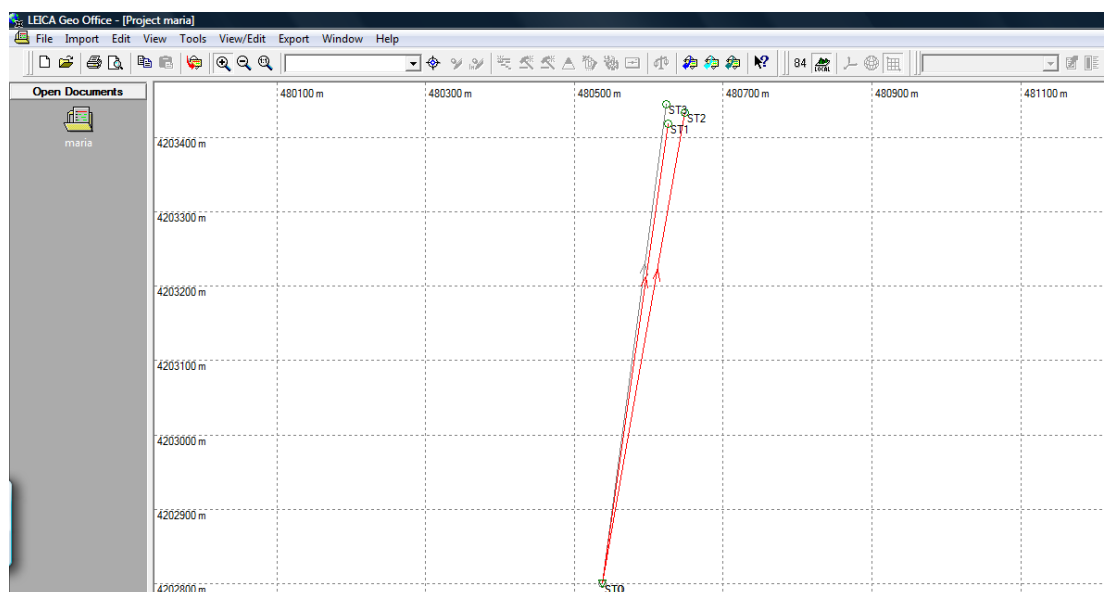


Εικόνα 4.7: Στατικός εντοπισμός σε σημείο στο χώρο του πάρκινγκ Πολυτεχνειούπολης.

Ως σύστημα συντεταγμένων επιλέχθηκε το WGS'84 όπου είναι και οι πρωτογενείς μετρήσεις των δεκτών GPS. Οι συντεταγμένες του σημείου που ήταν ο σταθερός δέκτης ήταν γνωστές αφού είναι μετρημένες από το εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας με άγνωστη όμως ακρίβεια. Τελικά επιλέχθηκε οι συντεταγμένες του σημείου που ήταν ο base να προσδιοριστούν με στατικό εντοπισμό από τον σταθμό αναφοράς της Metricanet. Οι εικόνες 4.8 και 4.9 δείχνουν τις βάσεις των μετρηθέντων σημείων μέσα από το λογισμικό Leica Geo Office.



Εικόνα 4.8: Βάση του ST0 ως προς τον σταθμό αναφοράς MET0 σε περιβάλλον LGO.



Εικόνα 4.9: Βάσεις των σημείων ST1, ST2, ST3 ως προς τον ST0 σε περιβάλλον LGO.

Στη δεύτερη φάση πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις πραγματικού χρόνου, στις οποίες χρησιμοποιήθηκε μόνο ο κινητός δέκτης, ο οποίος στήθηκε σε τρίποδα για να επιτευχθεί μεγαλύτερη ακρίβεια. Οι τεχνικές μέτρησης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι Single Base RTK, VRS RTK και IMAX RTK για τα τρία σημεία, οι οποίες

διήρκεσαν 5, 15 και 30 sec για κάθε σημείο και κάθε μέθοδο ξεχωριστά. Στο τρίτο σημείο έγινε και μέτρηση με τη μέθοδο PPP, της οποίας η χρονική διάρκεια ήταν 5 ώρες.

Αρχικά εφαρμόστηκε η μέθοδος Single Base RTK σύμφωνα με την οποία ο δέκτης παίρνει διορθώσεις από τον πλησιέστερο σταθμό της Metricanet σε πραγματικό χρόνο. Έγιναν οι απαραίτητες ρυθμίσεις του δέκτη μέσω του χειριστηρίου RX 1250 για τη λειτουργία Single Base RTK (Κεφάλαιο 3). Έγινε σύνδεση με το κινητό τηλέφωνο μέσω Bluetooth και σύνδεση με το Κέντρο Ελέγχου μέσω GPRS. Επιλέχθηκε ο πλησιέστερος σταθμός αναφοράς του δικτύου της Metricanet με την επιλογή nearest RTCM3.

Ακολούθως έγινε εφαρμογή της μεθόδου VRS RTK. Σύμφωνα με την τεχνική αυτή, ο σταθερός δέκτης υλοποιείται από τον εικονικό σταθμό με στόχο τον προσδιορισμό της θέσης του, όσο μακριά κι αν βρίσκεται από τον κοντινότερο σταθμό αναφοράς. Το χειριστήριο ρυθμίστηκε έτσι ώστε να εφαρμοστεί η λειτουργία VRS RTK (Κεφάλαιο 3). Ο δέκτης συνδέθηκε με το κινητό τηλέφωνο μέσω Bluetooth και μέσω GPRS έγινε σύνδεση με το Κέντρο Ελέγχου. Με τη βοήθεια της επιλογής VRS RTCM3, υλοποιήθηκε τυχαίος εικονικός σταθμός αναφοράς από τον οποίο ο δέκτης έλαβε τις διορθώσεις.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις αξιοποιώντας τη μέθοδο IMAX RTK. Οι διορθώσεις πραγματικού χρόνου που στέλνονται προέρχονται από τον συνδυασμό διορθώσεων του κύριου σταθμού αναφοράς που είναι και ο κοντινότερος και από άλλους σταθμούς αναφοράς του δικτύου. Έγιναν οι απαραίτητες ρυθμίσεις για τη λειτουργία IMAX μέσω του χειριστηρίου (Κεφάλαιο 3) και με τη βοήθεια του κινητού τηλεφώνου έγινε σύνδεση με το Κέντρο Ελέγχου. Μέσα από την επιλογή IMAX έγινε επίλυση μέσα από συνδυασμό του κύριου και βοηθητικών σταθμών αναφοράς του δικτύου.

Για το τελευταίο σημείο εκτός των υπολοίπων πραγματοποιήθηκε και η μέτρηση με PPP (Precise Point Positioning). Στη μέθοδο αυτή γίνεται απόλυτος εντοπισμός θέσης και οι συντεταγμένες του σημείου αποστέλλονται στο χρήστη από online κέντρα επεξεργασίας κατόπιν αίτησης του. Οι ρυθμίσεις στο χειριστήριο του δέκτη ήταν όμοιες με αυτές του στατικού εντοπισμού όπου γίνεται σχετικός εντοπισμός θέσης. Ο

χρόνος παραμονής του δέκτη στο σημείο ήταν 5 ώρες και ο ρυθμός καταγραφής των παρατηρήσεων ήταν 15 sec.

Όσον αφορά στο σύστημα συντεταγμένων που χρησιμοποιήθηκε, μέσα από τις επιλογές του χειριστηρίου ορίστηκε και ήταν το WGS'84. Κατόπιν μέσα από το λογισμικό Leica Geo Office έγινε μετασχηματισμός των συντεταγμένων στο ζητούμενο σύστημα αναφοράς που ήταν το ΕΓΣΑ'87.

Ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας με τις μεθόδους μέτρησης πραγματικού χρόνου που πραγματοποιήθηκαν για τα σημεία και κάποια βασικά χαρακτηριστικά τους:

| ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ | ΣΗΜΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ | ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ(Για κάθε σημείο) | ΡΥΘΜΟΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ | ΔΙΚΤΥΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ |
|------------------|-----------------|--|-------------------|-----------------------|
| Single Base RTK | 1, 2, 3 | 5, 15, 30 sec | 1 sec | Nearest (κοντινότερο) |
| VRS RTK | 1, 2, 3 | 5, 15, 30 sec | 1 sec | VRS |
| IMAX RTK | 1, 2, 3 | 5, 15, 30 sec | 1 sec | IMAX (μέγιστο) |

Πίνακας 4.2: Βασικά χαρακτηριστικά των μετρήσεων πραγματικού χρόνου για τα σημεία του πάρκινγκ Πολυτεχνειούπολης.

4.3.2 Αποτύπωση γηπέδου τέννις στην Πολυτεχνειούπολη

Το δεύτερο πείραμα πραγματοποιείται την αποτύπωση μιας περιοχής αφενός με δέκτη GNSS κι αφ ετέρου με Total Station. Η εν λόγω περιοχή βρίσκεται εντός της δικτυακής λύσης Metricanet και είναι το γήπεδο του τέννις στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου. Όσον αφορά στις μετρήσεις GNSS, χρησιμοποιήθηκαν μέθοδοι RTK, η Single Base RTK και η VRS RTK. Σχετικά με την αποτύπωση με γεωδαιτικό σταθμό, οι κορυφές της όδευσης μετρήθηκαν με το δέκτη GNSS με στατικό εντοπισμό, Single Base RTK και VRS RTK και τα χαρακτηριστικά σημεία με total station. Σκοπός του πειράματος είναι η πλήρης αποτύπωση της περιοχής και η σύγκριση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων μεταξύ του δέκτη GNSS και του γεωδαιτικού σταθμού. Επιπλέον η εξέταση των διαφορών των αποτελεσμάτων στις τεχνικές Single Base RTK και VRS RTK στη συγκεκριμένη εφαρμογή. Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι δέκτες GX1230 GNSS της σειράς GPS Leica 1200+ και ο γεωδαιτικός σταθμός Leica TC600 με τα παρελκόμενα τους.

Διαδικασία Μετρήσεων

A) Με GPS

Αρχικά έγινε η αποτύπωση του γηπέδου με τη μέθοδο VRS RTK. Ο κινητός δέκτης τοποθετήθηκε σε στυλεό και έγιναν οι απαραίτητες ρυθμίσεις από το χειριστήριο για τη λειτουργία VRS, ενώ παράλληλα δόθηκε ανοχή 5cm, το οποίο είναι ένα ανεκτό όριο για τα πλαίσια μιας αποτύπωσης. Η χρονική διάρκεια της μέτρησης κάθε σημείου ήταν 5 sec. Στην εικόνα 4.10 απεικονίζεται η περιοχή του γηπέδου.



Εικόνα 4.10: Το γήπεδο του τέννις στην Πολυτεχνειούπολη.

Όπως φαίνεται από την εικόνα 4.10 τα όρια του γηπέδου περιβάλλονται από σύρμα μεγάλου ύψους. Επιπρόσθετα, η γύρω περιοχή καλύπτεται από βλάστηση. Με τη συγκεκριμένη τεχνική έγινε πλήρης αποτύπωση του γηπέδου, με εξαίρεση τα σημεία που όριζαν τα όρια της πόρτας. Επίσης, στα χαρακτηριστικά σημεία που βρισκόταν τα φρεάτια και οι κολώνες, εξαιτίας της έλλειψης σήματος το ύψος του στυλεού ανυψώθηκε στο μέγιστο ύψος, δηλαδή 2 m.

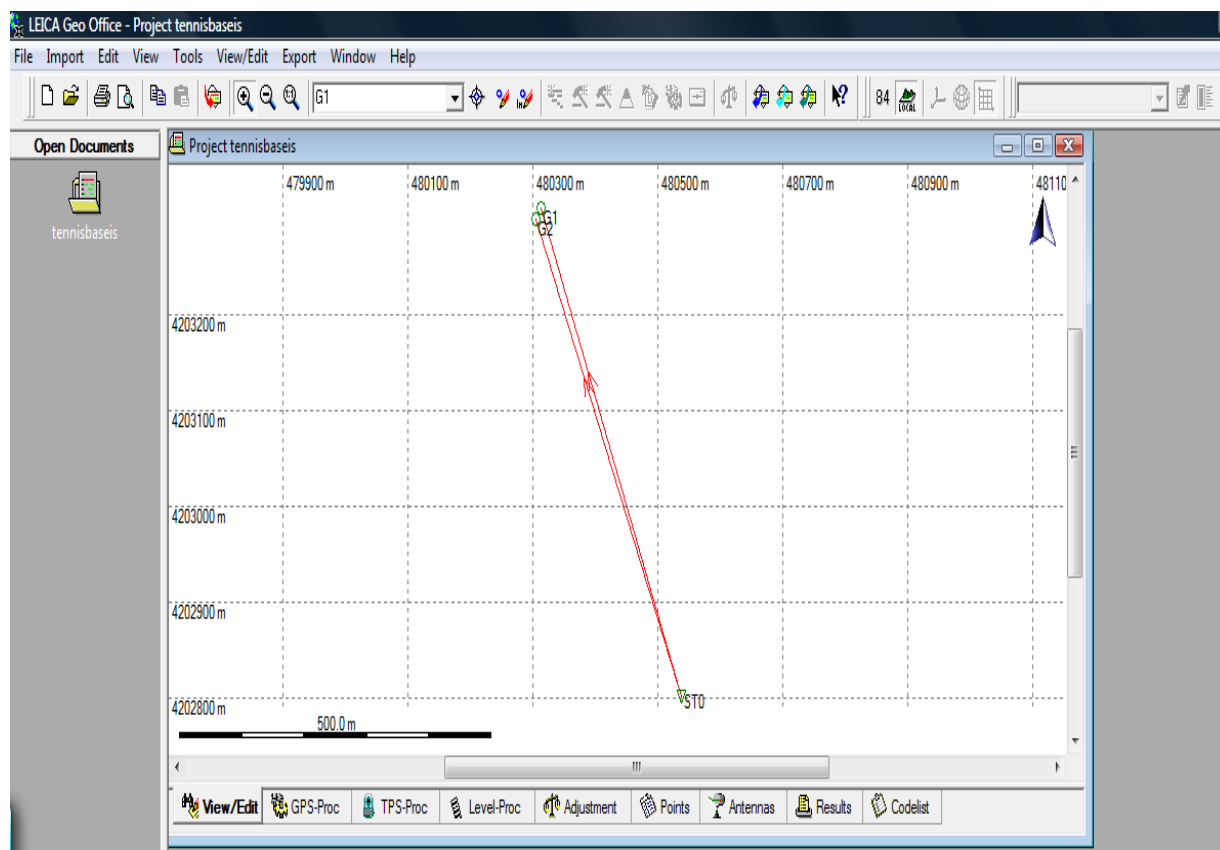
Μια άλλη μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για να αποτυπωθεί το γήπεδο ήταν η Single Base RTK. Υλοποιήθηκε με τη χρήση στυλεού στον οποίο τοποθετήθηκε ο rover και με τη ρύθμιση της λειτουργίας Single Base RTK μέσα από το χειριστήριο. Ομοίως με την τεχνική VRS, τέθηκε όριο ανοχής στις μετρήσεις στα 5 cm και η μέτρηση του κάθε σημείου διήρκεσε 5 sec.

Όσον αφορά στα χαρακτηριστικά σημεία, δεν ήταν δυνατό να αποτυπωθούν όλα με τη συγκεκριμένη μέθοδο. Το ύψος του στυλεού ανυψώθηκε στα 2 m κι έγιναν πολλές προσπάθειες για τη μέτρησή τους. Παρόλα αυτά δεν αποτυπώθηκαν τα ακόλουθα σημεία: τα όρια που όριζαν το γήπεδο (εικόνα 4.11) και την πόρτα, 3 κολώνες και 1 φρεάτιο.



Εικόνα 4.11: Σημείο που ορίζει το εξωτερικό περίγραμμα του γηπέδου.

Τέλος έγιναν και κάποιες επιπρόσθετες μετρήσεις προκειμένου οι στάσεις της όδευσης για την αποτύπωση με γεωδαιτικό σταθμό να είναι γνωστές. Οι κορυφές της όδευσης οι οποίες είναι και τα σημεία ταχυμετρίας του γηπέδου 1 και 5, μετρήθηκαν ήδη με τις προηγούμενες μεθόδους RTK. Τα δύο αυτά σημεία μετρήθηκαν και με στατικό εντοπισμό. Ο σταθερός δέκτης στήθηκε στο βάθρο στην ταράτσα του Λαμπαδαρίου και ο κινητός στήθηκε με τη βοήθεια τρίποδα (προτιμήθηκε αντί του στυλεού για λόγους ακριβείας και μεγάλης χρονικής διάρκειας μετρήσεων) στα δύο αυτά σημεία. Οι συντεταγμένες του βάθρου που ήταν στημένος ο base είχαν ήδη προσδιοριστεί από το πρώτο πείραμα με στατικό εντοπισμό από το σταθμό αναφοράς της Metrica. Ο χρόνος παραμονής του κινητού δέκτη στα σημεία 1 και 5 ήταν 30 min. Ακολουθεί η εικόνα 4.12 που δείχνει τις βάσεις μεταξύ των μετρηθέντων σημείων μέσα από το λογισμικό LGO.



Εικόνα 4.12: Βάσεις των σημείων 1 (G1) και 5 (G2) με το ST0.

Όλες οι παραπάνω μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν με τους δέκτες GX1230 πραγματοποιήθηκαν σε σύστημα αναφοράς WGS'84, που είναι και το σύστημα μέτρησης με GPS. Μέσα από το λογισμικό Leica Geo Office έγινε μετασχηματισμός των συντεταγμένων όλων των σημείων και με όλες τις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν στο ΕΓΣΑ'87.

B) Με γεωδαιτικό σταθμό

Το τελευταίο στάδιο του πειράματος ήταν η αποτύπωση της περιοχής μελέτης με total station. Οι συντεταγμένες της στάσης στην οποία στήθηκε το όργανο (σημείο 1) καθώς και το σημείο μηδενισμού (σημείο 5) ήταν γνωστές αφού προσδιορίστηκαν με στατικό εντοπισμό, VRS RTK και Single Base RTK. Τα μετρούμενα στοιχεία των χαρακτηριστικών σημείων ήταν: οριζόντιες και κατακόρυφες γωνίες, ύψη οργάνου και στόχου και κεκλιμένες αποστάσεις. Με τον γεωδαιτικό σταθμό αποτυπώθηκαν όλα τα ταχυμετρικά σημεία με εξαίρεση το σημείο 2, το οποίο βρισκόταν πολύ κοντά στη στάση κι έτσι η μέτρησή του ήταν αδύνατη.

4.3.3 Μετρήσεις σημείων στην περιοχή Ιωαννίνων

Το πείραμα αφορά μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή του νομού Ιωαννίνων σε τρία σημεία τα οποία απέχουν αποστάσεις της τάξης των 5, 15 και 50 km από τον κοντινότερο σταθμό αναφοράς της Metrica στα Ιωάννινα. Το σημείο το οποίο βρίσκεται στα 50 km είναι οριακά εκτός του δικτύου σταθμών GNSS της Metricanet. Τα σημεία που απέχουν 5 και 50 km από τον σταθμό της Metrica είναι τριγωνομετρικά σημεία του Κρατικού Τριγωνομετρικού Δικτύου τα οποία έχουν μετρηθεί από τη Γ.Υ.Σ.. Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σχετικού στατικού εντοπισμού, απόλυτου εντοπισμού θέσης με τη μέθοδο PPP και πραγματικού χρόνου με τις μεθόδους Single Base RTK, VRS και IMAX. Στόχος του πειράματος είναι η σύγκριση των συντεταγμένων που προέκυψαν με τη μέθοδο στατικού εντοπισμού αξιοποιώντας το σταθμό της Metrica, σε σχέση: α) με τα αποτελέσματα από τη μέθοδο PPP, β) με τις συντεταγμένες από τις μετρήσεις πραγματικού χρόνου και γ) με τις ήδη υπάρχουσες συντεταγμένες των τριγωνομετρικών σημείων (στα σημεία που απέχουν 5 και 50 km από το σταθμό της Metrica). Επιπλέον στόχος είναι η σύγκριση των συντεταγμένων των τριγωνομετρικών σημείων που προέκυψαν με τη μέθοδο VRS RTK αξιοποιώντας τα δίκτυα Metricanet και HEPOS. Τελικός στόχος είναι η σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ των μεθόδων Single Base RTK, VRS RTK και IMAX. Για την εκπόνηση του πειράματος χρησιμοποιήθηκε ο δέκτης Leica GS09 GNSS της σειράς GPS Leica1200+.

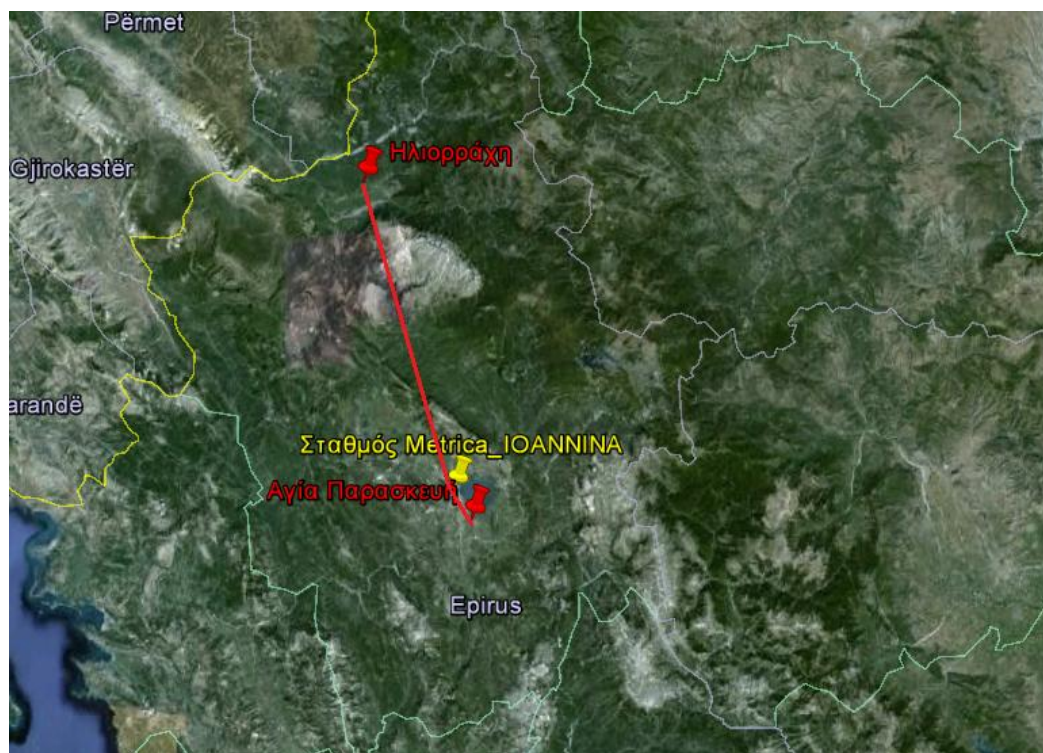
➤ Επιλογή περιοχών μελέτης των τριγωνομετρικών σημείων

Βασική προϋπόθεση για την επιλογή του πρώτου σημείου ήταν να βρίσκεται σε περιοχή εντός της δικτυακής λύσης της Metricanet σε απόσταση 5 km από τον σταθμό αναφοράς των Ιωαννίνων. Όσον αφορά στο τρίτο σημείο πρωταρχικό κριτήριο για την επιλογή του ήταν να βρίσκεται οριακά εκτός της δικτυακής λύσης της Metricanet. Επομένως έπρεπε να επιλεγεί σημείο σε απόσταση 50 km από το σταθμό αναφοράς των Ιωαννίνων αλλά και σε περιοχή όπου το ευρύτερο δίκτυο της Metricanet να είναι αραιό έτσι ώστε να μη βρίσκεται σε μικρότερη απόσταση των 50 km από κάποιο άλλο σταθμό.

Επιπρόσθετα έπρεπε να είναι σταθερά ήδη προϋπάρχοντα σημεία και κατά προτίμηση τριγωνομετρικά μετρημένα από τη Γ.Υ.Σ.. Με αυτό τον τρόπο θα ήταν δυνατή η σύγκριση των αποτελεσμάτων με τις ήδη υπάρχουσες συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ'87.

Επιπλέον οι μετρήσεις με τον δέκτη έπρεπε να πραγματοποιηθούν σε σημεία όπου υπάρχει ανοιχτός ορίζοντας έτσι ώστε να είναι δυνατή η ορατότητα δορυφόρων. Επομένως τα σημεία δε θα έπρεπε να βρίσκονται σε περιοχές με έντονη υψηλή βλάστηση.

Τέλος, όσον αφορά στις μετρήσεις πραγματικού χρόνου, το σημείο που μετράται με τη συμβατική μέθοδο Single Base RTK, όταν απέχει περισσότερο από 15 km από τον κοντινότερο σταθμό, συνήθως η ακρίβεια των αποτελεσμάτων του μειώνεται λόγω συστηματικών σφαλμάτων. Κατά συνέπεια με την επιλογή των σημείων στα 5 και 50 km από τον κοντινότερο σταθμό αντίστοιχα θα μπορούσε να εξεταστεί και η μείωση της ακρίβειας της μεθόδου σε σχέση με την απόσταση.

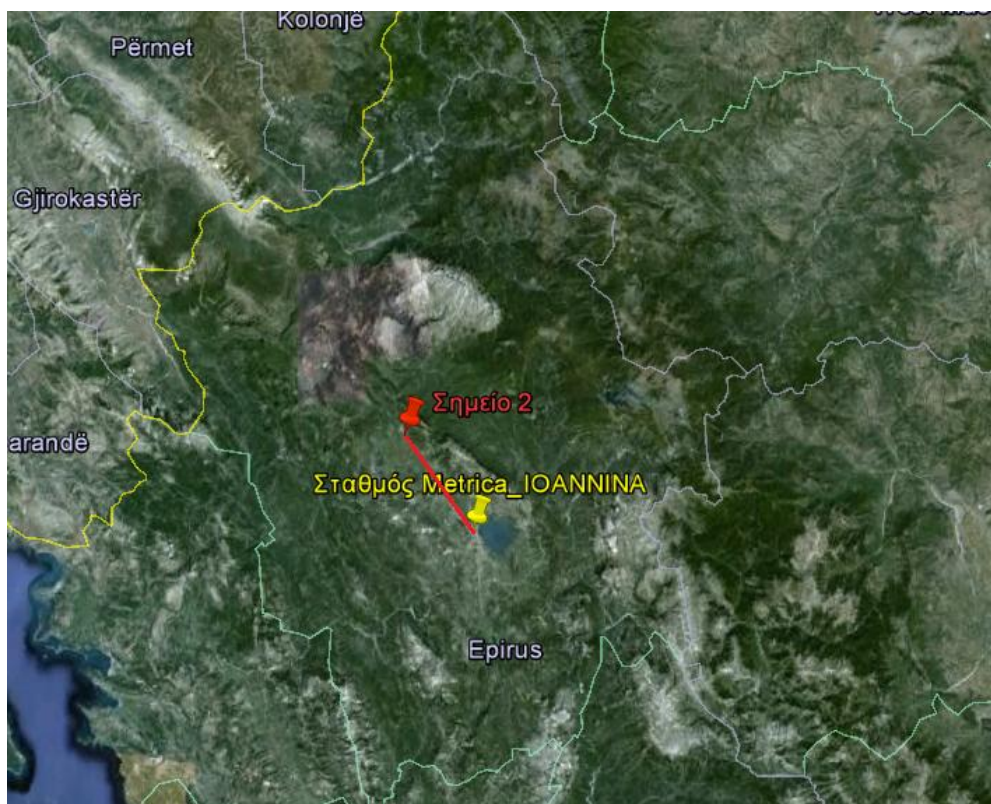


Εικόνα 4.13: Ενδεικτική σχετική θέση των σημείων 1 και 3 ως προς τον κοντινότερο σταθμό του Δικτύου Metricanet.

Σύμφωνα με τα παραπάνω κριτήρια τα τριγωνομετρικά σημεία τα οποία επιλέχθηκαν για την εφαρμογή του συγκεκριμένου πειράματος ήταν το τριγωνομετρικό με όνομα ‘Αγία Παρασκευή’ το οποίο απέχει 5 km από τον σταθμό των Ιωαννίνων και το τριγωνομετρικό με όνομα ‘Ηλιόρραχη’ το οποίο απέχει 50 km από τον σταθμό. Οι αποστάσεις εκτιμήθηκαν από το Google Earth και η ακρίβειά τους κυμαίνεται περίπου στα 5 m. Η εικόνα 4.13 παρουσιάζει την ενδεικτική σχετική θέση των σημείων.

- Επιλογή περιοχής μελέτης του σημείου στα 15 km από το σταθμό

Η περιοχή μελέτης για το σημείο το οποίο απέχει 15 km από τον κοντινότερο σταθμό αναφοράς των Ιωαννίνων επιλέχθηκε να είναι η περιοχή ‘Καρυές’. Η απόσταση μεταξύ του δεύτερου σημείου και του σταθμού αναφοράς στα Ιωάννινα εκτιμάται από το Google Earth και η ακρίβειά της κυμαίνεται στα 5 περίπου m. Στην εικόνα 4.14 παρουσιάζεται η ενδεικτική σχετική θέση των περιοχών.



Εικόνα 4.14: Ενδεικτική σχετική θέση του σημείου 2 ως προς τον κοντινότερο σταθμό του Δικτύου Metricanet.

➤ Διαδικασία μετρήσεων των σημείων

Αρχικά πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις στο σημείο 1 που είναι το τριγωνομετρικό ‘Αγία Παρασκευή’ (Εικόνα 4.15). Η πρώτη προσπάθεια μέτρησης του σημείου έγινε στις 2 / 9 / 2011 η οποία δεν ήταν δυνατή λόγω δυσκολίας να ‘κλειδώσει’ ο δέκτης δορυφόρους. Μετά από αρκετή ώρα παραμονής στο σημείο το πρόβλημα δεν ήταν δυνατό να διευθετηθεί. Έγινε μια προσπάθεια απενεργοποίησης διαθεσιμότητας των δορυφόρων GLONASS σε περίπτωση που υπήρχε μόνο σε αυτούς το πρόβλημα και όχι στους GPS, αλλά χωρίς αποτέλεσμα. Μία πιθανή εξήγηση που μπορεί να δοθεί στο περιστατικό αυτό θα μπορούσε να είναι η προσωρινή εκπομπή συχνοτήτων κάποιου πειρατικού ραδιοφωνικού σταθμού η οποία εμπόδιζε το δέκτη να ‘κλειδώσει’ σήματα GNSS.



Εικόνα 4.15: Τριγωνομετρικό ‘Αγία Παρασκευή’ της ΓΥΣ στα 5 km από το σταθμό της Metricanet στα Ιωάννινα.

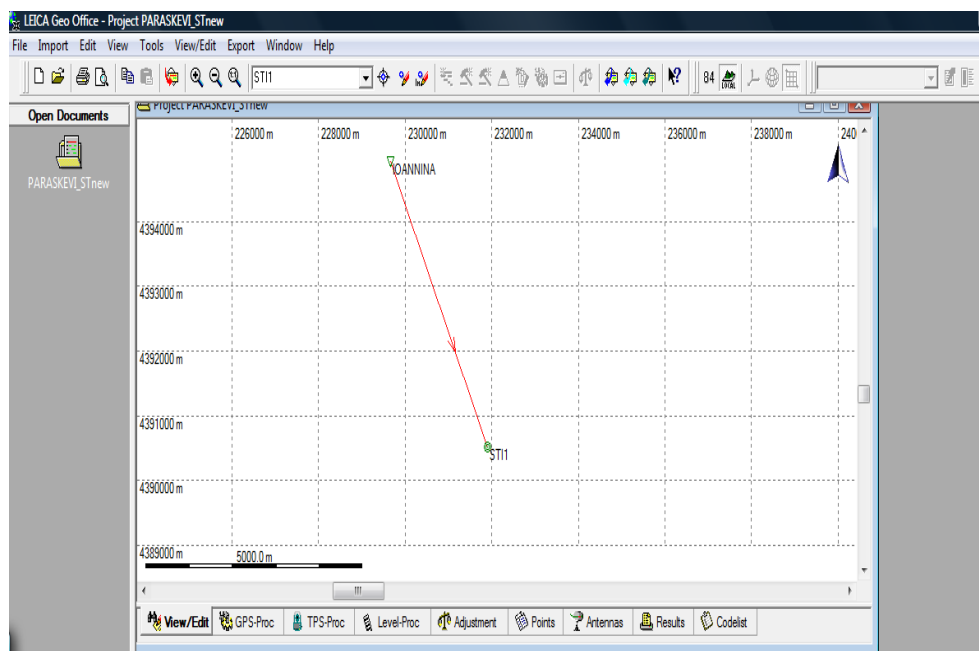
Η δεύτερη προσπάθεια μέτρησης του σημείου έγινε στις 4 / 9 / 2011 στην οποία δεν αντιμετωπίστηκε κανένα απολύτως πρόβλημα. Στην πρώτη φάση έγιναν οι μετρήσεις στατικού εντοπισμού χρησιμοποιώντας τον δέκτη GS09 GNSS και έγιναν οι απαραίτητες ρυθμίσεις μέσω του χειριστηρίου για στατικό εντοπισμό με σταθερό δέκτη τον σταθμό αναφοράς της Metricanet στα Ιωάννινα (Κεφάλαιο 3). Ο χρόνος παραμονής στο σημείο ήταν 30 min με χρόνο καταγραφής των παρατηρήσεων κάθε 15 sec. Όσον αφορά στον προσδιορισμό του υψομέτρου του σημείου έγινε καταγραφή του ύψους του δέκτη μέσα από το χειριστήριο (το ύψος της κεραίας

μετρήθηκε από το σημείο που βιδώνει ο δέκτης μέχρι τη βάση του βάθρου) (Εικόνα 4.16).



Εικόνα 4.16: Μέτρηση στατικού εντοπισμού στο τριγωνομετρικό σημείο “Άγια Παρασκευή”.

Η εικόνα 4.17 δείχνει τη βάση μεταξύ του τριγωνομετρικού σημείου (ST11) και του σταθμού αναφοράς στα Ιωάννινα.



Εικόνα 4.17: Βάση του τριγωνομετρικού σημείου “Άγια Παρασκευή” (ST11) προς τον σταθμό αναφοράς Ιωαννίνων σε περιβάλλον LGO.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε απόλυτος εντοπισμός θέσης με την τεχνική PPP. Ο χρόνος παραμονής στο σημείο ήταν 5 ώρες και ο ρυθμός καταγραφής των ανεπεξέργαστων παρατηρήσεων ήταν 15 sec.

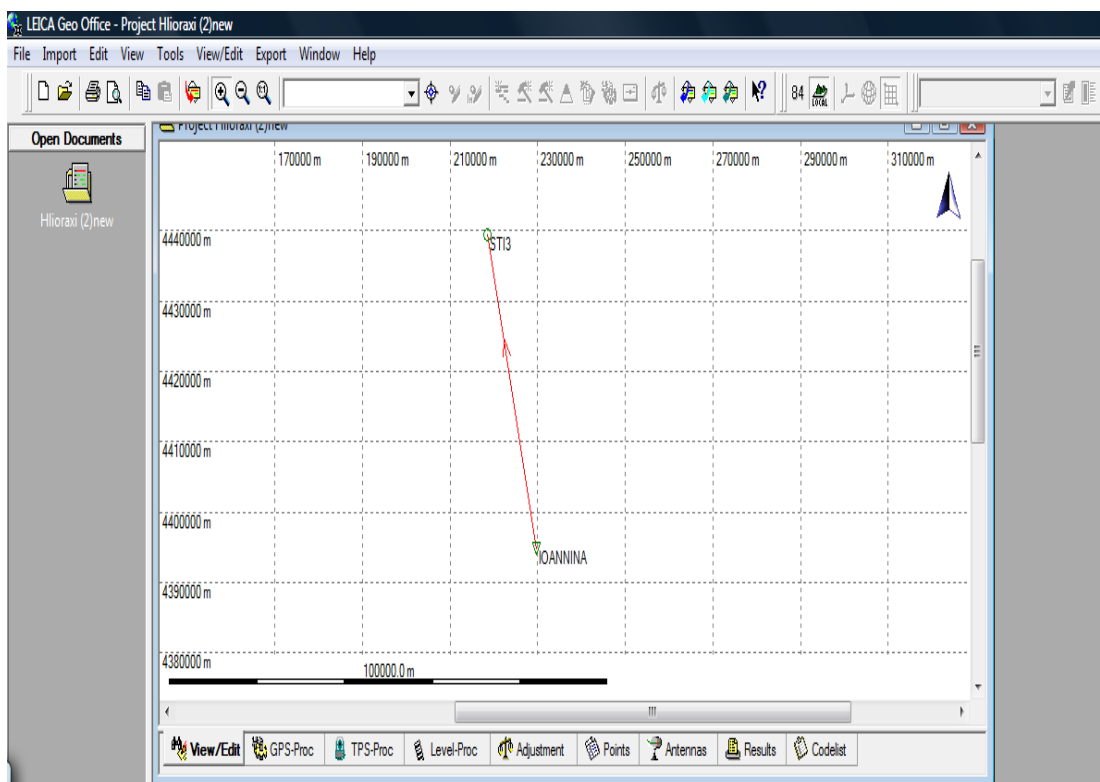
Τέλος, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις πραγματικού χρόνου με τις τεχνικές Single Base RTK, VRS RTK και IMAX αφού έγιναν οι απαραίτητες ρυθμίσεις μέσω του χειριστηρίου για την κάθε μέθοδο (Κεφάλαιο 3). Για κάθε μέθοδο πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις οι οποίες διήρκεσαν 5, 15 και 30 sec με ρυθμό καταγραφής 1 sec.

Επόμενο βήμα ήταν η μέτρηση του τριγωνομετρικού σημείου "Ηλιόρραχη" που βρίσκεται οριακά εκτός του δικτύου Metricanet στα 50 km από τον σταθμό στα Ιωάννινα (Εικόνα 4.18).



Εικόνα 4.18: Τριγωνομετρικό "Ηλιόρραχη" της ΓΥΣ στα 50 km από το σταθμό της Metricanet στα Ιωάννινα.

Αρχικά πραγματοποιήθηκε η μέτρηση με την τεχνική του στατικού εντοπισμού για διάρκεια 30 min με ρυθμό καταγραφής 15 sec. Ακολουθεί η εικόνα της βάσης του σημείου από το σταθμό των Ιωαννίνων.



Εικόνα 4.19: Βάση του τριγωνομετρικού σημείου ‘‘Ηλιόρραχη’’ (STI3) προς τον σταθμό αναφοράς Ιωαννίνων σε περιβάλλον LGO.



Εικόνα 4.20: Μέτρηση PPP στο τριγωνομετρικό σημείο ‘‘Ηλιόρραχη’’.

Στη συνέχεια υλοποιήθηκε η τεχνική PPP η οποία διήρκεσε 5 ώρες με ρυθμό καταγραφής παρατηρήσεων ίδιο με αυτόν του στατικού εντοπισμού (Εικόνα 4.20).

Τελευταίο στάδιο ήταν οι μετρήσεις RTK με τις μεθόδους Single Base RTK, VRS RTK και IMAX. Ομοίως οι μετρήσεις σε κάθε τεχνική είχαν διάρκεια 5, 15 και 30 sec και ρυθμό καταγραφής 1 sec.

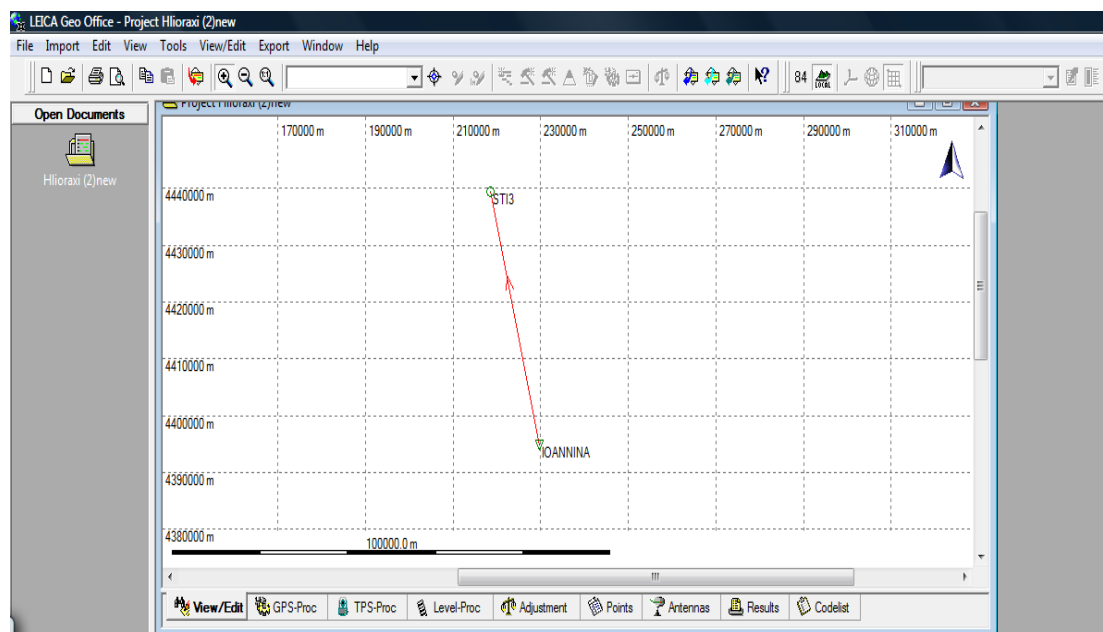
Το σημείο 2 βρίσκεται 15 km από τον σταθμό αναφοράς της Metricanet στα Ιωάννινα. Είναι ένα κολωνάκι το οποίο αν και κατεστραμμένο λόγω της τοποθεσίας που βρίσκεται προσφέρεται για την αποτύπωση περιοχών στο χωριό Καρυές και χρησιμοποιείται ευρέως στα πλαίσια απλών τοπογραφικών εργασιών (Εικόνα 4.21).



Εικόνα 4.21: Σημείο στα 15 km από το σταθμό της Metricanet στα Ιωάννινα.

Όπως φαίνεται από την παραπάνω εικόνα, εξαιτίας της φθοράς του βάθρου του σημείου από την πάροδο των χρόνων και της έλλειψης μεταλλικής βάσης ή τρίποδα η οριζοντίωση του σημείου ήταν πάρα πολύ δύσκολη.

Πρώτο στάδιο ήταν η εφαρμογή της τεχνικής στατικού εντοπισμού στο σημείο για διάρκεια 30 min και ομοίως με τα υπόλοιπα σημεία με ρυθμό καταγραφής των ανεπεξέργαστων παρατηρήσεων κάθε 15 sec. Ακολουθεί εικόνα με τη βάση του σημείου προς τον σταθμό της Metricanet στα Ιωάννινα.



Εικόνα 4.22: Βάση του σημείου (STI2) προς τον σταθμό αναφοράς Ιωαννίνων σε περιβάλλον LGO.

Ακολούθως εφαρμόστηκε η τεχνική PPP η οποία ομοίως με τα υπόλοιπα σημεία διήρκεσε 5 ώρες. Δεν προέκυψε κανένα πρόβλημα με την οριζοντίωση του σημείου αφού η παραμονή δίπλα από το δέκτη ήταν αδιάλειπτη έτσι ώστε να ελέγχεται διαρκώς. Σε αυτό βοήθησαν αφενός οι καιρικές συνθήκες αφού επικρατούσε πλήρης άπνοια αλλά και το γεγονός ότι το βάθρο εφόσον ήταν θαμμένο, βρισκόταν πολύ χαμηλά στο έδαφος.

Τέλος, όσον αφορά στις μετρήσεις πραγματικού χρόνου, υλοποιήθηκε μόνο η μέθοδος Single Base RTK κατόπιν πολλών προσπαθειών και παραμονής στο σημείο για αρκετή ώρα. Η τεχνική πραγματοποιήθηκε για διάρκειες 5 και 30 sec. Η μέτρηση η οποία είχε διάρκεια 15 sec πραγματοποιούνταν με ακρίβεια 30 cm επομένως ήταν προβληματική και κανονικά έπρεπε να απορριφθεί. Παρόλα αυτά λήφθηκε για εκπαιδευτικούς σκοπούς εφόσον τα DOP ήταν πολύ καλά. Όσον αφορά στις μεθόδους δικτυακής επίλυσης δεν ήταν δυνατή η μέτρησή τους. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στις 3 / 9 / 2011. Στις 4 / 9 / 2011 έγινε και δεύτερη προσπάθεια μέτρησης του σημείου με όλες τις μεθόδους RTK οι οποίες ήταν όλες αποτυχημένες. Ο λόγος ήταν η αδύνατη αποστολή δεδομένων από το υπολογιστικό κέντρο και το πρόβλημα σύνδεσης με το "NTRIP CASTER". Πιθανολογείται ότι στη συγκεκριμένη περιοχή υπήρχε πρόβλημα με το GPRS.

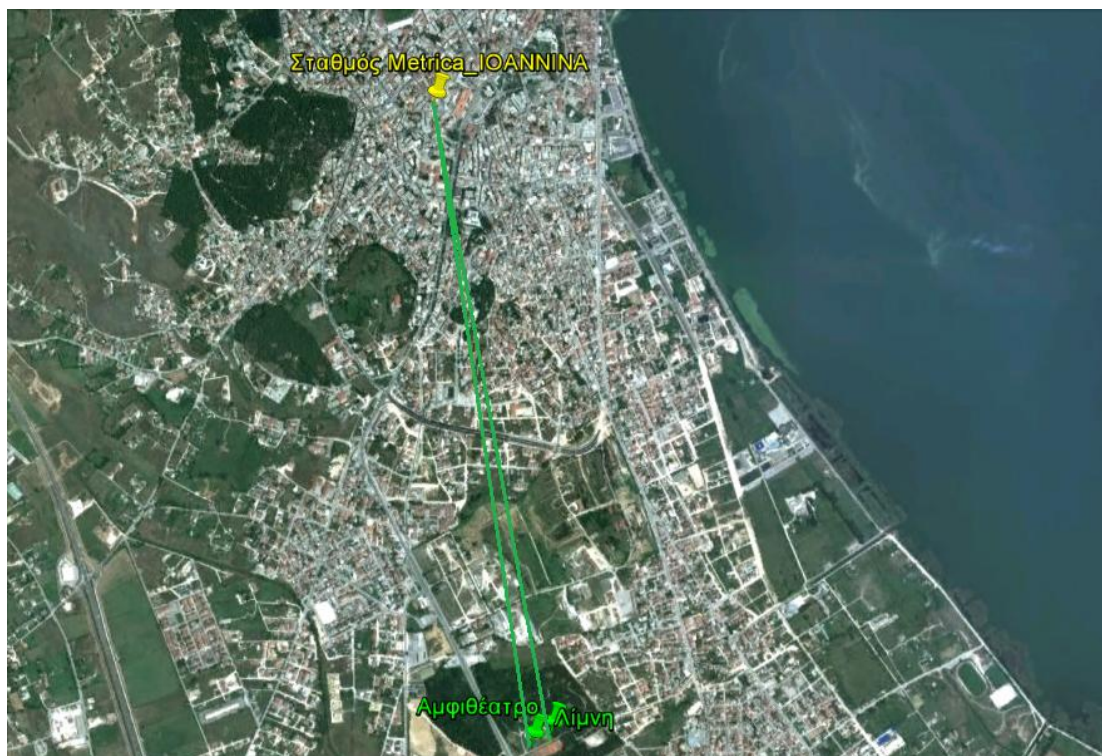
Ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας με τις μεθόδους μέτρησης πραγματικού χρόνου που πραγματοποιήθηκαν για τα σημεία στα Ιωάννινα και κάποια βασικά χαρακτηριστικά τους:

| ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ | ΣΗΜΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ | ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ(Για κάθε σημείο) | ΡΥΘΜΟΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ | ΔΙΚΤΥΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ |
|------------------|-----------------|--|-------------------|-----------------------|
| Single Base RTK | 1, 2, 3 | 5, 15, 30 sec | 1 sec | Nearest (κοντινότερο) |
| VRS RTK | 1, 3 | 5, 15, 30 sec | 1 sec | VRS |
| IMAX RTK | 1, 3 | 5, 15, 30 sec | 1 sec | IMAX (μέγιστο) |

Πίνακας 4.3: Βασικά χαρακτηριστικά των μετρήσεων πραγματικού χρόνου για τα σημεία στα Ιωάννινα.

4.3.4 Αποτύπωση αμφιθεατρικού χώρου και τεχνητής λίμνης στην περιοχή Γιαννιώτικο Σαλόι.

Το τελευταίο πείραμα πραγματεύεται την αποτύπωση αμφιθεατρικού χώρου και τεχνητής λίμνης στην περιοχή Γιαννιώτικο Σαλόι. Η περιοχή αυτή βρίσκεται εντός της δικτυακής λύσης της Metricanet (Εικόνα 4.23). Σχετικά με τις μετρήσεις GNSS, πραγματοποιήθηκαν μέθοδοι πραγματικού χρόνου. Ο αμφιθεατρικός χώρος μετρήθηκε με Single Base RTK και η τεχνητή λίμνη με τις μεθόδους Single Base RTK, VRS RTK και IMAX. Στόχος του πειράματος η πλήρης αποτύπωση του αμφιθεατρικού χώρου και η σύγκριση των διαφορών των μεθόδων RTK που εφαρμόστηκαν σε σημεία της τεχνητής λίμνης. Για την εκπόνηση των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε ο δέκτης GS09 Leica 1200+ GNSS.



Εικόνα 4.23: Ενδεικτική σχετική θέση της περιοχής Γιαννιώτικο Σαλόνι ως προς τον Σταθμό Ιωαννίνων της Metricanet.

➤ Διαδικασία μετρήσεων

Αρχικά έγινε η αποτύπωση του αμφιθεατρικού χώρου με τη συμβατική τεχνική Single Base RTK. Ο κινητός δέκτης τοποθετήθηκε σε στυλέο και έγιναν οι απαραίτητες ρυθμίσεις μέσω του χειριστηρίου (Κεφάλαιο 3). Η χρονική διάρκεια μέτρησης κάθε σημείου ήταν 5 sec και πριν την εκκίνηση δόθηκε ανοχή από το χειριστήριο 5 cm που είναι ανεκτό όριο στα πλαίσια μιας αποτύπωσης. Στην εικόνα 4.24 απεικονίζεται ο αμφιθεατρικός χώρος στην περιοχή.



Εικόνα 4.24: Αμφιθεατρικός χώρος στην περιοχή Γιαννιώτικο Σαλόني.

Όπως φαίνεται από την παραπάνω εικόνα η περιοχή η οποία βρίσκεται σε κύκλο εξαιτίας της έντονης και ψηλής βλάστησης δεν ήταν δυνατό να αποτυπωθεί. Γι' αυτό το λόγο για τα σημεία αυτά μετρήθηκαν οι αποστάσεις από ήδη μετρημένα σημεία. Το σημείο 7 μετρήθηκε, όμως με χαμηλότερη ακρίβεια. Τη στιγμή της μέτρησης η τρισδιάστατη ποιότητα θέσης του ήταν 6 cm και εξαιτίας της μικρής απόκλισης από το αρχικό όριο των 5 cm που είχε αρχικά οριστεί πραγματοποιήθηκε η μέτρησή του.



Εικόνα 4.25: Τεχνητή λίμνη στην περιοχή Γιαννιώτικο Σαλόني.

Σε δεύτερη φάση πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στην ίδια περιοχή με τις μεθόδους Single Base RTK, VRS και IMAX. Τα σημεία που αποτυπώθηκαν και με τις τρεις μεθόδους ήταν τα σημεία που όριζαν το μικρό και μεγάλο ημιάξονα, αφού η τεχνητή λίμνη είχε σχήμα ελλειψοειδές (Εικόνα 4.25). Η χρονική διάρκεια μέτρησης κάθε σημείου ήταν 5 sec.

Ο κινητός δέκτης τοποθετήθηκε σε στυλεό και έγιναν οι απαραίτητες ρυθμίσεις από το χειριστήριο για τις μεθόδους RTK που χρησιμοποιήθηκαν (Κεφάλαιο 3) (Εικόνα 4.26).



Εικόνα 4.26: Μέτρηση με τη μέθοδο IMAX σε σημείο που ορίζει το μεγάλο ημιάξονα της τεχνητής λίμνης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

5.1 Εισαγωγή

Μετά τη διαδικασία των μετρήσεων πεδίου ακολούθησε το στάδιο της επεξεργασίας των δεδομένων και της ανάλυσης των αποτελεσμάτων. Όσον αφορά στην επεξεργασία των δεδομένων GNSS χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Leica Geo Office. Με τη βοήθεια αυτού έγινε επίλυση των ανεξάρτητων βάσεων των μετρούμενων σημείων. Επίσης έγινε μετατροπή συντεταγμένων των σημείων από το WGS'84 στο ΕΓΣΑ'87 τόσο μέσω παραμέτρων για όλη τη χώρα όσο και με χρήση τοπικών παραμέτρων. Σχετικά με την επεξεργασία των δεδομένων από ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό, ο προσδιορισμός των συντεταγμένων των χαρακτηριστικών σημείων της αποτύπωσης αναφέρεται στο προβολικό του ΕΓΣΑ'87.

5.2 Ανάλυση διαδικασίας επεξεργασίας δεδομένων

5.2.1 Επεξεργασία μετρήσεων GNSS

Οι μετρήσεις GNSS περιλαμβάνουν δεδομένα τόσο από τον στατικό εντοπισμό όσο και από τις μετρήσεις πραγματικού χρόνου. Τα χειριστήρια των δεκτών περιέχουν μια αποθηκευτική κάρτα (CF card) όπου αποθηκεύονται τα αρχεία των μετρήσεων.

Όσον αφορά στον στατικό εντοπισμό, τα στάδια που ακολουθήθηκαν προκειμένου να γίνει προσδιορισμός συντεταγμένων των σημείων απευθείας στο ΕΓΣΑ'87 είναι τα εξής:

- Μεταβίβαση αρχείων μετρήσεων στατικού εντοπισμού από το σταθερό και κινητό δέκτη στον ηλεκτρονικό υπολογιστή.
- Παραγγελία αρχείου RINEX και συντεταγμένων του σημείου που ήταν στημένος ο δέκτης αναφοράς (base). Οι συντεταγμένες προσδιορίστηκαν από το δίκτυο σταθμών αναφοράς της Metricanet.
- Μέσα από το λογισμικό LGO έγινε επεξεργασία των αρχείων κι επίλυση των ανεξάρτητων βάσεων των μετρηθέντων σημείων.

- Μετασχηματισμός συντεταγμένων με τη βοήθεια παραμέτρων και συντελεστών μέσα από το λογισμικό. Ο μετασχηματισμός έγινε με και χωρίς τοπικούς μετασχηματισμούς.

Οι μετρήσεις πραγματικού χρόνου περιλαμβάνουν τις μεθόδους: Single Base RTK, I MAX RTK και VRS RTK.

Όσον αφορά στον προσδιορισμό των συντεταγμένων με τις παραπάνω μεθόδους ακολουθήθηκαν τα εξής βήματα:

- Μεταβίβαση αρχείων των μετρήσεων μέσω της CF card από το χειριστήριο του κινητού δέκτη (rover) στον ηλεκτρονικό υπολογιστή.
- Μετασχηματισμός συντεταγμένων από WGS'84 σε ΕΓΣΑ'87. Πραγματοποιήθηκε χωρίς τοπικούς μετασχηματισμούς (το σύστημα ονομάστηκε αυθαίρετα ΕΓΣΑ) και με τοπικούς μετασχηματισμούς (το σύστημα είναι ΕΓΣΑ'87 και ονομάστηκε αυθαίρετα ΕΓΣΑ_Metrica).

Ο υπολογισμός των συντεταγμένων με τη μέθοδο PPP περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια:

- Μεταβίβαση αρχείου μέτρησης από το χειριστήριο του κινητού δέκτη στον ηλεκτρονικό υπολογιστή.
- Με τη βοήθεια του LGO μετατροπή του αρχείου σε μορφή RINEX.
- Αποστολή μέσω mail σε δύο online κέντρα επεξεργασίας:
 - i) CSRS (Canadian Spatial Reference System)
 - ii) AUSPOS
- Υπολογισμός συντεταγμένων των ζητούμενων σημείων και αποστολή από τα κέντρα επεξεργασίας των αποτελεσμάτων.

5.2.2 Επεξεργασία μετρήσεων με Γεωδαιτικό Σταθμό

Η αποτύπωση στην περιοχή της Αθήνας έγινε αφενός με δέκτη GNSS και αφετέρου με γεωδαιτικό σταθμό. Οι συντεταγμένες των στάσεων της όδευσης ήταν γνωστές μετά από μέτρηση με GPS + GLONASS με τις μεθόδους στατικό εντοπισμό, VRS RTK και Single Base RTK. Τα μετρηθέντα στοιχεία των χαρακτηριστικών σημείων ήταν οριζόντιες και κατακόρυφες γωνίες, ύψη στόχου

και οργάνου και κεκλιμένες αποστάσεις. Με τη βοήθεια excel ταχυμετρίας προσδιορίστηκαν οι συντεταγμένες των ζητούμενων σημείων σε ΕΓΣΑ'87.

5.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων των μετρήσεων στην Αθήνα

5.3.1 Αξιολόγηση μετρήσεων πάρκινγκ Πολυτεχνειούπολης

- Σύγκριση αποτελεσμάτων στατικού εντοπισμού με μεθόδους πραγματικού χρόνου

Χρησιμοποιώντας το λογισμικό Leica Geo Office προέκυψαν τα αποτελέσματα του πίνακα 5.1 που αφορά την επίλυση των βάσεων στατικού εντοπισμού και τις μετρήσεις Real Time (RT) από το σταθμό αναφοράς της Metrica στη Μεταμόρφωση. Ο πίνακας που ακολουθεί περιλαμβάνει τις καρτεσιανές συντεταγμένες των σημείων και τις διαφορές των καρτεσιανών συντεταγμένων του στατικού εντοπισμού από τις μεθόδους πραγματικού χρόνου σε σύστημα WGS'84.

Στον πίνακα αναφέρεται η μέθοδος μέτρησης, η ονομασία των σημείων όπως τέθηκε κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, οι καρτεσιανές συντεταγμένες των σημείων σε σύστημα WGS'84 και οι διαφορές των συντεταγμένων του στατικού εντοπισμού από τις μεθόδους πραγματικού χρόνου. Η ονομασία για τις μετρήσεις πραγματικού χρόνου έχει ως εξής: αρχικά γράφεται η μέθοδος μέτρησης, το πρώτο ψηφίο αναφέρεται στο σημείο που μετρήθηκε και τα δύο τελευταία στη χρονική διάρκεια της μέτρησης σε sec. Οι συντεταγμένες των σημείων όπως φαίνεται από τον πίνακα είναι σε WGS'84 και η μόνη αλλαγή που έγινε μέσα από το LGO ήταν η μετατροπή από γεωδαιτικές σε καρτεσιανές.

Από τον παρακάτω πίνακα παρατηρείται ότι οι διαφορές του στατικού εντοπισμού από τη μέθοδο Single Base RTK κυμαίνονται από 0,1 - 4 mm στις τετμημένες X, 0,3 mm - 1,6 cm στις τεταγμένες Y και από 9 mm - 4,4 cm στα Z. Οι διαφορές του στατικού εντοπισμού από τη μέθοδο IMAX RTK κυμαίνονται από 2,7 - 4,8 cm στις τετμημένες X, 9 mm - 2,1 cm στις τεταγμένες Y και από 1,4 - 3,4 cm στα υψόμετρα Z. Οι διαφορές από τη μέθοδο VRS RTK κυμαίνονται από 3 mm - 3,8 cm στις τετμημένες X, 0 - 3 cm στις τεταγμένες Y και από 5 mm - 5,7 cm στα Z.

| Method | Point Id | X (m) | Y (m) | Z (m) | ΔX (m) | ΔY (m) | ΔZ (m) |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|----------------|----------------|
| STATIC | ST1 | 4606497.113 | 2029892.055 | 3903896.297 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | ST2 | 4606480.471 | 2029909.624 | 3903907.903 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | ST3 | 4606484.041 | 2029883.843 | 3903916.720 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| SingleBase | RTK105 | 4606497.140 | 2029892.055 | 3903896.301 | -0.027 | 0.000 | -0.005 |
| RTK | RTK115 | 4606497.138 | 2029892.055 | 3903896.307 | -0.025 | 0.000 | -0.010 |
| | RTK130 | 4606497.149 | 2029892.071 | 3903896.308 | -0.036 | -0.016 | -0.011 |
| | RTK205 | 4606480.482 | 2029909.629 | 3903907.863 | -0.011 | -0.005 | 0.040 |
| | RTK215 | 4606480.480 | 2029909.633 | 3903907.859 | -0.009 | -0.008 | 0.044 |
| | RTK230 | 4606480.479 | 2029909.633 | 3903907.860 | -0.008 | -0.008 | 0.043 |
| | RTK305 | 4606484.039 | 2029883.847 | 3903916.703 | 0.002 | -0.004 | 0.017 |
| | RTK315 | 4606484.035 | 2029883.845 | 3903916.703 | 0.006 | -0.002 | 0.016 |
| | RTK330 | 4606484.036 | 2029883.844 | 3903916.711 | 0.005 | -0.001 | 0.009 |
| | IMAX | IMAX105 | 4606497.140 | 2029892.061 | 3903896.315 | -0.027 | -0.006 |
| RTK | IMAX115 | 4606497.136 | 2029892.060 | 3903896.312 | -0.024 | -0.005 | -0.015 |
| | IMAX130 | 4606497.140 | 2029892.064 | 3903896.313 | -0.027 | -0.009 | -0.016 |
| | IMAX205 | 4606480.429 | 2029909.594 | 3903907.885 | 0.043 | 0.030 | 0.017 |
| | IMAX215 | 4606480.424 | 2029909.590 | 3903907.889 | 0.048 | 0.035 | 0.014 |
| | IMAX230 | 4606480.469 | 2029909.630 | 3903907.876 | 0.003 | -0.005 | 0.027 |
| | IMAX305 | 4606484.015 | 2029883.828 | 3903916.686 | 0.026 | 0.015 | 0.034 |
| | IMAX315 | 4606484.019 | 2029883.829 | 3903916.691 | 0.022 | 0.014 | 0.029 |
| | IMAX330 | 4606484.023 | 2029883.829 | 3903916.686 | 0.018 | 0.014 | 0.034 |
| | VRS | VRS105 | 4606497.109 | 2029892.024 | 3903896.284 | 0.004 | 0.030 |
| RTK | VRS115 | 4606497.114 | 2029892.033 | 3903896.288 | -0.001 | 0.022 | 0.009 |
| | VRS130 | 4606497.106 | 2029892.031 | 3903896.292 | 0.007 | 0.024 | 0.005 |
| | VRS205 | 4606480.474 | 2029909.609 | 3903907.885 | -0.003 | 0.015 | 0.017 |
| | VRS215 | 4606480.472 | 2029909.607 | 3903907.881 | 0.000 | 0.018 | 0.021 |
| | VRS230 | 4606480.460 | 2029909.609 | 3903907.873 | 0.012 | 0.016 | 0.029 |
| | VRS305 | 4606484.024 | 2029883.836 | 3903916.705 | 0.016 | 0.007 | 0.015 |
| | VRS315 | 4606484.020 | 2029883.831 | 3903916.697 | 0.021 | 0.012 | 0.023 |
| | VRS330 | 4606484.003 | 2029883.813 | 3903916.663 | 0.038 | 0.030 | 0.057 |

Πίνακας 5.1: Καρτεσιανές συντεταγμένες των σημείων και διαφορές καρτεσιανών συντεταγμένων στατικού εντοπισμού από μεθόδους πραγματικού χρόνου σε σύστημα WGS'84.

Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει τα RMS των διαφορών των καρτεσιανών συντεταγμένων στατικού εντοπισμού από μετρήσεις με μεθόδους πραγματικού χρόνου στο WGS'84.

| | RMS ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΑΠΟ ΣΤΑΤΙΚΟ | Single Base RTK | IMAX RTK | VRS RTK |
|-----------------|---------------------------------|------------------------|-----------------|----------------|
| ΣΗΜΕΙΟ 1 | RMS(ΔX) (m) | 0.0364 | 0.0316 | 0.0056 |
| | RMS(ΔY) (m) | 0.0116 | 0.0086 | 0.0315 |
| | RMS(ΔZ) (m) | 0.0111 | 0.0201 | 0.0114 |
| ΣΗΜΕΙΟ 2 | RMS(ΔX) (m) | 0.0114 | 0.0452 | 0.0086 |
| | RMS(ΔY) (m) | 0.0088 | 0.0327 | 0.0198 |
| | RMS(ΔZ) (m) | 0.0517 | 0.0246 | 0.0285 |
| ΣΗΜΕΙΟ 3 | RMS(ΔX) (m) | 0.0054 | 0.0269 | 0.0326 |
| | RMS(ΔY) (m) | 0.0029 | 0.0177 | 0.0237 |
| | RMS(ΔZ) (m) | 0.0179 | 0.0398 | 0.0444 |

Πίνακας 5.2: RMS διαφορών καρτεσιανών συντεταγμένων στο WGS'84 στατικού εντοπισμού από μεθόδους RT ανάλογα με τη μέθοδο μέτρησης.

Με βάση τον πίνακα 5.2 το ελάχιστο σφάλμα στις τετμημένες X παρατηρείται στη μέθοδο Single Base RTK στο σημείο 3 και το μέγιστο στη μέθοδο Single Base RTK στο σημείο 1. Στις τεταγμένες Y το ελάχιστο σφάλμα παρουσιάζεται στη μέθοδο Single Base RTK στο σημείο 3 και το μέγιστο στη μέθοδο IMAX RTK στο σημείο 2. Στα υψόμετρα Z το ελάχιστο σφάλμα βρίσκεται στο σημείο 1 στη μέθοδο Single Base RTK και το μέγιστο στη μέθοδο VRS RTK στο σημείο 3. Η μέση τιμή στη μέθοδο Single Base RTK στις τετμημένες ΔX είναι 1,77 cm, στις τεταγμένες ΔY είναι 0,78 cm και στα υψόμετρα ΔZ είναι 2,69 cm. Η μέση τιμή στη μέθοδο IMAX RTK στις τετμημένες ΔX είναι 3,46 cm, στις τεταγμένες ΔY είναι 1,97 cm και στα υψόμετρα ΔZ είναι 2,82 cm. Η μέση τιμή στη μέθοδο VRS RTK στις τετμημένες ΔX είναι 1,56 cm, στις τεταγμένες ΔY είναι 2,5 cm και στα υψόμετρα ΔZ είναι 2,81 cm.

Αφού έγιναν συγκρίσεις για τις διαφορές ανάλογα με τις μεθόδους μέτρησης στατικού εντοπισμού και πραγματικού χρόνου επόμενο βήμα είναι η σύγκριση των διαφορών ανάλογα με τη χρονική διάρκεια των μετρήσεων. Ο στατικός εντοπισμός διήρκεσε 30 min και οι μετρήσεις Real Time (RT) εκτελέστηκαν για 5, 15 και 30 sec. Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει αυτές τις διαφορές:

| ΜΕΘΟΔΟΣ | ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec) | RMS (ΔX) (m) | RMS (ΔY) (m) | RMS (ΔZ) (m) |
|------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| SingleBase | 5 | 0.0206 | 0.0042 | 0.0309 |
| RTK | 15 | 0.0194 | 0.0059 | 0.0338 |
| | 30 | 0.0261 | 0.0130 | 0.0319 |
| IMAX | 5 | 0.0399 | 0.0244 | 0.0298 |
| RTK | 15 | 0.0406 | 0.0266 | 0.0253 |
| | 30 | 0.0229 | 0.0124 | 0.0326 |
| VRS | 5 | 0.0119 | 0.0245 | 0.0184 |
| RTK | 15 | 0.0146 | 0.0217 | 0.0229 |
| | 30 | 0.0285 | 0.0295 | 0.0453 |

Πίνακας 5.3: RMS διαφορών καρτεσιανών συντεταγμένων στατικού εντοπισμού από μεθόδους RT στο WGS'84 ανάλογα με τη χρονική διάρκεια μέτρησης.

Με βάση τον πίνακα 5.3 το ελάχιστο σφάλμα στις τετμημένες X παρατηρείται στη μέθοδο VRS RTK για χρονική διάρκεια 5 sec και το μέγιστο στη μέθοδο IMAX RTK για χρονική διάρκεια 15 sec. Στις τεταγμένες Y το ελάχιστο σφάλμα παρουσιάζεται στη μέθοδο Single Base RTK για $\Delta t = 5$ sec και το μέγιστο στη μέθοδο VRS RTK για $\Delta t = 30$ sec. Στα υψόμετρα Z το ελάχιστο σφάλμα βρίσκεται στη μέθοδο VRS RTK για $\Delta t = 5$ sec και το μέγιστο στη μέθοδο VRS RTK για χρονική διάρκεια 30 sec. Συμπερασματικά, από τη συγκεκριμένη εφαρμογή προκύπτει ότι δεν παίζει σημαντικό ρόλο όταν η χρονική διάρκεια των μεθόδων πραγματικού χρόνου διαφοροποιείται στα 5, 15 και 30 sec.

Η μέθοδος static εξαιτίας του ότι είναι μέθοδος μετ' επεξεργασίας (post processing) θεωρείται ακριβέστερη από τις μεθόδους πραγματικού χρόνου και σύμφωνα με αυτό το κριτήριο έγινε η συγκριση των αποτελεσμάτων. Επειδή τα αποτελέσματα έχουν προκύψει από τις μετρήσεις τριών μόνο σημείων, συνεπώς δεν είναι αρκετά για να οδηγήσουν σε ασφαλή και αξιόπιστα συμπεράσματα για το ποια από τις τρεις μεθόδους πραγματικού χρόνου προσεγγίζει περισσότερο αυτή του στατικού εντοπισμού.

Στη συνέχεια έγινε ο μετασχηματισμός των συντεταγμένων μέσω του λογισμικού LGO από το σύστημα WGS'84 στο σύστημα ΕΓΣΑ_Metrica (ΕΓΣΑ'87, έχει γίνει εισαγωγή των τοπικών μετασχηματισμών). Έτσι προέκυψαν οι ακόλουθοι πίνακες που περιέχουν: τις συντεταγμένες των σημείων στο σύστημα ΕΓΣΑ'87 και τις διαφορές των συντεταγμένων του στατικού εντοπισμού από τις μεθόδους RT

(Πίνακας Β.1.1), τα RMS των διαφορών των συντεταγμένων στατικού εντοπισμού από μεθόδους RT ανάλογα με τη μέθοδο μέτρησης (Πίνακας Β.1.2) και τη χρονική διάρκεια των μετρήσεων (Πίνακας Β.1.3). Οι εν λόγω πίνακες βρίσκονται στο Παράρτημα Β1.

➤ Σύγκριση αποτελεσμάτων στατικού εντοπισμού με μέθοδο PPP

Ένα από τα σημεία του πάρκινγκ στην Πολυτεχνειούπολη μετρήθηκε επιπλέον και με τη μέθοδο απόλυτου εντοπισμού PPP. Από το online κέντρο επεξεργασίας AUSPOS τα αποτελέσματα εξήχθησαν αρχικά στο πλαίσιο ITRF'05 (Ιούνιος, 2011) και κατόπιν μεταγενέστερης αποστολής δύο μηνών αργότερα στο ITRF'08 (Αύγουστος, 2011). Η υπηρεσία CSRS έστειλε τα αποτελέσματα στο πλαίσιο ITRF'08 (Πίνακας 5.4).

Η διαφορά του στατικού εντοπισμού από τη μέθοδο PPP για το σημείο 3 από την υπηρεσία AUSPOS είναι: 43,9 cm στο ΔX σε ITRF'05 και 43 cm σε ITRF'08, 20 cm στο ΔY σε ITRF'05 και 19,8 cm σε ITRF'08, 31,2 cm στο ΔZ σε ITRF'05 και 30,9 cm σε ITRF'08. Από την υπηρεσία CSRS παρατηρήθηκαν διαφορές 11,8 cm στο ΔX, 4,8 cm στο ΔY και 3,9 cm στο ΔZ.

| Method | X (m) | Y (m) | Z (m) | ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΝΑΦΟ ΡΑΣ | ΔX (m) | ΔY (m) | ΔZ (m) |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|
| STATIC | 4606484.041 | 2029883.843 | 3903916.720 | | 0 | 0 | 0 |
| PPP | | | | | | | |
| AUSPOS | 4606484.479 | 2029884.043 | 3903917.032 | ITRF '05 | - | - | - |
| | 4606484.470 | 2029884.041 | 3903917.029 | ITRF '08 | 0.439 | 0.200 | 0.312 |
| PPP | | | | | | | |
| CSRS | 4606484.158 | 2029883.891 | 3903916.759 | ITRF '08 | - | - | - |
| | | | | | 0.118 | 0.048 | 0.039 |

Πίνακας 5.4: Καρτεσιανές συντεταγμένες σημείου του πάρκινγκ στο WGS'84 και διαφορές συντεταγμένων μεταξύ επιλύσεων στατικού εντοπισμού και PPP.

➤ Σύγκριση αποτελεσμάτων μετρήσεων των μεθόδων RTK

Επιπρόσθετα έγινε σύγκριση των μεθόδων μέτρησης πραγματικού χρόνου. Χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα του Παραρτήματος Β2 που περιλαμβάνουν πίνακες

με τις διαφορές των συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ'87 μεταξύ των μεθόδων πραγματικού χρόνου για κάθε σημείο ξεχωριστά (Πίνακες B.2.1, B.2.2 και B.2.3).

Συγκρίνοντας τις μεθόδους VRS RTK – Single Base RTK και VRS RTK – IMAX RTK, προκύπτουν οι συνολικές μέγιστες και ελάχιστες διαφορές των συντεταγμένων από τα τρία σημεία που παρουσιάζονται στον πίνακα 5.5.

| MAXΔΧ(Single Base RTK-VRS RTK) (m) | MAXΔΥ(Single Base RTK-VRS RTK) (m) | MAXΔΗ(Single Base RTK-VRS RTK) (m) |
|---|---|---|
| 0.0200 | 0.0289 | 0.0630 |
| MINΔΧ(Single Base RTK-VRS RTK) | MINΔΥ(Single Base RTK-VRS RTK) | MINΔΗ(Single Base RTK-VRS RTK) |
| 0.0043 | 0.0043 | 0.0010 |
| MAXΔΧ(IMAX RTK-VRS RTK) | MAXΔΥ(IMAX RTK-VRS RTK) | MAXΔΗ(IMAX RTK-VRS RTK) |
| 0.0160 | 0.0102 | 0.0390 |
| MINΔΧ(IMAX RTK-VRS RTK) | MINΔΥ(IMAX RTK-VRS RTK) | MINΔΗ(IMAX RTK-VRS RTK) |
| 0.0012 | 0.0005 | 0.0060 |

Πίνακας 5.5: Διαφορές συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ'87 των μέγιστων και ελάχιστων διαφορών μεταξύ των μεθόδων VRS RTK – Single Base RTK και VRS RTK– IMAX RTK.

Οι πίνακες που ακολουθούν περιέχουν τα RMS των διαφορών των συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ'87 για τις μεθόδους VRS RTK – Single Base RTK και VRS RTK – IMAX RTK υπολογισμένα με κριτήρια: α) τη μέθοδο μέτρησης και β) τη χρονική διάρκεια των μετρήσεων.

| ΣΗΜΕΙΟ | ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ | RMS(ΔX) (m) | RMS(ΔY) (m) | RMS(ΔH) (m) |
|--------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | Single Base RTK - VRS | 0.0193 | 0.0547 | 0.0303 |
| | IMAX - VRS | 0.0149 | 0.0018 | 0.0373 |
| 2 | Single Base RTK - VRS | 0.0202 | 0.0341 | 0.0010 |
| | IMAX - VRS | 0.0117 | 0.0339 | 0.0379 |
| 3 | Single Base RTK - VRS | 0.0119 | 0.0128 | 0.0474 |
| | IMAX - VRS | 0.0054 | 0.0065 | 0.0284 |

Πίνακας 5.6: RMS διαφορών συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ'87 για τις μεθόδους VRS RTK– Single Base RTK και VRS RTK – IMAX RTK.

| ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ | ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec) | RMS(ΔX) (m) | RMS(ΔY) (m) | RMS(ΔH) (m) |
|------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| VRS RTK – | 5 | 0.0155 | 0.0227 | 0.0315 |
| Single Base RTK | 15 | 0.0167 | 0.0212 | 0.0287 |
| | 30 | 0.0200 | 0.0257 | 0.0593 |
| VRS RTK – | 5 | 0.0154 | 0.0216 | 0.0482 |
| IMAX RTK | 15 | 0.0117 | 0.0263 | 0.0376 |
| | 30 | 0.0167 | 0.0095 | 0.0426 |

Πίνακας 5.7: RMS διαφορών συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ'87 για τις μεθόδους VRS RTK – Single Base RTK και VRS RTK – IMAX RTK ανάλογα με τη χρονική διάρκεια.

Όσον αφορά στις μεθόδους RT και συγκεκριμένα τις συγκρίσεις μεταξύ των VRS RTK – Single Base RTK και VRS RTK – IMAX RTK, επειδή τα σημεία είναι πολύ λίγα, δεν είναι δυνατό να βγουν γενικά συμπεράσματα. Επιπρόσθετα να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα από τη μέθοδο Single Base RTK προκύπτουν από ένα σταθμό αναφοράς. Οι προκύπτουσες συντεταγμένες από τη μέθοδο VRS RTK προήλθαν από εικονικό σταθμό αναφοράς. Τέλος τα αποτελέσματα από τη μέθοδο IMAX RTK προέκυψαν από την επίλυση δικτύου από ένα κύριο σταθμό αναφοράς (master) και από βοηθητικούς (auxiliary). Στη συγκεκριμένη εφαρμογή με τη βοήθεια του πίνακα 5.6 κατά μέσο όρο τα RMS των διαφορών συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ'87 για τις μεθόδους VRS RTK – Single Base RTK είναι 1,7 cm κατά ΔX , 3,4 cm κατά ΔY και 2,9 cm κατά ΔH . Για τις μεθόδους VRS RTK – IMAX RTK τα RMS κυμαίνονται στα 1,1 cm για τις διαφορές των τετμημένων, 1,4 cm για τις διαφορές των τεταγμένων και 3,5 cm για τις διαφορές των ορθομετρικών υψομέτρων. Επομένως, στη συγκεκριμένη εφαρμογή η μέθοδος IMAX RTK οριζοντιογραφικά προσεγγίζει λίγο περισσότερο την VRS RTK σε σχέση με την Single Base RTK.

Αναφορικά με τα RMS σε σχέση με τη χρονική διάρκεια των μετρήσεων τα αποτελέσματα που εξάγονται από τον πίνακα 5.7 ισχύουν για τη συγκεκριμένη εφαρμογή και όχι γενικά. Η σύγκριση των μεθόδων Single Base RTK και VRS RTK δείχνει ότι οι μέγιστες τιμές στα RMS οριζοντιογραφικά και υψομετρικά παρουσιάζονται για χρονική διάρκεια 30 sec. Οι μέσες τιμές για τις χρονικές διάρκειες των 5, 15 και 30 sec είναι 2 cm οριζοντιογραφικά και 4 cm υψομετρικά. Από τη σύγκριση των μεθόδων VRS RTK και IMAX RTK προκύπτει ότι οι μέγιστες τιμές στα RMS παρατηρούνται στις τετμημένες για χρονική διάρκεια 30 sec, στις τεταγμένες για χρονική διάρκεια 15 sec και στα ορθομετρικά υψόμετρα για χρονική διάρκεια 5 sec. Οι μέσες τιμές για τις χρονικές διάρκειες των 5, 15 και 30 sec είναι 1,6 cm οριζοντιογραφικά και 4 cm υψομετρικά.

- Διαφορές αποτελεσμάτων συντεταγμένων των σημείων στα συστήματα ΕΓΣΑ και ΕΓΣΑ_Metrica (ΕΓΣΑ'87)

Μέσω του λογισμικού Leica Geo Office έγινε ο μετασχηματισμός των συντεταγμένων από το σύστημα WGS'84 στο ΕΓΣΑ και στο ΕΓΣΑ_Metrica (ΕΓΣΑ'87). Στον πίνακα Γ.1.1 που βρίσκεται στο Παράρτημα Γ1 παρατίθενται οι συντεταγμένες των σημείων με τις μεθόδους πραγματικού χρόνου και στατικού εντοπισμού στο σύστημα ΕΓΣΑ. Στο σύστημα ΕΓΣΑ δεν έχουν εισαχθεί παράμετροι τοπικού μετασχηματισμού.

| ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΕΓΣΑ – ΕΓΣΑ_ METRICA | |
|-------------------------------|--------|
| ΔX (m) | ΔY (m) |
| 0.788 | -0.307 |

Πίνακας 5.8: Διαφορές οριζοντιογραφικών συντεταγμένων στα συστήματα ΕΓΣΑ και ΕΓΣΑ_Metrica (ΕΓΣΑ'87).

Όσον αφορά στις διαφορές των υψομέτρων, στο σύστημα ΕΓΣΑ υπάρχει η δυνατότητα παροχής μόνο υψομέτρου στο τοπικό ελλειψοειδές. Στο σύστημα ΕΓΣΑ_METRICA δίνονται τα ορθομετρικά υψόμετρα. Από τη μεταξύ τους σύγκριση

προκύπτει η διαφορά του υψομέτρου στο τοπικό ελλειψοειδές από το ορθομετρικό υψόμετρο για την περιοχή των μετρήσεων που είναι 7,365 m.

- Στατιστικά στοιχεία που αφορούν τον προσδιορισμό των συντεταγμένων των σημείων

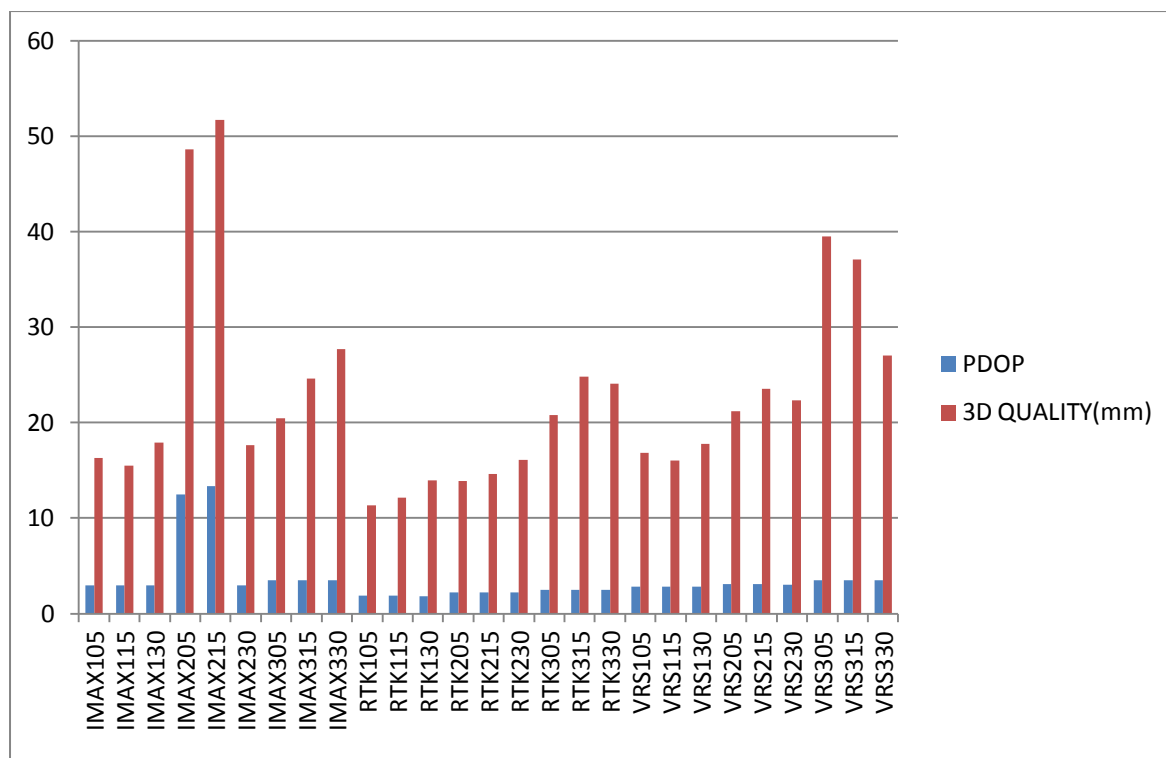
Με τη βοήθεια ενός αρχείου ASCII από το LGO προέκυψαν τα στατιστικά στοιχεία των σημείων. Συγκεκριμένα παρατίθενται οι οριζοντιογραφικές και υψομετρικές ακρίβειες προσδιορισμού των συντεταγμένων των σημείων που προέκυψαν από τις μεθόδους πραγματικού χρόνου, η ποιότητα της θέσης τους (3D Quality) και δείκτες που σχετίζονται με τη γεωμετρία των δορυφόρων (DOP). Ο πίνακας 5.9 παρουσιάζει αναλυτικά τα στοιχεία αυτά για κάθε σημείο, κάθε τεχνική και κάθε χρονική διάρκεια μέτρησης ξεχωριστά.

Σχετικά με τις οριζοντιογραφικές ακρίβειες των μετρήσεων με τεχνικές RT, κυμαίνονται από 6 mm – 1,5 cm και οι υψομετρικές ακρίβειες από 1 cm – 3,5 cm. Οι τιμές αυτές θεωρούνται αποδεκτές για την ακρίβεια με την οποία μετρά ο δέκτης GNSS. Επιπρόσθετα, η ποιότητα της θέσης είναι της τάξης των 1 cm – 5 cm. Αναφορικά με τα DOP, το GDOP κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 2 – 14, το HDOP μεταξύ των τιμών 1 – 10, το PDOP κυμαίνεται από 2 έως 13 και τέλος ο δείκτης VDOP από 1,5 έως 9. Οι μετρήσεις σε κάθε σημείο για κάθε μέθοδο έγιναν για 5, 15 και 30 sec και δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ τους στους δείκτες DOP. Εξαίρεση αποτελεί το σημείο 2 με τη μέθοδο IMAX όπου παρατηρείται για 5 και 15 sec το GDOP είναι 14, το HDOP 10, το PDOP κυμαίνεται στην τιμή 13 και τέλος ο δείκτης VDOP έχει την τιμή 8. Για 30 sec οι δείκτες είναι 4, 1, 3, 3 αντίστοιχα. Συνεπώς, οι λύσεις μετρημένες για 30 sec είναι πολύ πιο καλές από αυτές των 5 και 15 sec, όπως είναι αναμενόμενο. Όπως φαίνεται από τον πίνακα 5.9, οι λύσεις έχουν προκύψει αφενός από δορυφόρους GPS και αφετέρου από GLONASS δορυφόρους. Συγκεκριμένα, σε κάθε μέτρηση σχεδόν τα μισά από τα δορυφορικά σήματα που εκπέμπονται είναι GLONASS.

| Point ID | GDOP | HDOP | PDOP | VDOP | Hz akribεια (m) | V akribεια (m) | 3D Quality (m) | Συνολικός Αριθμός δορυφόρων (=GPS+GLONASS) |
|----------|------|------|------|------|-----------------------|----------------------|----------------------|---|
| RTK105 | 2,1 | 1,0 | 1,9 | 1,6 | 0.0057 | 0.0098 | 0,0113 | 14=(7+7) |
| RTK115 | 2,1 | 1,0 | 1,9 | 1,6 | 0.0062 | 0.0105 | 0,0121 | 14=(7+7) |
| RTK130 | 2,1 | 1,0 | 1,8 | 1,5 | 0.0074 | 0.0118 | 0,0140 | 15=(8+7) |
| RTK205 | 2,5 | 1,1 | 2,2 | 1,9 | 0.0076 | 0.0116 | 0,0139 | 16=(8+8) |
| RTK215 | 2,5 | 1,1 | 2,2 | 1,9 | 0.008 | 0.0122 | 0,0146 | 16=(8+8) |
| RTK230 | 2,5 | 1,1 | 2,2 | 1,9 | 0.0088 | 0.0135 | 0,0161 | 16=(8+8) |
| RTK305 | 2,9 | 1,6 | 2,5 | 1,9 | 0.0111 | 0.0176 | 0,0208 | 16=(8+8) |
| RTK315 | 2,9 | 1,6 | 2,5 | 1,9 | 0.0132 | 0.021 | 0,0248 | 16=(8+8) |
| RTK330 | 2,9 | 1,6 | 2,5 | 1,9 | 0.0127 | 0.0205 | 0,0241 | 15=(7+8) |
| IMAX105 | 3,4 | 1,7 | 2,9 | 2,4 | 0.009 | 0.0136 | 0,0163 | 16=(9+7) |
| IMAX115 | 3,4 | 1,7 | 2,9 | 2,4 | 0.0085 | 0.0129 | 0,0155 | 16=(9+7) |
| IMAX130 | 3,4 | 1,7 | 2,9 | 2,4 | 0.0099 | 0.0149 | 0,0179 | 17=(9+8) |
| IMAX205 | 14,0 | 9,5 | 12,5 | 8,1 | 0.0365 | 0.0321 | 0,0486 | 15=(7+8) |
| IMAX215 | 14,9 | 10,2 | 13,3 | 8,6 | 0.0389 | 0.034 | 0,0517 | 15=(7+8) |
| IMAX230 | 3,5 | 1,4 | 3,0 | 2,6 | 0.0091 | 0.0151 | 0,0176 | 16=(7+9) |
| IMAX305 | 4,2 | 1,9 | 3,5 | 2,9 | 0.009 | 0.0184 | 0,0205 | 15=(7+8) |
| IMAX315 | 4,2 | 2,0 | 3,5 | 2,9 | 0.0108 | 0.0221 | 0,0246 | 15=(7+8) |
| IMAX330 | 4,2 | 2,0 | 3,5 | 2,9 | 0.0121 | 0.0249 | 0,0277 | 15=(7+8) |
| VRS105 | 3,3 | 1,6 | 2,8 | 2,3 | 0.0089 | 0.0143 | 0,0168 | 16=(8+8) |
| VRS115 | 3,3 | 1,6 | 2,8 | 2,3 | 0.0085 | 0.0136 | 0,0160 | 16=(8+8) |
| VRS130 | 3,3 | 1,6 | 2,8 | 2,3 | 0.0095 | 0.015 | 0,0177 | 16=(8+8) |
| VRS205 | 3,6 | 1,5 | 3,1 | 2,7 | 0.0111 | 0.018 | 0,0212 | 16=(8+8) |
| VRS215 | 3,6 | 1,5 | 3,1 | 2,7 | 0.0123 | 0.0201 | 0,0236 | 16=(8+8) |
| VRS230 | 3,6 | 1,4 | 3,0 | 2,7 | 0.0117 | 0.0191 | 0,0224 | 16=(8+8) |
| VRS305 | 4,2 | 1,9 | 3,5 | 2,9 | 0.018 | 0.0352 | 0,0395 | 15=(7+8) |
| VRS315 | 4,2 | 1,9 | 3,5 | 2,9 | 0.0168 | 0.033 | 0,0371 | 15=(7+8) |
| VRS330 | 4,2 | 1,9 | 3,5 | 2,9 | 0.0122 | 0.0241 | 0,0270 | 15=(7+8) |

Πίνακας 5.9: Στατιστικά στοιχεία των διανυσμάτων των σημείων με τις τεχνικές (Single Base) RTK, IMAX RTK και VRS RTK.

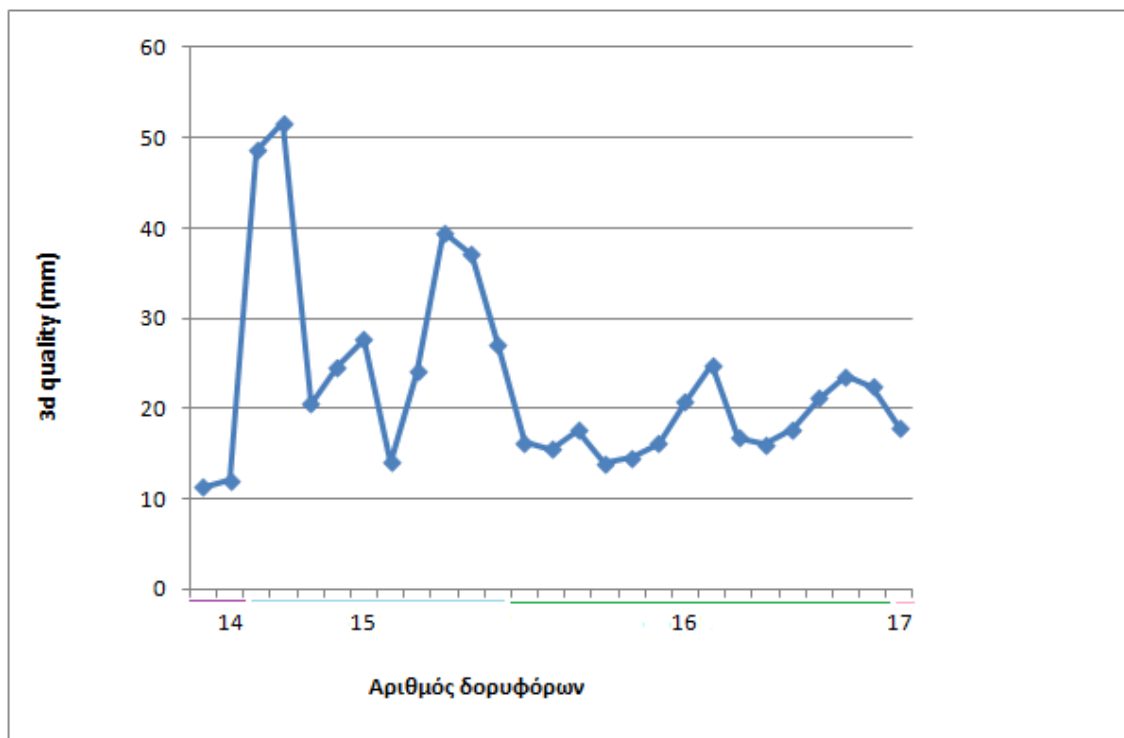
Ακολουθούν τα διαγράμματα 5.1 και 5.2 που δείχνουν την ποιότητα της θέσης συναρτήσει των τιμών PDOP και του αριθμού των δορυφόρων αντίστοιχα.



Διάγραμμα 5.1: Ποιότητα θέσης συναρτήσσει PDOP.

Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται η ποιότητα θέσης συναρτήσσει της τιμής PDOP για κάθε σημείο, κάθε χρονική διάρκεια και κάθε τεχνική μέτρησης ξεχωριστά. Παρατηρείται ότι τα σημεία IMAX215 και IMAX 230 που έχουν πολύ μεγαλύτερες τιμές PDOP σε σχέση με τα υπόλοιπα, η ποιότητα θέσης τους είναι πολύ χειρότερη.

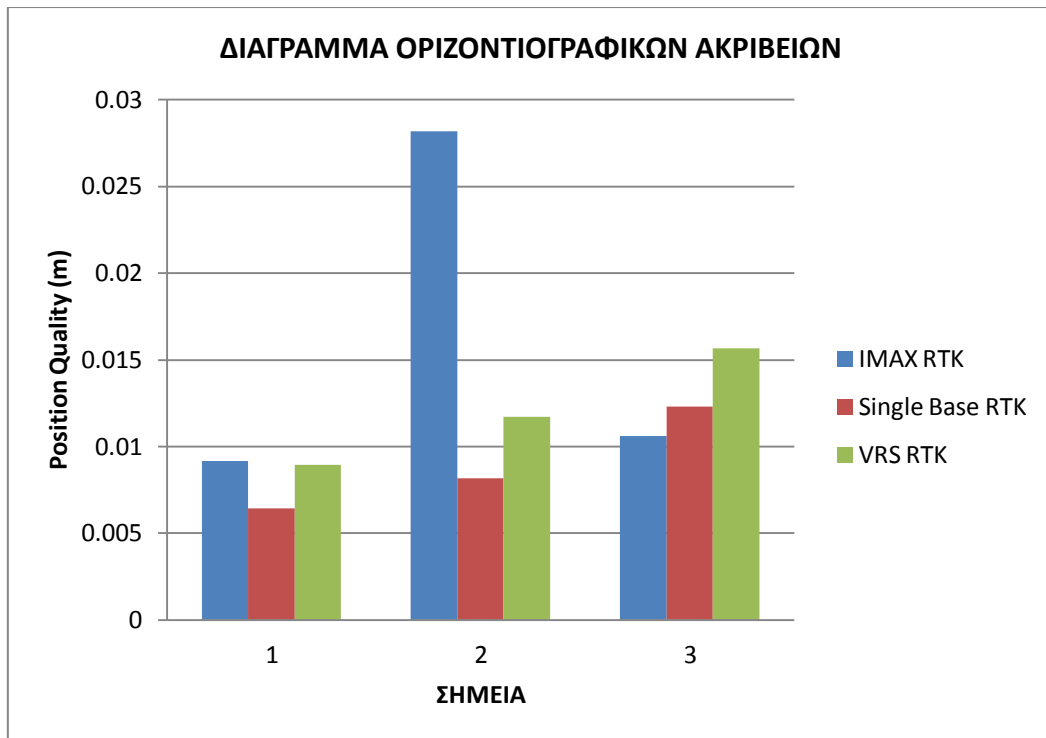
Από το παρακάτω διάγραμμα προκύπτει ότι η ποιότητα θέσης δεν είναι απαραίτητα συνάρτηση του αριθμού των δορυφόρων.



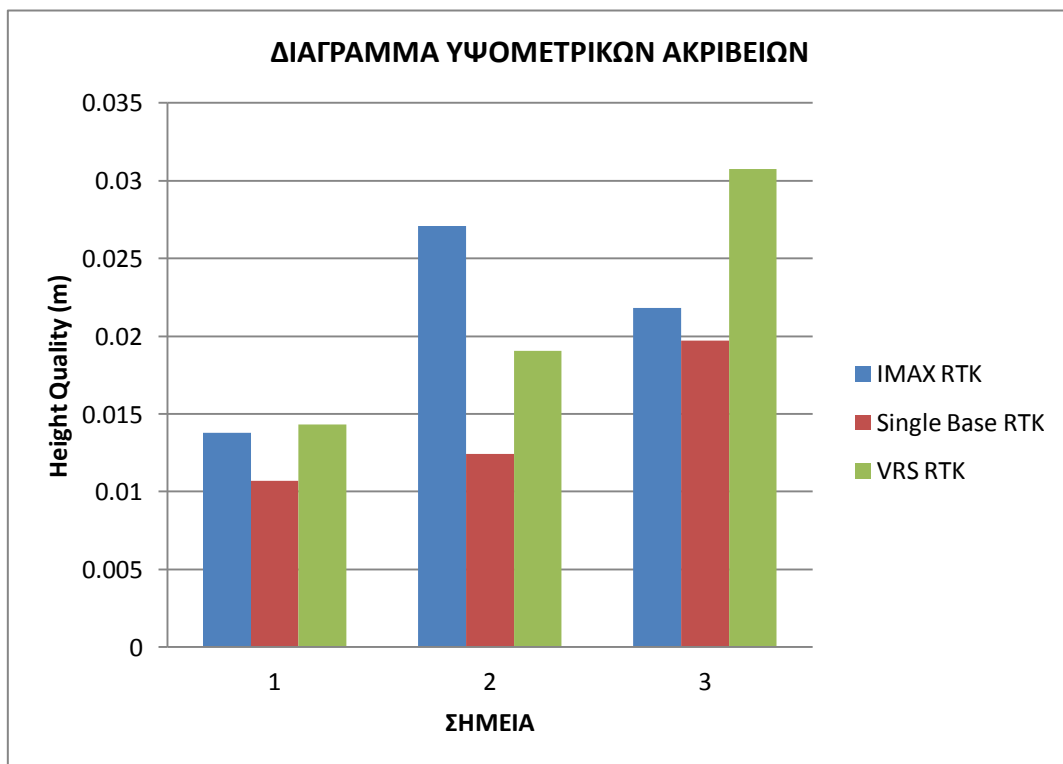
Διάγραμμα 5.2: Ποιότητα θέσης συναρτήσει του αριθμού δορυφόρων.

- Οριζοντιογραφικές και υψομετρικές ακρίβειες των μετρημένων σημείων

Τα διαγράμματα που ακολουθούν απεικονίζουν την οριζοντιογραφική και υψομετρική ακρίβεια μέτρησης των σημείων για τις μεθόδους (Single Base) RTK, VRS RTK και IMAX RTK.



Διάγραμμα 5.3: Οριζοντιογραφική ακρίβεια για μετρήσεις RT.



Διάγραμμα 5.4: Υψομετρική ακρίβεια για μετρήσεις RT.

5.3.2 Αξιολόγηση μετρήσεων γηπέδου τένις Πολυτεχνειούπολης

| ΜΕΘΟΔΟΣ: VRS RTK | | | | ΜΕΘΟΔΟΣ: Single Base RTK | | | |
|------------------|-------------|--------------|------------------|--------------------------|-------------|--------------|------------------|
| Point Id | Easting (m) | Northing (m) | Orth. height (m) | Point Id | Easting (m) | Northing (m) | Orth. height (m) |
| GVR51 | 480313,031 | 4203309,460 | 166,117 | GRTK1 | 480313,044 | 4203309,448 | 166,074 |
| GVR52 | 480312,164 | 4203308,479 | 166,070 | GRTK2 | 480312,188 | 4203308,470 | 166,105 |
| GVR53 | 480308,473 | 4203304,387 | 166,020 | GRTK3 | 480308,498 | 4203304,379 | 166,029 |
| GVR54 | 480304,761 | 4203300,291 | 165,954 | GRTK4 | 480304,782 | 4203300,277 | 165,957 |
| GVR55 | 480303,882 | 4203299,301 | 165,959 | GRTK5 | 480303,916 | 4203299,294 | 165,907 |
| GVR56 | 480308,123 | 4203312,079 | 166,082 | GRTK6 | 480308,119 | 4203312,080 | 166,076 |
| GVR57 | 480304,429 | 4203307,987 | 166,030 | GRTK7 | 480304,455 | 4203307,990 | 166,010 |
| GVR58 | 480300,763 | 4203303,914 | 165,988 | GRTK8 | 480300,785 | 4203303,889 | 165,950 |
| GVR59 | 480303,891 | 4203317,157 | 166,061 | GRTK9 | 480303,916 | 4203317,160 | 166,056 |
| GVR510 | 480299,591 | 4203312,422 | 166,043 | GRTK10 | 480299,617 | 4203312,426 | 166,008 |
| GVR511 | 480295,249 | 4203307,510 | 165,977 | GRTK11 | 480295,266 | 4203307,504 | 165,937 |
| GVR512 | 480291,246 | 4203312,458 | 165,983 | GRTK12 | 480291,254 | 4203312,451 | 165,941 |
| GVR513 | 480295,015 | 4203316,655 | 166,040 | GRTK13 | 480295,035 | 4203316,661 | 166,014 |
| GVR514 | 480298,595 | 4203320,639 | 166,084 | GRTK14 | 480298,594 | 4203320,632 | 166,077 |
| GVR515 | 480295,474 | 4203325,269 | 166,028 | GRTK15 | 480295,460 | 4203325,240 | 166,076 |
| GVR516 | 480294,586 | 4203324,267 | 166,094 | GRTK16 | 480294,589 | 4203324,272 | 166,082 |
| GVR517 | 480291,005 | 4203320,323 | 166,039 | GRTK17 | 480291,023 | 4203320,328 | 166,012 |
| GVR518 | 480287,175 | 4203316,069 | 165,988 | GRTK18 | 480287,185 | 4203316,067 | 165,962 |
| GVR519 | 480286,297 | 4203315,080 | 166,046 | GRTK19 | 480286,285 | 4203315,073 | 165,959 |
| GVR522 | 480318,486 | 4203307,375 | 166,121 | | | | |
| GVR523 | 480306,602 | 4203293,972 | 166,078 | | | | |
| GVR524 | 480280,835 | 4203317,156 | 165,918 | | | | |
| GVR525 | 480292,653 | 4203330,502 | 166,193 | | | | |
| GVR5F1 | 480311,036 | 4203313,667 | 166,171 | GRTKF1 | 480311,031 | 4203313,690 | 166,076 |
| GVR5F2 | 480288,528 | 4203310,479 | 166,063 | | | | |
| GVR5K1 | 480311,686 | 4203312,759 | 165,976 | | | | |
| GVR5K2 | 480299,496 | 4203323,734 | 166,108 | | | | |
| GVR5K3 | 480288,080 | 4203310,837 | 165,991 | | | | |
| GVR5K4 | 480300,282 | 4203299,838 | 166,065 | GRTKK4 | 480300,295 | 4203299,854 | 166,000 |

Πίνακας 5.10: Συντεταγμένες σημείων αποτύπωσης του γηπέδου, μετρημένων με VRS RTK και Single Base RTK σε σύστημα ΕΓΣΑ'87.

Η αποτύπωση του γηπέδου του τένις με το δέκτη GNSS έγινε με τις μεθόδους Single Base RTK και VRS RTK. Η χρονική διάρκεια της μέτρησης για κάθε σημείο ήταν 5 sec. Ο πίνακας 5.10 περιλαμβάνει τις συντεταγμένες των σημείων αποτύπωσης στο σύστημα ΕΓΣΑ'87. Οι πίνακες Ε.1.1 και Ε.1.2 που βρίσκονται στο Παράρτημα Ε.1

περιλαμβάνουν τον αριθμό των δορυφόρων, τις τιμές των DOPS, τις οριζοντιογραφικές και υψομετρικές ακρίβειες καθώς και την τρισδιάστατη ποιότητα θέσης για το κάθε σημείο με τις τεχνικές Single Base RTK και VRS RTK.

Οι συντεταγμένες των σημείων στο ΕΓΣΑ'87 προέκυψαν μετά από επεξεργασία από το λογισμικό LGO. Πριν ξεκινήσουν οι μετρήσεις δόθηκε μέσα από το χειριστήριο ανοχή 5 cm το οποίο είναι ένα ανεκτό όριο για τα πλαίσια μιας αποτύπωσης.

Από τον πίνακα 5.10 παρατηρείται ότι δεν αποτυπώθηκαν όλα τα σημεία με τη μέθοδο Single Base RTK σε σύγκριση με τη VRS RTK. Πιο συγκεκριμένα δεν ήταν δυνατό να αποτυπωθούν το εξωτερικό περίγραμμα που όριζε το γήπεδο του τένις, ένα φρεάτιο και 3 κολώνες. Παρατηρώντας τις ακρίβειες και τα DOP των σημείων αυτών με τη μέθοδο VRS (Πίνακας Ε.1.2, Παράρτημα Ε.1) φαίνεται ότι οι τιμές τους είναι αρκετά πιο υψηλές σε σχέση με τα υπόλοιπα. Επομένως γι' αυτά τα σημεία δεν έγιναν συγκρίσεις για τις δύο μεθόδους. Επίσης, τα σημεία 19 (σημείο που ορίζει το γήπεδο), Κ4 (κολώνα) και F1 (φρεάτιο) αποτυπώθηκαν με πολύ δυσκολία και μετά από πολλές προσπάθειες με τη μέθοδο Single Base RTK (βρισκόταν πολύ κοντά στα όρια του σύρματος και η βλάστηση ψηλή σε μικρή απόσταση από αυτά). Γι' αυτό και τα 3 σημεία που μετρήθηκαν και με τις δύο μεθόδους παρουσιάζουν μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ τους. Να επισημανθεί ότι στα σημεία που ορίζουν τα όρια του γηπέδου και στις κολώνες αγνοήθηκε τη στιγμή της μέτρησης με VRS μέσα από το πληκτρολόγιο η ανοχή των 5 cm και μετρήθηκαν με χειρότερη ακρίβεια.

Αξιοποιώντας τα δεδομένα του παραπάνω πίνακα, προέκυψε ο πίνακας ΣΤ.1.2 που περιέχει τις διαφορές των συντεταγμένων των σημείων, ο οποίος βρίσκεται στο παράρτημα ΣΤ.1. Οι διαφορές ΔX κυμαίνονται από 0,03 – 3,4 cm, οι διαφορές των τεταγμένων ΔY είναι από 0,03 έως 2,3 cm (2,3 cm στο σημείο F1, που είναι ένα φρεάτιο) και οι διαφορές στα ορθομετρικά υψόμετρα είναι της τάξης των 0,3 – 4,7 cm (Εξάιρεση αποτελούν το σημείο 19, η κολώνα Κ4 και το φρεάτιο F1, όπου οι διαφορές των υψομέτρων είναι 6,5 cm, 8,6 cm και 9,5 cm αντίστοιχα). Επομένως, οι διαφορές βρίσκονται σε αποδεκτά όρια για τοπογραφικές εργασίες που απαιτούν ακρίβειες της τάξης λίγων cm. Συμπερασματικά, συγκρίνοντας τις δύο μεθόδους, οι διαφορές που προκύπτουν δεν είναι σημαντικές ώστε να θεωρηθεί μια από τις δύο μεθόδους ακατάλληλη.

Έχοντας δεδομένες τις διαφορές των συντεταγμένων των σημείων της αποτύπωσης μετρημένων με τις δύο μεθόδους προέκυψαν τα RMS των διαφορών έχοντας εξαιρέσει τα 3 σημεία που έγινε αποδοχή από το πληκτρολόγιο και μετρήθηκαν με χειρότερη ακρίβεια από αυτή που είχε οριστεί. Το RMS για τις διαφορές των τετμημένων ΔX είναι στα 2 cm. Το RMS για τις διαφορές των τεταγμένων ΔY είναι 1,1 cm. Το RMS για τις διαφορές των ορθομετρικών υψομέτρων είναι 3 cm.

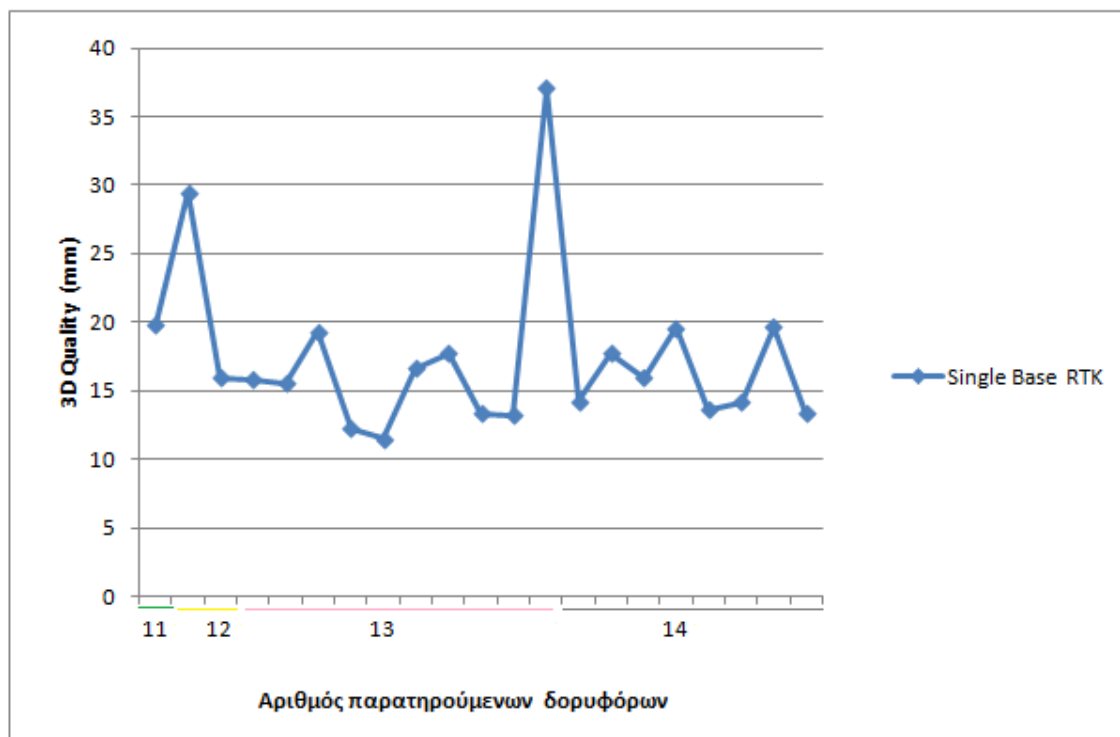
Με τη βοήθεια του λογισμικού Leica Geo Office έγινε ο μετασχηματισμός των συντεταγμένων στα συστήματα ΕΓΣΑ κι ΕΓΣΑ _ Metrica (ΕΓΣΑ'87). Οι συγκρίσεις στα δύο συστήματα έγιναν μόνο για τις τετμημένες και τεταγμένες, αφού στο ΕΓΣΑ προέκυψε υψόμετρο στο τοπικό ελλειψοειδές ενώ στο ΕΓΣΑ'87 ορθομετρικό. Επειδή η περιοχή στο γήπεδο του τέννις είναι κι αυτή εντός Αττικής και μάλιστα βρίσκεται πολύ κοντά στο χώρο του πάρκινγκ χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιες παράμετροι τοπικού μετασχηματισμού. Επομένως και οι διαφορές ανάμεσα στα δύο συστήματα για τα σημεία αναμένονται να είναι πολύ κοντά με αυτές που προέκυψαν για το χώρο του πάρκινγκ (Η διαφορά τους είναι στο 1 mm). Παρακάτω παρουσιάζεται πίνακας με τις διαφορές των οριζοντιογραφικών συντεταγμένων για τα συστήματα ΕΓΣΑ κι ΕΓΣΑ'87. Στον πίνακα Γ.2.1 του Παραρτήματος Γ.2 παρατίθενται οι συντεταγμένες των σημείων αποτύπωσης του γηπέδου, μετρημένων με τις μεθόδους VRS RTK και Single Base RTK στο σύστημα ΕΓΣΑ.

Η διαφορά που προκύπτει από τα υψόμετρα στο τοπικό ελλειψοειδές (σύστημα ΕΓΣΑ) και στο ορθομετρικό (σύστημα ΕΓΣΑ_Metrica) στην περιοχή του τέννις είναι 7,363 m.

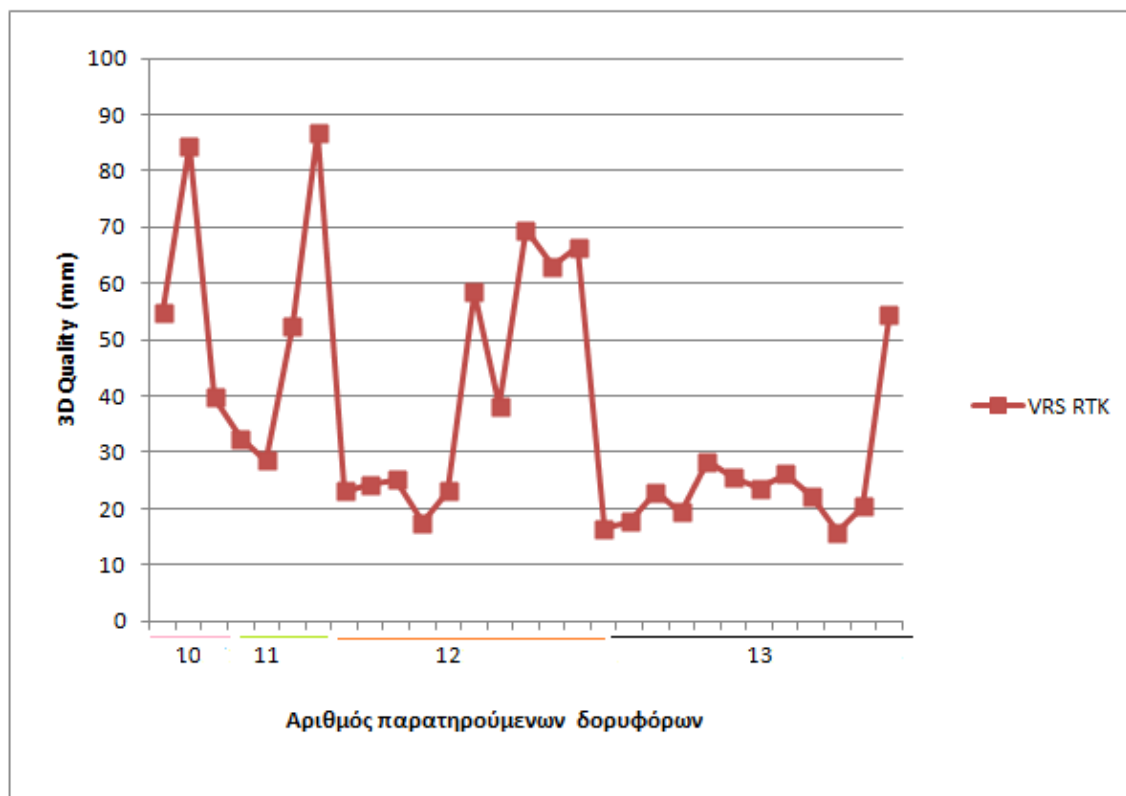
| ΜΕΘΟΔΟΣ | $X_{ΕΓΣΑ} - X_{ΕΓΣΑ'87}$ | $Y_{ΕΓΣΑ} - Y_{ΕΓΣΑ'87}$ |
|-----------------|--|--|
| VRS RTK | 0.787 | -0.306 |
| Single Base RTK | 0.787 | -0.306 |

Πίνακας 5.11: Διαφορές οριζοντιογραφικών συντεταγμένων για τις μεθόδους VRS RTK και Single Base RTK στα συστήματα ΕΓΣΑ κι ΕΓΣΑ'87.

Με τη βοήθεια ενός αρχείου ASCII μέσα από το λογισμικό LGO προέκυψαν τα στατιστικά στοιχεία των μετρηθέντων σημείων. Στους πίνακες E.1.1 και E.1.2 του Παραρτήματος E.1 υπάρχουν αναλυτικά για κάθε σημείο οι οριζοντιογραφικές και υψομετρικές ακρίβειες, η τρισδιάστατη ποιότητα της θέσης και τα DOPS. Στη συνέχεια απεικονίζονται διαγράμματα που σχετίζονται με τα στατιστικά στοιχεία των σημείων.

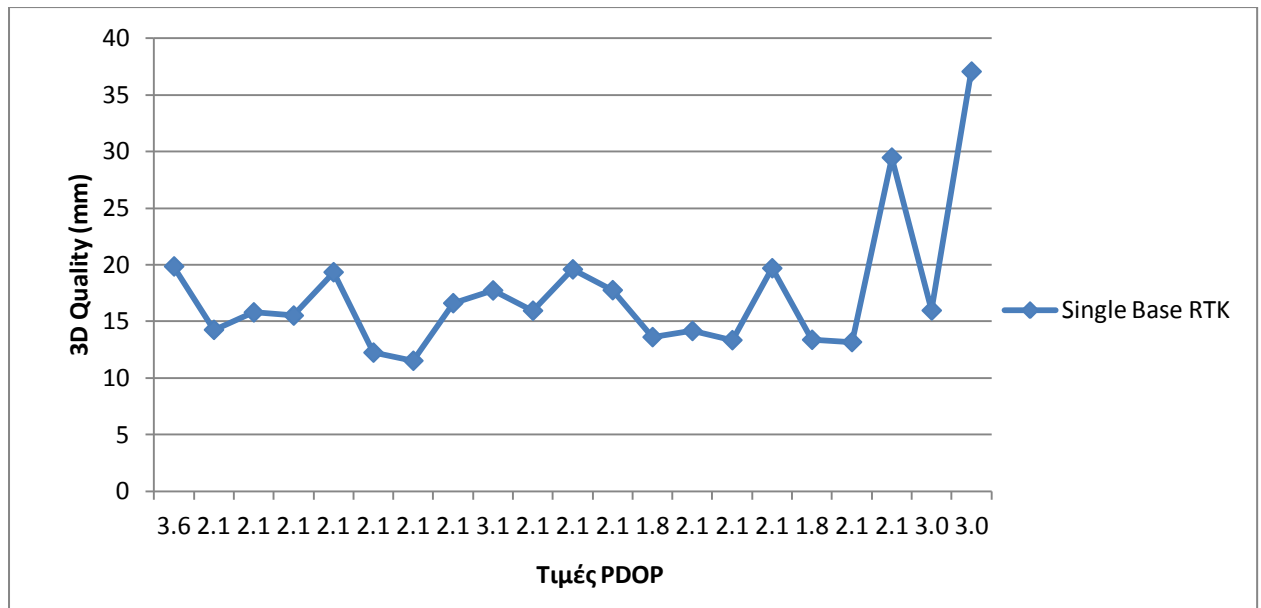


Διάγραμμα 5.5: Ποιότητας θέσης συναρτήσει του αριθμού των δορυφόρων για τη μέθοδο Single Base RTK.

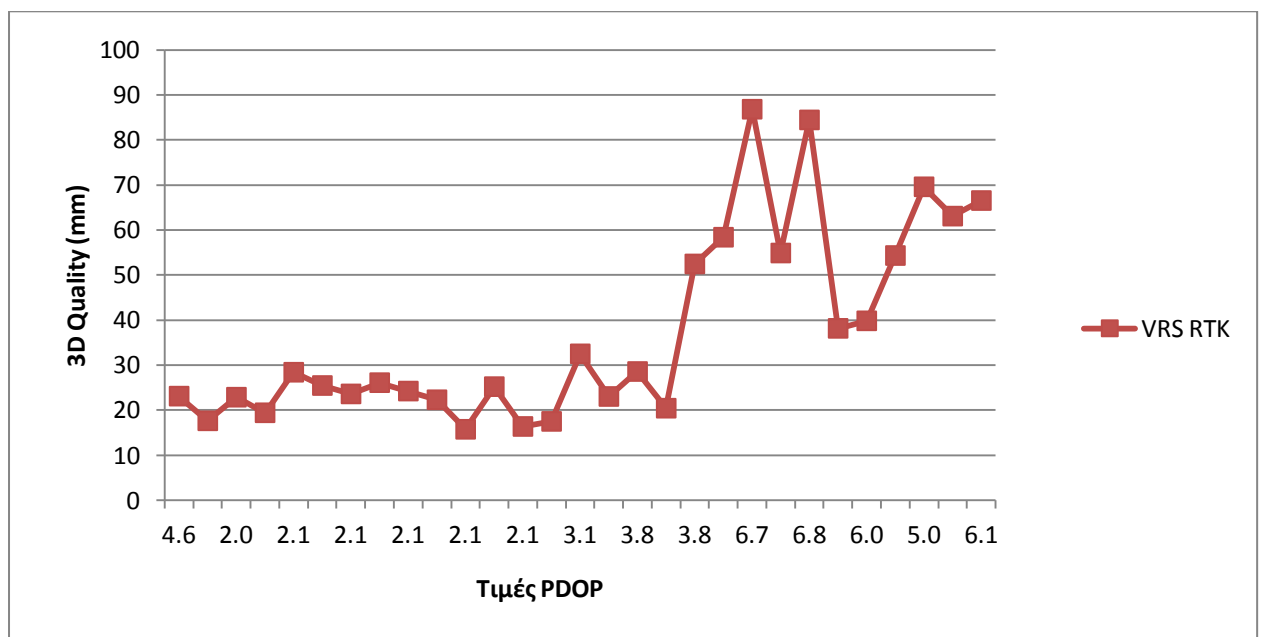


Διάγραμμα 5.6: Ποιότητας θέσης συναρτήσει του αριθμού των δορυφόρων για τη μέθοδο VRS RTK.

Παρατηρώντας τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτει ότι στην παρούσα εφαρμογή δεν έπαιξε σημαντικό ρόλο ο αριθμός των παρατηρούμενων δορυφόρων στην τρισδιάστατη ποιότητα θέσης των σημείων. Να επισημανθεί ότι οι προκύπτουσες λύσεις είναι GNSS και ότι ο συνολικός αριθμός των δορυφόρων για κάθε μέτρηση είναι σχεδόν κατά το ήμισυ δορυφόροι GLONASS (Πίνακες E.1.1 και E.1.2, Παράρτημα E.1). Όλες οι μετρήσεις θα μπορούσαν να υλοποιηθούν και μόνο με GPS δορυφόρους αφού στη χειρότερη περίπτωση οι παρατηρούμενοι GPS είναι 6, αριθμός ικανός ώστε να δώσουν επίλυση.



Διάγραμμα 5.7: Ποιότητας θέσης συναρτήσεως των τιμών PDOP για τη μέθοδο Single Base RTK.



Διάγραμμα 5.8: Ποιότητας θέσης συναρτήσεως των τιμών PDOP για τη μέθοδο VRS RTK.

Από τα διαγράμματα 5.7 και 5.8 προκύπτει το συμπέρασμα ότι τα PDOP επηρεάζουν την τρισδιάστατη ποιότητα θέσης των συντεταγμένων αφού όταν το PDOP αυξάνεται σημαντικά η ποιότητα θέσης των σημείων χειροτερεύει.

Η αποτύπωση του γηπέδου έγινε και με Total Station εφόσον οι κορυφές της όδευσης ήταν γνωστές αφού μετρήθηκαν με δέκτη GNSS με τις μεθόδους Single Base RTK, VRS RTK και στατικό εντοπισμό. Τα ταχυμετρικά σημεία μετρήθηκαν όλα με Total Station (εκτός του σημείου που βρισκόταν πολύ κοντά στη στάση).

Μέσα από το λογισμικό έγινε μετασχηματισμός των συντεταγμένων των κορυφών της όδευσης σε ΕΓΣΑ'87. Με τη βοήθεια excel ταχυμετρίας και γνωστά τα μετρηθέντα από τον γεωδαιτικό σταθμό στοιχεία (οριζόντιες γωνίες, κατακόρυφες γωνίες, κεκλιμένες αποστάσεις και ύψη στόχου και οργάνου), υπολογίστηκαν οι συντεταγμένες των χαρακτηριστικών σημείων της αποτύπωσης σε ΕΓΣΑ'87.

Στο παράρτημα Δ βρίσκονται τα excel ταχυμετρίας καθώς επίσης και οι πίνακες που περιλαμβάνουν τις συντεταγμένες των σημείων. Στο παράρτημα ΣΤ παρατίθενται οι συντεταγμένες των σημείων, οι διαφορές των συντεταγμένων και τα RMS των διαφορών για τις ακόλουθες μεθόδους:

- Χαρακτηριστικά σημεία με total station, κορυφές με μέθοδο στατικού εντοπισμού – σημεία αποτύπωσης με μέθοδο Single Base RTK (Πίνακες ΣΤ2.1, ΣΤ2.2, ΣΤ2.3)
- Χαρακτηριστικά σημεία με total station, κορυφές με μέθοδο στατικού εντοπισμού – σημεία αποτύπωσης με μέθοδο VRS RTK (Πίνακες ΣΤ3.1, ΣΤ3.2, ΣΤ3.3)
- Χαρακτηριστικά σημεία με total station, κορυφές με μέθοδο Single Base RTK – σημεία αποτύπωσης με μέθοδο Single Base RTK (Πίνακες ΣΤ4.1, ΣΤ4.2, ΣΤ4.3)
- Χαρακτηριστικά σημεία με total station, κορυφές με μέθοδο Single Base RTK – σημεία αποτύπωσης με μέθοδο VRS RTK (Πίνακες ΣΤ5.1, ΣΤ5.2, ΣΤ5.3)
- Χαρακτηριστικά σημεία με total station, κορυφές με μέθοδο VRS RTK – σημεία αποτύπωσης με μέθοδο VRS RTK (Πίνακες ΣΤ6.1, ΣΤ6.2, ΣΤ6.3)
- Χαρακτηριστικά σημεία με total station, κορυφές με μέθοδο VRS RTK – σημεία αποτύπωσης με μέθοδο Single Base RTK (Πίνακες ΣΤ7.1, ΣΤ7.2, ΣΤ7.3)

| ΜΕΘΟΔΟΣ: VRS RTK | | | | ΜΕΘΟΔΟΣ: Single Base RTK | | | |
|------------------|-------------|--------------|------------------|--------------------------|-------------|--------------|------------------|
| Point Id | Easting (m) | Northing (m) | Orth. height (m) | Point Id | Easting (m) | Northing (m) | Orth. height (m) |
| GVR51 | 480313,031 | 4203309,460 | 166,117 | GRTK1 | 480313,044 | 4203309,448 | 166,074 |
| GVR52 | 480312,164 | 4203308,479 | 166,070 | GRTK2 | 480312,188 | 4203308,470 | 166,105 |
| GVR53 | 480308,473 | 4203304,387 | 166,020 | GRTK3 | 480308,498 | 4203304,379 | 166,029 |
| GVR54 | 480304,761 | 4203300,291 | 165,954 | GRTK4 | 480304,782 | 4203300,277 | 165,957 |
| GVR55 | 480303,882 | 4203299,301 | 165,959 | GRTK5 | 480303,916 | 4203299,294 | 165,907 |
| GVR56 | 480308,123 | 4203312,079 | 166,082 | GRTK6 | 480308,119 | 4203312,080 | 166,076 |
| GVR57 | 480304,429 | 4203307,987 | 166,030 | GRTK7 | 480304,455 | 4203307,990 | 166,010 |
| GVR58 | 480300,763 | 4203303,914 | 165,988 | GRTK8 | 480300,785 | 4203303,889 | 165,950 |
| GVR59 | 480303,891 | 4203317,157 | 166,061 | GRTK9 | 480303,916 | 4203317,160 | 166,056 |
| GVR510 | 480299,591 | 4203312,422 | 166,043 | GRTK10 | 480299,617 | 4203312,426 | 166,008 |
| GVR511 | 480295,249 | 4203307,510 | 165,977 | GRTK11 | 480295,266 | 4203307,504 | 165,937 |
| GVR512 | 480291,246 | 4203312,458 | 165,983 | GRTK12 | 480291,254 | 4203312,451 | 165,941 |
| GVR513 | 480295,015 | 4203316,655 | 166,040 | GRTK13 | 480295,035 | 4203316,661 | 166,014 |
| GVR514 | 480298,595 | 4203320,639 | 166,084 | GRTK14 | 480298,594 | 4203320,632 | 166,077 |
| GVR515 | 480295,474 | 4203325,269 | 166,028 | GRTK15 | 480295,460 | 4203325,240 | 166,076 |
| GVR516 | 480294,586 | 4203324,267 | 166,094 | GRTK16 | 480294,589 | 4203324,272 | 166,082 |
| GVR517 | 480291,005 | 4203320,323 | 166,039 | GRTK17 | 480291,023 | 4203320,328 | 166,012 |
| GVR518 | 480287,175 | 4203316,069 | 165,988 | GRTK18 | 480287,185 | 4203316,067 | 165,962 |
| GVR519 | 480286,297 | 4203315,080 | 166,046 | GRTK19 | 480286,285 | 4203315,073 | 165,959 |
| GVR522 | 480318,486 | 4203307,375 | 166,121 | | | | |
| GVR523 | 480306,602 | 4203293,972 | 166,078 | | | | |
| GVR524 | 480280,835 | 4203317,156 | 165,918 | | | | |
| GVR525 | 480292,653 | 4203330,502 | 166,193 | | | | |
| GVR5F1 | 480311,036 | 4203313,667 | 166,171 | GRTKF1 | 480311,031 | 4203313,690 | 166,076 |
| GVR5F2 | 480288,528 | 4203310,479 | 166,063 | | | | |
| GVR5K1 | 480311,686 | 4203312,759 | 165,976 | | | | |
| GVR5K2 | 480299,496 | 4203323,734 | 166,108 | | | | |
| GVR5K3 | 480288,080 | 4203310,837 | 165,991 | | | | |
| GVR5K4 | 480300,282 | 4203299,838 | 166,065 | GRTKK4 | 480300,295 | 4203299,854 | 166,000 |

Πίνακας 5.12: Συντεταγμένες σημείων μετρημένων με total station (και κορυφές με στατικό εντοπισμό) και Single Base RTK.

Ενδεικτικά παραπάνω παρουσιάζεται ο πίνακας με τις συντεταγμένες των χαρακτηριστικών σημείων μετρημένων με total station και των κορυφών με στατικό εντοπισμό σε σύγκριση με αυτές που προέκυψαν από τη μέθοδο Single Base RTK. Όλα τα σημεία μετρήθηκαν με total station εκτός από το σημείο 2 (βρισκόταν πολύ κοντά στη στάση), ενώ με τη μέθοδο Single Base RTK δε μετρήθηκαν τα όρια του γηπέδου καθώς επίσης και 3 κολώνες κι ένα φρεάτιο.

Ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας με τους μέσους όρους των διαφορών των συντεταγμένων, τα εύρη των τιμών τους και τα RMS των διαφορών για τις μετρήσεις με total station και GPS + GLONASS.

Σύμφωνα με τον συγκεντρωτικό πίνακα, σε γενικές γραμμές οι μέσες τιμές των διαφορών των συντεταγμένων των μετρήσεων με total station και δέκτη GNSS κυμαίνονται σε αποδεκτά όρια. Στη συγκεκριμένη εφαρμογή τα ΔX και ΔY είναι της τάξης των 1,5 cm και τα RMS κυμαίνονται στα 1.8 cm. Οι διαφορές των ορθομετρικών υψομέτρων κυμαίνονται στα 4 cm με μέγιστο RMS 6 cm. Επομένως, η επιτευγμένη ακρίβεια είναι αποδεκτή για τοπογραφικές εργασίες που απαιτούν ακρίβειες της τάξης λίγων cm. Συνεπώς, στο πλαίσιο μιας απλής τοπογραφικής εργασίας, οι μετρήσεις GNSS θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν τις μετρήσεις με total station.

| ΜΕΘΟΔΟΣ | | ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ | ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ | RMS ΔΙΑΦΟΡΩΝ |
|-----------------------------|--------|-----------|-------------|-----------------|
| TS_ΣΗΜΕΙΑ | ΔX (m) | 0,013 | 0 -0,030 | 0,0164 |
| STATIC(ΚΟΡΥΦΕΣ) | ΔY (m) | 0,013 | 0,003-0,023 | 0,0155 |
| - | ΔH (m) | -0,041 | 0,028-0,059 | 0,0466 |
| Single Base RTK | | | | |
| TS_ΣΗΜΕΙΑ | ΔX (m) | 0,019 | 0,004-0,059 | 0,0218 |
| STATIC(ΚΟΡΥΦΕΣ) | ΔY (m) | 0,017 | 0,001-0,050 | 0,0225 |
| - | ΔH (m) | -0,061 | 0,002-0,153 | 0,0837 |
| VRS RTK | | | | |
| TS_ΣΗΜΕΙΑ | ΔX (m) | 0,009 | 0-0,027 | 0,0125 |
| Single Base RTK(ΚΟΡΥΦΕΣ) | ΔY (m) | 0,017 | 0-0,034 | 0,0196 |
| - | ΔH (m) | 0,016 | 0-0,032 | 0,0186 |
| Single Base RTK | | | | |
| TS_ΣΗΜΕΙΑ | ΔX (m) | 0,019 | 0,002-0,045 | 0,0218 |
| Single Base RTK(ΚΟΡΥΦΕΣ) | ΔY (m) | 0,022 | 0,005-0,051 | 0,0251 |
| - | ΔH (m) | 0,055 | 0,001-0,154 | 0,0600 |
| VRS RTK | | | | |
| TS_ΣΗΜΕΙΑ | ΔX (m) | 0,014 | 0,002-0,034 | 0,0167 |
| VRS RTK(ΚΟΡΥΦΕΣ) | ΔY (m) | 0,009 | 0,001-0,025 | 0,0120 |
| - | ΔH (m) | 0,027 | 0,008-0,052 | 0,0297 |
| Single Base RTK | | | | |
| TS_ΣΗΜΕΙΑ | ΔX (m) | 0,010 | 0-0,0508 | 0,0148 |
| VRS RTK(ΚΟΡΥΦΕΣ) | ΔY (m) | 0,015 | 0-0,0461 | 0,0209 |
| - | ΔH (m) | 0,036 | 0-0,198 | 0,0578 |
| VRS RTK | | | | |

Πίνακας 5.13: Μέσες τιμές, εύρος τιμών και RMS των διαφορών των συντεταγμένων των σημείων που προκύπτουν από τις συγκρίσεις των τεχνικών που χρησιμοποιήθηκαν.

Με τη βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος AUTOCAD το γήπεδο του τένις αποτυπώθηκε έχοντας γνωστές τις συντεταγμένες των σημείων μετρημένες με δέκτη GNSS και με total station. Προέκυψαν δύο σχέδια με τις συντεταγμένες των σημείων

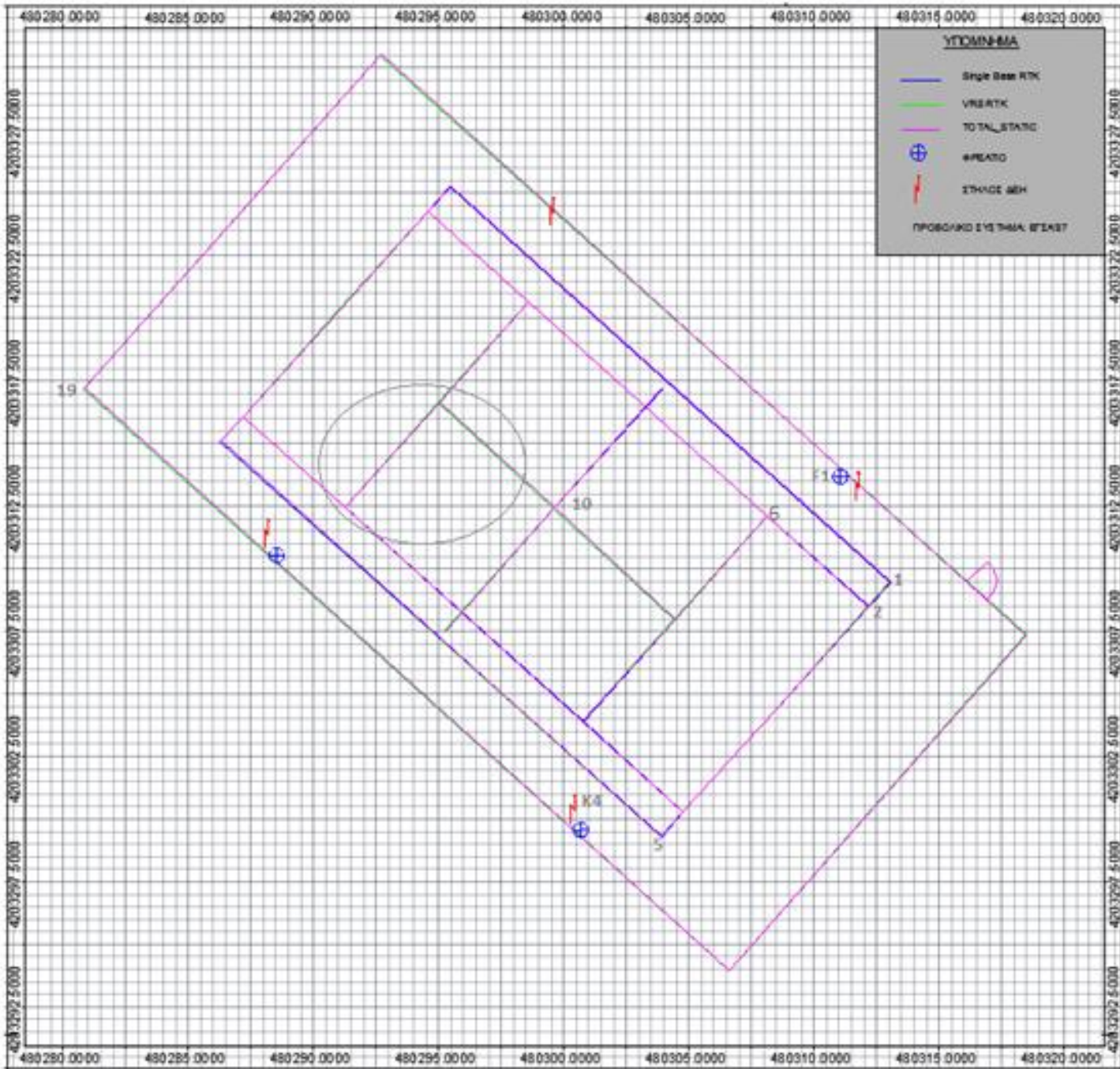
μετρημένες με Single Base RTK και VRS κι ένα σχέδιο του οποίου οι συντεταγμένες των χαρακτηριστικών σημείων προέκυψαν από μετρήσεις με γεωδαιτικό σταθμό και οι συντεταγμένες των στάσεων της όδευσης από στατικό εντοπισμό. Ακολουθεί ενιαίο σχήμα του γηπέδου μετρημένο και με τις τρεις μεθόδους.

Από το παρακάτω σχήμα φαίνεται ποια σημεία έχουν αποτυπωθεί με κάθε μέθοδο και ποια όχι.

Με τη μέθοδο VRS RTK δεν έχουν αποτυπωθεί τα σημεία που ορίζουν την πόρτα του γηπέδου (έχει σχεδιαστεί με πράσινο χρώμα).

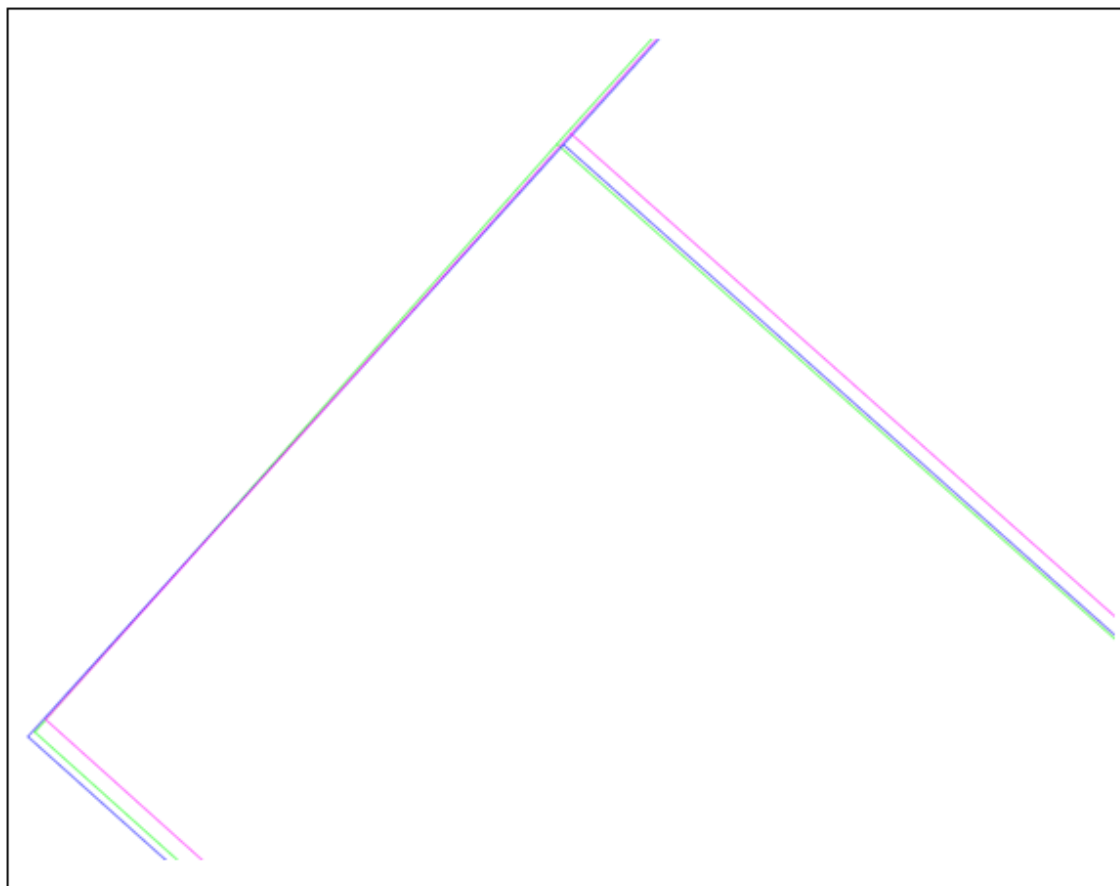
Με τη μέθοδο Single Base RTK δεν έχουν αποτυπωθεί τα σημεία που ορίζουν το γήπεδο, τρεις κολώνες, ένα φρεάτιο καθώς και τα σημεία που ορίζουν την πόρτα του γηπέδου (έχει σχεδιαστεί με μπλε χρώμα).

Με Total Station έχουν αποτυπωθεί όλα τα σημεία του γηπέδου του τέννις. Δεν έγινε μέτρηση του σημείου 2 επειδή βρισκόταν πολύ κοντά στη στάση. Παρόλα αυτά μετρήθηκε η απόσταση του από τη στάση γι' αυτό και αποτυπώθηκε στο σχέδιο (έχει σχεδιαστεί με χρώμα magenta).



Σχήμα 5.1: Αποτύπωση γηπέδου τένις μετρημένο με VRS RTK, Single Base RTK και Total Station (στάσεις μετρημένες με στατικό εντοπισμό).

Προκειμένου να φανούν και στο σχέδιο οι διαφορές των συντεταγμένων μεταξύ των μεθόδων έχει γίνει μεγέθυνση του σχήματος 5.1 στην περιοχή η οποία είναι σε κύκλο όπως φαίνεται παρακάτω:



Σχήμα 5.2: Τμήμα σχεδίου γηπέδου τέννις μετρημένο με VRS RTK, Single Base RTK και Total Station (στάσεις μετρημένες με στατικό εντοπισμό).

Επόμενο βήμα είναι να γίνει έλεγχος αν οι ενδείξεις που υπολογίζονται από το δέκτη είναι εντός των προδιαγραφών του κατασκευαστή.

- ✓ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΔΕΚΤΗ GNSS: 0,0138 m

Ενδεικτικά στον ακόλουθο πίνακα παρατίθενται οι οριζοντιογραφικές ακρίβειες μέτρησης των σημείων 6, 10 και 19. Η επιλογή των τριών σημείων είναι ενδεικτική και έγινε σύμφωνα με την απόσταση που απέχουν από τη στάση του γεωδαιτικού σταθμού (Η στάση βρίσκεται στο σημείο 1, το σημείο 10 είναι στο κέντρο του γηπέδου, το σημείο 19 αποτελεί όριο του γηπέδου και το σημείο 6 βρίσκεται σε αρκετά κοντινή απόσταση από τη στάση, Σχήμα 5.1).

| ΜΕΘΟΔΟΣ | ΣΗΜΕΙΟ | ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΚΡΙΒΕΙΑ (m) |
|--------------------|--------|-------------------------------|
| Single Base RTK | 6 | 0,0070 |
| | 10 | 0.0090 |
| | 19 | 0.0170 |
| VRS RTK | 6 | 0,0110 |
| | 10 | 0.0100 |
| | 19 | 0.0200 |

Πίνακας 5.14: Οριζοντιογραφική ακρίβεια των σημείων 6, 10 και 19 από Single Base RTK και VRS RTK.

Τέλος έγινε έλεγχος αν οι ενδείξεις που υπολογίζονται από το γεωδαιτικό σταθμό είναι εντός των προδιαγραφών του κατασκευαστή, οι οποίες είναι:

- ✓ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ: 3 mm
- ✓ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΓΩΝΙΑΣ: 15^{CC}

Κάνοντας Νόμο Μετάδοσης Σφαλμάτων μπορεί να υπολογιστούν οι ακρίβειες μέτρησης των συντεταγμένων των σημείων 6, 10 και 19.

| ΣΗΜΕΙΟ | A POSTERIORI ΑΚΡΙΒΕΙΑ $\hat{\sigma}_x$ (m) | A POSTERIORI ΑΚΡΙΒΕΙΑ $\hat{\sigma}_y$ (m) | ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΚΡΙΒΕΙΑ (m) |
|-----------|--|--|-------------------------------|
| 6 | 0,0027 | 0,0014 | 0,0031 |
| 10 | 0,0027 | 0,0008 | 0.0028 |
| 19 | 0,0029 | 0,0010 | 0.0031 |

Πίνακας 5.15: Οριζοντιογραφική ακρίβεια των σημείων 6, 10 και 19 από το total station.

5.4 Ανάλυση αποτελεσμάτων στην περιοχή Ιωαννίνων

5.4.1 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων μετρήσεων των σημείων

- Σύγκριση αποτελεσμάτων στατικού εντοπισμού και PPP

Αρχικά πραγματοποιήθηκε η επίλυση των βάσεων στατικού εντοπισμού από το σταθμό αναφοράς της Metrica στα Ιωάννινα και προέκυψαν οι συντεταγμένες των ζητούμενων σημείων. Επόμενο βήμα ήταν η μετατροπή των αρχείων που εμπεριείχαν τις μετρήσεις PPP σε μορφή RINEX και η αποστολή τους στα κέντρα CSRS και AUSPOS, από τα οποία λήφθηκαν οι γεωδαιτικές και καρτεσιανές συντεταγμένες σε πλαίσιο ITRF'08 για τα τρία σημεία. Οι καρτεσιανές συντεταγμένες δίνονται σε σύστημα WGS'84 όπως ακριβώς παραλήφθηκαν από τα κέντρα επεξεργασίας.

| Method | Point Id | X (m) | Y (m) | Z (m) | Std. dev X (m) | Std, dev Y (m) | Std, dev Z (m) |
|---------------|----------|-------------|-------------|-------------|----------------|----------------|----------------|
| STATIC | STI1 | 4596753.685 | 1753337.154 | 4046369.656 | 0.0002 | 0.0043 | 0.0016 |
| | STI2 | 4590347.020 | 1738454.712 | 4060167.356 | 0.0001 | 0.0002 | 0.0004 |
| | STI3 | 4573266.910 | 1728231.174 | 4083522.284 | 0.0126 | 0.0066 | 0.0186 |
| PPP | PPPI1 | 4596753.681 | 1753337.239 | 4046369.680 | 0.007 | 0.029 | 0.028 |
| CSRS | PPPI2 | 4590347.109 | 1738454.814 | 4060167.476 | 0.007 | 0.018 | 0.035 |
| | PPPI3 | 4573267.070 | 1728231.302 | 4083522.445 | 0.009 | 0.014 | 0.029 |
| PPP | PPPI1 | 4596753.734 | 1753337.267 | 4046369.735 | 0.002 | 0.002 | 0.005 |
| AUSPOS | PPPI2 | 4590347.166 | 1738454.850 | 4060167.530 | 0.003 | 0.003 | 0.007 |
| | PPPI3 | 4573266.998 | 1728231.279 | 4083522.387 | 0.003 | 0.003 | 0.008 |

Πίνακας 5.16: Καρτεσιανές συντεταγμένες σε WGS'84 και τυπικές αποκλίσεις των σημείων μετρημένων με τις μεθόδους στατικό εντοπισμό και Precise Point Positioning.

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτουν οι διαφορές μεταξύ των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν από τα δύο κέντρα για τα τρία σημεία.

| | ΔΙΑΦΟΡΕΣ STATIC-PPP | | | |
|---------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|
| | ΣΗΜΕΙΑ | ΔX (m) | ΔY (m) | ΔZ (m) |
| CSRS | 1 | 0.004 | -0.085 | -0.024 |
| | 2 | -0.089 | -0.103 | -0.120 |
| | 3 | -0.160 | -0.128 | -0.161 |
| AUSPOS | 1 | -0.049 | -0.113 | -0.079 |
| | 2 | -0.146 | -0.139 | -0.054 |
| | 3 | -0.088 | -0.105 | -0.103 |

Πίνακας 5.17: Διαφορές συντεταγμένων των σημείων σε σύστημα WGS'84 μεταξύ επιλύσεων στατικού εντοπισμού και PPP.

Από τους παραπάνω πίνακες προκύπτει ότι η ελάχιστη διαφορά του στατικού εντοπισμού από το PPP από το κέντρο CSRS είναι 0,4 cm στις τετμημένες X, στο σημείο 1 και η μέγιστη 16 cm στα υψόμετρα Z, στο σημείο 3. Το σημείο 1 ιδιαίτερος παρουσιάζει πολύ μικρές διαφορές, όπως φαίνεται από τον πίνακα 5.17.

Όσον αφορά στο κέντρο AUSPOS, οι διαφορές των συντεταγμένων κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα περίπου της τάξης των 5 cm. Η μέγιστη διαφορά είναι 7 cm και εμφανίζεται στο σημείο 3 στις διαφορές των τετμημένων X και η ελάχιστη 2,3 cm και πάλι στο σημείο 3 στις διαφορές των τεταγμένων.

Συμπερασματικά, από τον πίνακα 5.17 στη συγκεκριμένη εφαρμογή, οι συντεταγμένες που προέκυψαν από το στατικό εντοπισμό είναι πολύ κοντά στα αποτελέσματα του κέντρου CSRS για το σημείο 1 και του AUSPOS για τα σημεία 2 και 3. Όπως προκύπτει από το συγκεκριμένο πείραμα, οι συντεταγμένες που προκύπτουν από τη μέθοδο PPP είναι πολύ κοντά με αυτές που προκύπτουν από τους στατικούς εντοπισμούς.

- Σύγκριση αποτελεσμάτων στατικού εντοπισμού με συντεταγμένες από Γ.Υ.Σ στα τριγωνομετρικά σημεία

Τα σημεία 1 και 3 τα οποία απέχουν 5 και 50 km από τον σταθμό GNSS της Metricanet στα Ιωάννινα είναι τα τριγωνομετρικά 'Αγία Παρασκευή' και 'Ηλιόρραχη'. Στον πίνακα που ακολουθεί, παρατίθενται οι συντεταγμένες που

προέκυψαν από την επίλυση των στατικών εντοπισμών και οι συντεταγμένες από τη ΓΥΣ σε σύστημα ΕΓΣΑ'87.

| | ΣΗΜΕΙΟ | Easting (m) | Northing (m) | Orth. height (m) |
|-------------------|----------------|----------------|-----------------|---------------------|
| ΣΤΑΤΙΚΟΣ | ST11 | 231905.704 | 4390519.553 | 528.251 |
| ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ | ST13 | 218509.014 | 4439356.347 | 627.007 |
| Γ.Υ.Σ | ‘ΑΓ.ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ’ | 231905.742 | 4390519.531 | 528.300 |
| | ‘ΗΛΙΟΡΡΑΧΗ’ | 218509.039 | 4439356.475 | 626.652 |

Πίνακας 5.18: Συντεταγμένες σημείων επιλύσεων στατικού εντοπισμού και συντεταγμένες από ΓΥΣ σε σύστημα ΕΓΣΑ'87.

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι στο σημείο 1, ‘Αγία Παρασκευή’ οι διαφορές των τετμημένων είναι 3,84 cm, οι διαφορές των τεταγμένων ΔΥ είναι 2,2 cm και οι διαφορές των ορθομετρικών υψομέτρων είναι 4,9 cm. Στο σημείο 3, ‘Ηλιόρραχη’ οι διαφορές των τετμημένων είναι 2,53 cm, οι διαφορές των τεταγμένων ΔΥ είναι 12,81 cm και οι διαφορές των ορθομετρικών υψομέτρων είναι 35,5 cm.

- Σύγκριση αποτελεσμάτων των δικτύων Metricanet και HEPOS με τη μέθοδο VRS στα τριγωνομετρικά σημεία

Στα τριγωνομετρικά σημεία έγιναν μετρήσεις χρονικής διάρκειας 5 sec με τη μέθοδο VRS RTK αξιοποιώντας το δίκτυο σταθμών αναφοράς HEPOS. Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται οι συντεταγμένες από τη Γ.Υ.Σ. και οι συντεταγμένες που προέκυψαν με τη μέθοδο VRS RTK από τα δύο δίκτυα.

| | ΣΗΜΕΙΟ | Easting (m) | Northing (m) | Orth. height (m) |
|---------------------|----------------|----------------|-----------------|---------------------|
| VRS RTK | VRSI105 | 231905.692 | 4390519.539 | 528.213 |
| «METRICANET» | VRSI305 | 218508.991 | 4439356.385 | 626.963 |
| VRS RTK | VRSH105 | 231905.706 | 4390519.502 | 528.252 |
| «HEPOS» | VRSH305 | 218509.012 | 4439356.437 | 626.601 |
| Γ.Υ.Σ | ‘ΑΓ.ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ’ | 231905.742 | 4390519.531 | 528.300 |
| | ‘ΗΛΙΟΡΡΑΧΗ’ | 218509.039 | 4439356.475 | 626.652 |

Πίνακας 5.19: Συντεταγμένες σημείων από ΓΥΣ και από μετρήσεις με τη μέθοδο VRS RTK με χρήση των δικτύων Metricanet και HEPOS σε σύστημα ΕΓΣΑ'87.

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι στο σημείο 'Αγία Παρασκευή' οι διαφορές σε σχέση με το HEPOS και τη ΓΥΣ είναι για τις τετμημένες X 3,6 cm, για τις τεταγμένες Y 2,9 cm και τα ορθομετρικά υψόμετρα 4,8 cm. Οι διαφορές αντίστοιχα με το δίκτυο Metricanet είναι $\Delta X = 5$ cm, $\Delta Y = 0,8$ cm και $\Delta H = 8,7$ cm. Το σημείο 'Αγία Παρασκευή' απέχει απόσταση 5 km από το σταθμό της Metrica και 8 km από το σταθμό του HEPOS («Δροσοχώρι»).

Το σημείο 'Ηλιόρραχη', απέχει 50 km από το σταθμό της Metrica και 30 km από το σταθμό του HEPOS («Κτίσματα»). Οι διαφορές σε σχέση με το HEPOS και τη ΓΥΣ είναι: $\Delta X = 2,7$ cm, $\Delta Y = 3,8$ cm, $\Delta H = 5,1$ cm. Οι διαφορές της ΓΥΣ από το δίκτυο Metricanet είναι $\Delta X = 4,8$ cm, $\Delta Y = 9$ cm και $\Delta H = 31$ cm.

- Σύγκριση αποτελεσμάτων στατικού εντοπισμού με μεθόδους πραγματικού χρόνου

Χρησιμοποιώντας το λογισμικό Leica Geo Office πραγματοποιήθηκε ο μετασχηματισμός των συντεταγμένων των σημείων που μετρήθηκαν με τις μεθόδους RTK και στατικού εντοπισμού στο σύστημα ΕΓΣΑ'87 (ΕΓΣΑ_METRICA). Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει τις συντεταγμένες των σημείων καθώς και τις διαφορές των αποτελεσμάτων των μετρήσεων πραγματικού χρόνου από αυτές του στατικού εντοπισμού.

| Method | Point Id | Easting (m) | Northing (m) | Orth.height (m) | ΔX (m) | ΔY (m) | ΔH (m) |
|-------------------|----------|-------------|--------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| STATIC | STI1 | 231905.704 | 4390519.553 | 528.251 | 0 | 0 | 0 |
| | STI2 | 220906.825 | 4408748.700 | 666.641 | 0 | 0 | 0 |
| | STI3 | 218509.014 | 4439356.347 | 627.007 | 0 | 0 | 0 |
| SingleBase | RTKI105 | 231905.704 | 4390519.554 | 528.259 | -0.000 | -0.001 | -0.008 |
| RTK | RTKI115 | 231905.703 | 4390519.555 | 528.247 | 0.001 | -0.002 | 0.004 |
| | RTKI130 | 231905.702 | 4390519.551 | 528.250 | 0.002 | 0.002 | 0.001 |
| | RTKI205 | 220906.829 | 4408748.704 | 666.675 | -0.004 | -0.004 | -0.034 |
| | RTKI215 | 220906.754 | 4408748.472 | 666.784 | 0.071 | 0.228 | -0.143 |
| | RTKI230 | 220906.831 | 4408748.739 | 666.659 | -0.006 | -0.039 | -0.018 |
| | RTKI305 | 218508.998 | 4439356.340 | 627.054 | 0.016 | 0.007 | -0.047 |
| | RTKI315 | 218508.992 | 4439356.353 | 627.020 | 0.022 | -0.006 | -0.013 |
| | RTKI330 | 218508.985 | 4439356.369 | 627.006 | 0.029 | -0.022 | 0.001 |
| IMAX | IMAXI105 | 231905.705 | 4390519.562 | 528.257 | -0.001 | -0.009 | -0.006 |
| RTK | IMAIX115 | 231905.700 | 4390519.562 | 528.265 | 0.003 | -0.009 | -0.014 |
| | IMAXI130 | 231905.702 | 4390519.562 | 528.272 | 0.002 | -0.009 | -0.021 |
| | IMAXI305 | 218509.012 | 4439356.326 | 627.036 | 0.002 | 0.021 | -0.029 |
| | IMAXI315 | 218509.008 | 4439356.332 | 627.042 | 0.006 | 0.015 | -0.035 |
| | IMAXI330 | 218509.005 | 4439356.335 | 627.045 | 0.009 | 0.012 | -0.038 |
| VRS | VRSI105 | 231905.692 | 4390519.539 | 528.213 | 0.012 | 0.014 | 0.038 |
| RTK | VRSI115 | 231905.697 | 4390519.537 | 528.300 | 0.007 | 0.016 | -0.049 |
| | VRSI130 | 231905.711 | 4390519.570 | 528.284 | -0.007 | -0.017 | -0.033 |
| | VRSI305 | 218508.991 | 4439356.385 | 626.963 | 0.023 | -0.038 | 0.044 |
| | VRSI315 | 218509.004 | 4439356.304 | 626.951 | 0.010 | 0.043 | 0.056 |
| | VRSI330 | 218509.035 | 4439356.376 | 627.054 | -0.021 | -0.029 | -0.047 |

Πίνακας 5.20: Συντεταγμένες σημείων στο σύστημα ΕΓΣΑ'87 με μεθόδους στατικού εντοπισμού και RTK και διαφορές αποτελεσμάτων.

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, στο σημείο 1 το οποίο βρίσκεται στα 5 km από το σταθμό της Metrica στα Ιωάννινα, ο στατικός εντοπισμός από τη συμβατική μέθοδο Single Base RTK παρουσιάζει διαφορές που κυμαίνονται από 0 mm στην τετμημένη X έως 8 mm στα ορθομετρικά υψόμετρα, και οι διαφορές των τεταγμένων είναι στα 2 mm. Όσον αφορά στις δικτυακές επιλύσεις, οι διαφορές από τη μέθοδο IMAX είναι από 1 mm στις διαφορές των τετμημένων έως 2 cm στις διαφορές των υψομέτρων, ενώ οι διαφορές των τεταγμένων κυμαίνονται στα 9 mm. Τέλος οι διαφορές από τη δικτυακή μέθοδο VRS είναι από 7 mm στις διαφορές των τετμημένων X έως 5 cm στις διαφορές των υψομέτρων. Οι διαφορές των τεταγμένων Y κυμαίνονται στα 1,5 cm.

Το σημείο 2 το οποίο βρίσκεται στα 15 km από τον κοντινότερο σταθμό της Metrica, δεν ήταν δυνατό να μετρηθεί με όλες τις μεθόδους RTK. Πιθανολογείται ότι στο συγκεκριμένο σημείο υπήρχε προβληματική επικοινωνία μέσω GPRS και δεν ήταν δυνατό να σταλούν αρκετά δεδομένα από το υπολογιστικό κέντρο. Μετά από προσπάθειες έγιναν μετρήσεις με τη μέθοδο Single Base RTK για 5 και 30 sec. Πραγματοποιήθηκε και μια μέτρηση η οποία διήρκεσε 15 sec στην οποία όμως δεν ήρθαν αρκετά δεδομένα για τη σωστή επίλυση της. Κατά τη διάρκεια της μέτρησης αυτής, παρατηρήθηκε ότι εξαιτίας των λιγοστών δεδομένων η τρισδιάστατη ποιότητα θέσης ήταν σχεδόν 30 cm. Αξίζει να σημειωθεί ότι τη στιγμή της μέτρησης ο αριθμός των διαθέσιμων δορυφόρων ήταν 14 και το PDOP ήταν 1,9. Παρατηρώντας την ποιότητα θέσης, καθώς και την οριζοντιογραφική και υψομετρική ακρίβεια τη στιγμή της μέτρησης σε φυσιολογικές συνθήκες η μέτρηση έπρεπε να απορριφθεί. Παρόλα αυτά λήφθηκε για εκπαιδευτικούς σκοπούς για να γίνουν οι συγκρίσεις σε σχέση με αυτές που έγινε σωστή επίλυση λόγω της επάρκειας των δεδομένων. Η μέτρηση αυτή δε λήφθηκε υπόψη στους υπολογισμούς που ακολουθούν παρακάτω όπως για παράδειγμα στον υπολογισμό των RMS. Η μέτρηση της διάρκειας των 15 sec παρουσίασε διαφορές 7 cm στο ΔX , 23 cm στο ΔY και 14 cm στο ΔH . Οι διαφορές των τετμημένων X από το στατικό εντοπισμό για τις μετρήσεις διάρκειας 5 και 30 sec ήταν 4 και 6 mm αντίστοιχα, οι διαφορές των τεταγμένων Y ήταν 4 mm και 4 cm και τέλος οι διαφορές των ορθομετρικών υψομέτρων ήταν 3 και 2 cm αντίστοιχα.

Το σημείο 3 βρίσκεται σε απόσταση 50 km από το σταθμό αναφοράς και οριακά εκτός του δικτύου. Όσον αφορά στη μέθοδο Single Base RTK οι διαφορές στις τετμημένες είναι από 1 έως 3 cm, οι διαφορές στις τεταγμένες Y είναι από 6 mm έως 2 cm και οι διαφορές των υψομέτρων από 1 έως 5 cm. Η δικτυακή μέθοδος IMAX παρουσιάζει διαφορές 2 – 9 mm στο ΔX , από 1 έως 2 cm στο ΔY και 3 – 4 cm στο ΔH . Τέλος η μέθοδος των εικονικών σταθμών δίνει διαφορές που κυμαίνονται στα 1 – 2 cm στο ΔX , 2 – 4 cm στο ΔY και 4 – 6 cm στο ΔH .

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα για κάθε μέθοδο, παρατηρείται σχετικά με τη μέθοδο Single Base RTK στα 5 km από το σταθμό οι αποκλίσεις να είναι της τάξης των 1 - 2 mm οριζοντιογραφικά και το πολύ 8 mm υψομετρικά. Στα 15 km από το σταθμό οι διαφορές στα ΔX και ΔY είναι της τάξης 4 mm και το ΔH της τάξης των 1 – 3 cm (Εξαιρώντας τη μέτρηση των 15 sec). Τέλος στα 50 km από το σταθμό

παρουσιάζονται διαφορές από 6 mm έως 3 cm οριζοντιογραφικά και έως 5 cm υψομετρικά.

Αναφορικά με τη μέθοδο IMAX τα αποτελέσματα που προκύπτουν σε γενικές γραμμές είναι τα ακόλουθα: στα 5 km από το σταθμό οι αποκλίσεις είναι της τάξης των 1 - 9 mm οριζοντιογραφικά και το πολύ 2 cm υψομετρικά. Στα 50 km από το σταθμό παρουσιάζονται διαφορές από 2 mm έως 2 cm οριζοντιογραφικά και έως 4 cm υψομετρικά.

Εφαρμόζοντας τη μέθοδο VRS προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα: στα 5 km από το σταθμό οι αποκλίσεις είναι της τάξης των 7 mm – 2 cm οριζοντιογραφικά και το πολύ 5 cm υψομετρικά. Στα 50 km από το σταθμό παρουσιάζονται διαφορές από 1 cm έως 4 cm οριζοντιογραφικά και έως 6 cm υψομετρικά.

Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει τα RMS των διαφορών των συντεταγμένων στατικού εντοπισμού από μετρήσεις με μεθόδους πραγματικού χρόνου.

| | RMS ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΑΠΟ ΣΤΑΤΙΚΟ | Single Base RTK | IMAX RTK | VRS RTK |
|-----------------|---------------------------------|------------------------|-----------------|----------------|
| ΣΗΜΕΙΟ 1 | RMS(ΔX) (m) | 0.0013 | 0.0033 | 0.0108 |
| | RMS(ΔY) (m) | 0.0022 | 0.0111 | 0.0192 |
| | RMS(ΔH) (m) | 0.0064 | 0.0183 | 0.0497 |
| ΣΗΜΕΙΟ 2 | RMS(ΔX) (m) | 0.0076 | - | - |
| | RMS(ΔY) (m) | 0.0392 | - | - |
| | RMS(ΔH) (m) | 0.0385 | - | - |
| ΣΗΜΕΙΟ 3 | RMS(ΔX) (m) | 0.0278 | 0.0074 | 0.0235 |
| | RMS(ΔY) (m) | 0.0168 | 0.0202 | 0.0457 |
| | RMS(ΔH) (m) | 0.0345 | 0.0419 | 0.0603 |

Πίνακας 5.21: RMS διαφορών συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ'87 από επιλύσεις στατικού εντοπισμού και μεθόδους RT ανάλογα με τη μέθοδο μέτρησης.

Σύμφωνα με τον πίνακα 5.20, το ελάχιστο σφάλμα στις τετμημένες X παρατηρείται στη μέθοδο Single Base RTK στο σημείο 1 που απέχει 5 km από το σταθμό και το μέγιστο στην ίδια μέθοδο στο σημείο 3 που απέχει 50 km από το σταθμό. Το ελάχιστο σφάλμα στις τεταγμένες Y παρουσιάζεται στη μέθοδο Single Base RTK στο σημείο 1 και το μέγιστο στη μέθοδο των εικονικών σταθμών στο σημείο 3. Τέλος, το

ελάχιστο σφάλμα στα ορθομετρικά υψόμετρα εμφανίζεται στη μέθοδο Single Base RTK στο σημείο 1 και το μέγιστο στη μέθοδο VRS στο σημείο 3. Η μέση τιμή στη μέθοδο Single Base RTK στις τετμημένες ΔX είναι 1,22 cm, στις τεταγμένες ΔY είναι 1,94 cm και στα υψόμετρα ΔH είναι 2,65 cm. Η μέση τιμή στη μέθοδο IMAX RTK στις τετμημένες ΔX είναι 0,54 cm, στις τεταγμένες ΔY είναι 1,57 cm και στα υψόμετρα ΔH είναι 3 cm. Η μέση τιμή στη μέθοδο VRS RTK στις τετμημένες ΔX είναι 1,72 cm, στις τεταγμένες ΔY είναι 3,2 cm και στα υψόμετρα ΔH είναι 5,5 cm. Να σημειωθεί ότι δεν υπάρχουν σφάλματα για τις μεθόδους IMAX και VRS εφόσον δεν υλοποιήθηκαν. Επίσης για τον υπολογισμό του RMS στη μέθοδο Single Base RTK δε λήφθηκε υπόψη η μέτρηση διάρκειας 15 sec.

Συνεπώς, από το συγκεκριμένο πείραμα παρατηρείται ότι η μεγαλύτερη διαφορά παρουσιάστηκε στη μέθοδο των εικονικών σταθμών εκτός του δικτύου όπως φαίνεται από τον πίνακα 5.20. Επίσης, τα RMS σε γενικές γραμμές κυμαίνονται από 1 έως 3 cm. Τα συμπεράσματα ισχύουν για τη συγκεκριμένη εφαρμογή και προέκυψαν μετά από σύγκριση των αποτελεσμάτων που προήλθαν από τις επιλύσεις στατικών εντοπισμών και μεθόδους πραγματικού χρόνου (μια συμβατική και δύο δικτυακές) για σημεία τα οποία απέχουν 5, 15 και 50 km από τον σταθμό.

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν τα RMS ανάλογα με τη χρονική διάρκεια των μετρήσεων για κάθε μέθοδο μέτρησης πραγματικού χρόνου. Η σύγκριση έγινε μεταξύ του στατικού εντοπισμού που διήρκεσε 30 min και των μεθόδων RTK που διήρκεσαν για 5, 15 και 30 sec η κάθε μέτρηση. Υπενθυμίζεται ότι στο δεύτερο σημείο δεν πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις IMAX και VRS και παραλείπεται η μέτρηση που διήρκεσε 15 sec με την τεχνική Single Base RTK. Συνεπώς τα RMS για τις μεθόδους IMAX και VRS εξήχθησαν από τα σημεία 1 και 3. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

| ΜΕΘΟΔΟΣ | ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec) | RMS (ΔX) (m) | RMS (ΔY) (m) | RMS (ΔH) (m) |
|------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| SingleBase | 5 | 0.0117 | 0.0059 | 0.0414 |
| RTK | 15 | 0.0221 | 0.0064 | 0.0136 |
| | 30 | 0.0205 | 0.0317 | 0.0128 |
| IMAX | 5 | 0.0020 | 0.0230 | 0.0296 |
| RTK | 15 | 0.0068 | 0.0175 | 0.0377 |
| | 30 | 0.0090 | 0.0150 | 0.0434 |
| VRS | 5 | 0.0258 | 0.0412 | 0.0581 |
| RTK | 15 | 0.0121 | 0.0458 | 0.0744 |
| | 30 | 0.0228 | 0.0295 | 0.0574 |

Πίνακας 5.22: RMS διαφορών συντεταγμένων στατικού εντοπισμού από μεθόδους RT στο ΕΓΣΑ'87 ανάλογα με τη χρονική διάρκεια μέτρησης.

Το ελάχιστο σφάλμα στις τετμημένες X σύμφωνα με τον πίνακα 5.22 παρουσιάζεται στη μέθοδο IMAX για χρονική διάρκεια 5 sec και το μέγιστο στη μέθοδο VRS για χρονική διάρκεια 5 sec. Το ελάχιστο σφάλμα στις τεταγμένες Y παρουσιάζεται στη μέθοδο Single Base RTK για χρονική διάρκεια 5 sec και το μέγιστο στη μέθοδο VRS για χρονική διάρκεια 15 sec. Τέλος το ελάχιστο σφάλμα στα ορθομετρικά υψόμετρα παρουσιάζεται στη μέθοδο Single Base RTK για χρονική διάρκεια 30 sec και το μέγιστο σε διάρκεια 15 sec στη μέθοδο VRS. Συνεπώς, από το συγκεκριμένο πείραμα προκύπτει ότι τα RMS των διαφορών των συντεταγμένων του στατικού εντοπισμού από τις μεθόδους πραγματικού χρόνου δεν επηρεάζονται από τη χρονική διάρκεια των μετρήσεων RT όπου πραγματοποιήθηκαν για 5, 15 και 30 sec. Επειδή τα στοιχεία που υπάρχουν είναι πολύ λίγα για να βγει ένα γενικότερο συμπέρασμα, η διαπίστωση αφορά τη συγκεκριμένη εφαρμογή.

➤ Σύγκριση αποτελεσμάτων μετρήσεων των μεθόδων RTK

Η σύγκριση των αποτελεσμάτων για τις μετρήσεις πραγματικού χρόνου προκύπτει από τα σημεία 1 και 3 που βρίσκονται 5 και 50 km από το σταθμό αντίστοιχα. Οι παρακάτω πίνακες παρουσιάζουν τις διαφορές των συντεταγμένων εξετάζοντας τις μεθόδους Single Base RTK – VRS και VRS – IMAX για τα σημεία 1 και 3.

| ΣΗΜΕΙΟ 1 | | | |
|---------------------|--|--|--|
| Δt (sec) | ΔX(Single Base RTK-VRS) (m) | ΔY(Single Base RTK-VRS) (m) | ΔH(Single Base RTK-VRS) (m) |
| 5 | 0.012 | 0.0153 | 0.088 |
| 15 | 0.0059 | 0.0179 | -0.053 |
| 30 | -0.0087 | -0.0189 | -0.034 |
| | | | |
| Δt (sec) | ΔX(IMAX-VRS) (m) | ΔY(IMAX-VRS) (m) | ΔH(IMAX-VRS) (m) |
| 5 | 0.0126 | 0.0230 | 0.086 |
| 15 | 0.0028 | 0.0254 | -0.035 |
| 30 | -0.0091 | -0.0073 | -0.012 |

Πίνακας 5.23: Διαφορές συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ'87 μεταξύ των μεθόδων Single Base RTK – VRS και IMAX – VRS για το σημείο 1 (5 km από τον σταθμό αναφοράς Ιωαννίνων).

| ΣΗΜΕΙΟ 3 | | | |
|---------------------|--|--|--|
| Δt (sec) | ΔX(Single Base RTK-VRS) (m) | ΔY(Single Base RTK-VRS) (m) | ΔH(Single Base RTK-VRS) (m) |
| 5 | 0.0071 | -0.0456 | 0.091 |
| 15 | -0.0121 | 0.0490 | 0.069 |
| 30 | -0.0499 | -0.0073 | -0.048 |
| | | | |
| Δt (sec) | ΔX(IMAX-VRS) (m) | ΔY(IMAX-VRS) (m) | ΔH(IMAX-VRS) (m) |
| 5 | 0.0214 | -0.0599 | 0.073 |
| 15 | 0.0046 | 0.0281 | 0.091 |
| 30 | -0.0304 | -0.0410 | -0.009 |

Πίνακας 5.24: Διαφορές συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ'87 μεταξύ των μεθόδων Single Base RTK – VRS και IMAX – VRS για το σημείο 3 (50 km από τον σταθμό αναφοράς Ιωαννίνων).

Από τους παραπάνω πίνακες συγκρίνοντας τις μεθόδους Single Base RTK – VRS, προκύπτει, όπως είναι αναμενόμενο, ότι οι μέγιστες διαφορές στις συντεταγμένες προκύπτουν για το σημείο 3 ($\Delta X= 5$ cm, $\Delta Y= 5$ cm, $\Delta H= 9$ cm) και οι ελάχιστες διαφορές για το σημείο 1 ($\Delta X= 0,6$ cm, $\Delta Y= 1,5$ cm, $\Delta H= 3$ cm).

Μετά από σύγκριση των δικτυακών μεθόδων IMAX και VRS προκύπτει ότι οι μέγιστες διαφορές προκύπτουν για το σημείο 3 ($\Delta X= 3$ cm, $\Delta Y= 6$ cm, $\Delta H= 9$ cm). Οι ελάχιστες διαφορές οριζοντιογραφικά προκύπτουν για το σημείο 1 ($\Delta X= 0,3$ cm, $\Delta Y= 0.7$ cm) και υψομετρικά για το σημείο 3 ($\Delta H= 0,9$ cm).

Στη συνέχεια ακολουθούν οι πίνακες που παρουσιάζουν τα RMS των διαφορών των συντεταγμένων για τις μεθόδους Single Base RTK – VRS και IMAX – VRS που σχετίζονται α) με τη μέθοδο μέτρησης και β) με τη χρονική διάρκεια της μέτρησης.

| ΣΗΜΕΙΟ | ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ | RMS(ΔX) (m) | RMS(ΔY) (m) | RMS(ΔH) (m) |
|--------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | Single Base RTK - VRS | 0.0112 | 0.0214 | 0.0765 |
| | IMAX - VRS | 0.0662 | 0.0248 | 0.0662 |
| 3 | Single Base RTK - VRS | 0.0367 | 0.0476 | 0.0876 |
| | IMAX - VRS | 0.0265 | 0.0550 | 0.0827 |

Πίνακας 5.25: RMS διαφορών συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ'87 για τις μεθόδους Single Base RTK – VRS RTK και IMAX RTK– VRS RTK ανάλογα με τη μέθοδο μέτρησης.

Εξετάζοντας τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι το μέγιστο σφάλμα στη διαφορά των τετμημένων που εμφανίζεται ανάλογα με τη μέθοδο μέτρησης βρίσκεται στο σημείο 1 στις μεθόδους IMAX – VRS και είναι 6 cm και το ελάχιστο και πάλι στο σημείο 1 στις μεθόδους Single Base RTK – VRS. Το μέγιστο σφάλμα στις διαφορές τεταγμένων ΔY είναι 5,5 cm στο σημείο 3 στη διαφορά στις μεθόδους IMAX – VRS και το ελάχιστο στο σημείο 1 στις μεθόδους Single Base RTK – VRS. Τέλος, το μέγιστο σφάλμα στις διαφορές υψομέτρων είναι 9 cm και βρίσκεται στο σημείο 3 στις μεθόδους Single Base RTK – VRS και το ελάχιστο στο σημείο 1 στη διαφορά μεταξύ των μεθόδων IMAX – VRS.

| ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ | ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec) | RMS(ΔX) (m) | RMS(ΔY) (m) | RMS(ΔH) (m) |
|------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| VRS RTK – | 5 | 0.0139 | 0.0481 | 0.1266 |
| Single Base RTK | 15 | 0.0135 | 0.0522 | 0.0870 |
| | 30 | 0.0507 | 0.0203 | 0.0588 |
| | VRS RTK – | 5 | 0.0248 | 0.0642 |
| IMAX RTK | 15 | 0.0054 | 0.0379 | 0.0975 |
| | 30 | 0.0317 | 0.0416 | 0.0150 |

Πίνακας 5.26: RMS διαφορών συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ'87 για τις μεθόδους VRS RTK – Single Base RTK και VRS RTK – IMAX RTK ανάλογα με τη χρονική διάρκεια μέτρησης.

Με βάση τον πίνακα 5.26, από τη σύγκριση των μεθόδων Single Base RTK και VRS RTK προκύπτει ότι οι μέγιστες τιμές των RMS στις τετμημένες παρατηρούνται για χρονική διάρκεια 30 sec, στις τεταγμένες για διάρκεια 5 sec και στα ορθομετρικά υψόμετρα για διάρκεια 15 sec. Οι μέσες τιμές για τις χρονικές διάρκειες των 5, 15 και

30 sec είναι 3 cm οριζοντιογραφικά και 9 cm υψομετρικά. Από τη σύγκριση των μεθόδων VRS RTK και IMAX RTK, προκύπτει ότι οι μέγιστες τιμές στα RMS παρατηρούνται στις τετμημένες για χρονική διάρκεια 30 sec, στις τεταγμένες για χρονική διάρκεια 5 sec και στα ορθομετρικά υψόμετρα για χρονική διάρκεια 15 sec. Οι μέσες τιμές για τις χρονικές διάρκειες των 5, 15 και 30 sec είναι 3 cm οριζοντιογραφικά και 7,5 cm υψομετρικά. Να σημειωθεί ότι τα RMS υπολογίστηκαν μόνο από τα σημεία 1 και 3 εφόσον στο σημείο 2 δεν πραγματοποιήθηκαν δικτυακές τεχνικές.

Συνοπτικά από τον πίνακα 5.25 προκύπτει ότι οι συντεταγμένες διαφοροποιούνται σε σχέση με τη μέθοδο μέτρησης κατά κύριο λόγο ως προς την απόσταση (Τα περισσότερα μέγιστα σφάλματα στο σημείο 3, στα 50 km από το σταθμό). Όσον αφορά στη χρονική διάρκεια των μετρήσεων φάνηκε ότι οι διαφοροποιήσεις των αποτελεσμάτων δεν οφείλονται στην αύξηση της διάρκειας των μετρήσεων. Το πόρισμα αυτό βγαίνει για τη συγκεκριμένη εφαρμογή και δε μπορεί να γενικευτεί αφού δύο είναι τα σημεία που ουσιαστικά χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή του.

- Διαφορές αποτελεσμάτων συντεταγμένων των σημείων στα συστήματα ΕΓΣΑ και ΕΓΣΑ_Metrica (ΕΓΣΑ'87)

Με τη βοήθεια του λογισμικού Leica Geo Office έγινε μετατροπή των συντεταγμένων των σημείων που μετρήθηκαν με στατικό εντοπισμό και με μεθόδους πραγματικού χρόνου (βλ. Κεφάλαιο 3). Οι συντεταγμένες εξήχθησαν στο σύστημα ΕΓΣΑ στο οποίο δεν έχουν εισέρθει οι τοπικοί παράμετροι μετασχηματισμού. Οι συντεταγμένες στο σύστημα ΕΓΣΑ_Metrica, δηλαδή στο ΕΓΣΑ'87 παρουσιάζονται στον πίνακα 5.20. Στο παράρτημα Γ3 υπάρχει ο πίνακας Γ.3.1 που παρουσιάζει τις συντεταγμένες στο σύστημα ΕΓΣΑ. Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει τις διαφορές των οριζοντιογραφικών συντεταγμένων στα δύο συστήματα για κάθε σημείο.

| ΣΗΜΕΙΟ | ΔΧ (ΕΓΣΑ- ΕΓΣΑ_Metrica) (m) | ΔΥ (ΕΓΣΑ- ΕΓΣΑ_Metrica) (m) |
|--------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 2.005 | 1.085 |
| 2 | 2.072 | 1.148 |
| 3 | 2.199 | 1.217 |

Πίνακας 5.27: Διαφορές οριζοντιογραφικών συντεταγμένων στα συστήματα ΕΓΣΑ και ΕΓΣΑ_Metrica (ΕΓΣΑ'87).

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται και στα τρία σημεία ότι οι διαφορές που προέκυψαν είναι παραπλήσιες. Τα σημεία δεν ανήκουν στην ίδια περιοχή (υπενθυμίζεται ότι το πρώτο σημείο στα 5 km από το σταθμό αναφοράς στα Ιωάννινα βρίσκεται στην Κατσικά, το δεύτερο σημείο στα 15 km βρίσκεται στη Μεταμόρφωση και το τρίτο σημείο στα 50 km βρίσκεται στην Ηλιόρραχη). Επειδή όμως ανήκουν στην περιοχή του νομού Ιωαννίνων όπου εφαρμόζονται ίδιοι τοπικοί μετασχηματισμοί οι διαφορές είναι παραπλήσιες. Επομένως, όταν ένας χρήστης αξιοποιήσει το δίκτυο σταθμών της Metrica και δεν εισάγει τις τοπικές παραμέτρους μετασχηματισμού αλλά χρησιμοποιήσει τον απλό μετασχηματισμό από WGS'84 σε ΕΓΣΑ'87 τότε θα αποκλίνει κατά 2 m στο X και περίπου 1 m στο Y στην ευρύτερη περιοχή της Άρτας και των Ιωαννίνων.

- Στατιστικά στοιχεία που αφορούν τον προσδιορισμό των συντεταγμένων των σημείων

Με τη βοήθεια του LGO προέκυψαν οι οριζοντιογραφικές και υψομετρικές ακρίβειες με τις οποίες προσδιορίστηκαν οι συντεταγμένες των σημείων με τις τεχνικές μέτρησης πραγματικού χρόνου. Επιπλέον, στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται στοιχεία όπως τα γεωμετρικά μέτρα ακρίβειας προσδιορισμού των σημείων, ο αριθμός των διαθέσιμων δορυφόρων σε κάθε μέτρηση καθώς και η τρισδιάστατη ποιότητα θέσης για το κάθε σημείο και την κάθε τεχνική μέτρησης.

| Point ID | GDOP | HDOP | PDOP | VDOP | Hζ. akrabeia (m) | V. akrabeia (m) | 3D Quality (m) | Συνολικός Αριθμός Δορυφόρων (=GPS+GLONASS) |
|----------|------|------|------|------|------------------------|-----------------------|----------------------|---|
| RTKI105 | 2.5 | 1.2 | 2.1 | 1.7 | 0.0078 | 0.0107 | 0.0133 | 12 (=7+5) |
| RTKI115 | 2.5 | 1.2 | 2.1 | 1.7 | 0.0065 | 0.0089 | 0.0110 | 12(=7+5) |
| RTKI130 | 2.5 | 1.2 | 2.1 | 1.7 | 0.0076 | 0.0103 | 0.0128 | 12(=7+5) |
| RTKI205 | 2.2 | 1.1 | 1.9 | 1.6 | 0.0092 | 0.0115 | 0.0147 | 13(=7+6) |
| RTKI215 | 2.2 | 1.1 | 1.9 | 1.6 | 0.1702 | 0.2449 | 0.2983 | 14(=8+6) |
| RTKI230 | 2.5 | 1.2 | 2.2 | 1.8 | 0.0107 | 0.0129 | 0.0168 | 12(=6+6) |
| RTKI305 | 2.1 | 1.1 | 1.9 | 1.5 | 0.0066 | 0.0094 | 0.0115 | 13(=7+6) |
| RTKI315 | 2.1 | 1.1 | 1.9 | 1.5 | 0.0078 | 0.0111 | 0.0136 | 13(=7+6) |
| RTKI330 | 2.1 | 1.1 | 1.8 | 1.5 | 0.0073 | 0.0104 | 0.0127 | 13(=7+6) |
| IMAXI105 | 1.7 | 1.0 | 1.5 | 1.1 | 0.0067 | 0.0086 | 0.0109 | 13(=7+6) |
| IMAXI115 | 1.8 | 1.0 | 1.6 | 1.2 | 0.0066 | 0.0084 | 0.0107 | 13(=7+6) |
| IMAXI130 | 1.8 | 1.0 | 1.6 | 1.2 | 0.0096 | 0.0130 | 0.0162 | 13(=7+6) |
| IMAXI305 | 2.1 | 1.0 | 1.8 | 1.5 | 0.0212 | 0.0295 | 0.0363 | 15(=8+7) |
| IMAXI315 | 1.7 | 0.9 | 1.6 | 1.3 | 0.0157 | 0.0212 | 0.0263 | 13(=7+6) |
| IMAXI330 | 1.7 | 0.9 | 1.6 | 1.3 | 0.0147 | 0.0198 | 0.0247 | 17(=9+8) |
| VRSI105 | 5.8 | 4.7 | 5.3 | 2.5 | 0.0256 | 0.0155 | 0.0299 | 5(=4+1) |
| VRSI115 | 19.5 | 7.1 | 15 | 13.2 | 0.0301 | 0.0564 | 0.0639 | 5(=4+1) |
| VRSI130 | 3.4 | 1.7 | 2.8 | 2.2 | 0.0136 | 0.0194 | 0.0237 | 6(=4+2) |
| VRSI305 | 5.0 | 2.2 | 4.1 | 3.4 | 0.0239 | 0.0472 | 0.0529 | 5(=4+1) |
| VRSI315 | 8.8 | 2.5 | 6.9 | 6.4 | 0.0244 | 0.0538 | 0.0591 | 4(=3+1) |
| VRSI330 | 5.0 | 2.3 | 4.1 | 3.4 | 0.0169 | 0.0424 | 0.0457 | 5(=4+1) |

Πίνακας 5.28: Στατιστικά στοιχεία των διανυσμάτων των σημείων με τις τεχνικές (Single Base) RTK, IMAX RTK και VRS RTK.

Εξετάζοντας τον πίνακα 5.28, εξάγονται κάποια συμπεράσματα που αφορούν την ακρίβεια προσδιορισμού του σημείου συναρτήσει του αριθμού των δορυφόρων και των DOP τη στιγμή της μέτρησης.

Όσον αφορά στο σημείο 1, το οποίο απέχει 5 km από το σταθμό της Metrica στα Ιωάννινα εφαρμόζοντας την τεχνική Single Base RTK η τρισδιάστατη ποιότητα θέσης ήταν 1 cm, με διαθεσιμότητα 12 συνολικά δορυφόρων και τα GDOP και PDOP είχαν τις τιμές 2,5 και 2,1 αντίστοιχα. Η ποιότητα θέσης με την δικτυακή τεχνική IMAX ήταν περίπου 1 – 1,5 cm ενώ κατά τη διάρκεια των μετρήσεων ήταν 13 οι διαθέσιμοι δορυφόροι. Όσον αφορά στους δείκτες GDOP και PDOP είχαν τις τιμές 1,8 και 1,6 αντίστοιχα. Τέλος όσον αφορά στη δικτυακή τεχνική VRS και οι 3

μετρήσεις που υλοποιήθηκαν είχαν τρισδιάστατη ποιότητα θέσης 5 και 6 cm. Ο αριθμός των δορυφόρων στις μετρήσεις ήταν πολύ περιορισμένος και ανερχόταν στους 5 και 4. Επιπλέον όσον αφορά στη γεωμετρία των δορυφόρων το GDOP για τις μετρήσεις των 5 και 30 sec είχε την τιμή 5 ενώ στη μέτρηση των 15 sec είχε την τιμή 19,5. Τέλος, οι τιμές του PDOP είχαν τις τιμές 5 (λιγότερο κατάλληλο επίπεδο για εκτέλεση μετρήσεων εφαρμογών ακριβείας) και 3 για τις μετρήσεις των 5 και 30 sec αντίστοιχα και την τιμή 15 (αναπαριστά ένα χαμηλό επίπεδο εμπιστοσύνης και θα χρησίμευε σε μια χονδρική εκτίμηση θέσης) για τη μέτρηση των 15 sec. Η θέση των σημείων προσδιορίστηκε από δορυφόρους GPS και GLONASS με αναλογία 7:5 για την τεχνική Single Base RTK, 7:6 για τη μέθοδο IMAX και 4:1 και 4:2 για την τεχνική VRS. Στη δικτυακή τεχνική VRS η οποία είχε τους λιγότερους διαθέσιμους δορυφόρους επισημαίνεται ότι θα μπορούσε να γίνει επίλυση και μόνο με GPS εφόσον 4 δορυφόροι είναι ικανοί να δώσουν λύση. Συμπερασματικά, όσον αφορά στο σημείο 1, παρατηρείται ότι ο προσδιορισμός ακρίβειας των συντεταγμένων επηρεάστηκε σημαντικά από τη διαθεσιμότητα και τη γεωμετρία των δορυφόρων στη μέθοδο VRS.

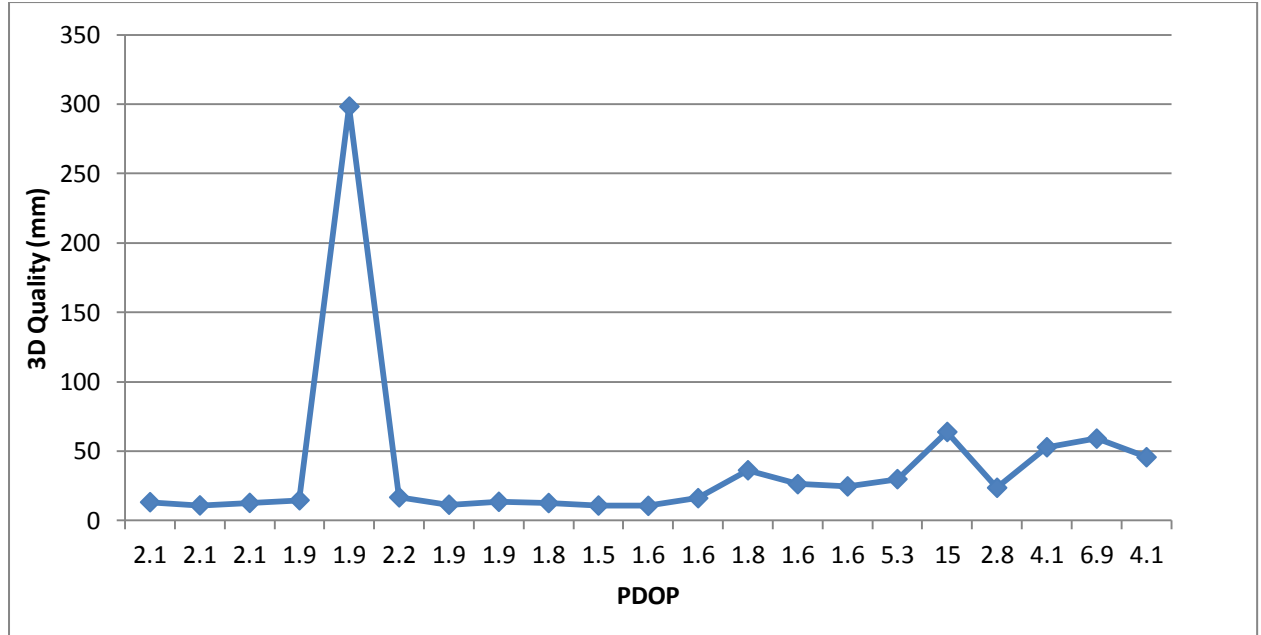
Στο σημείο 2, το οποίο απέχει 15 km από τον σταθμό της Metrica, επιτεύχθηκε μόνο η τεχνική Single Base RTK λόγω του ενδεχόμενου προβλήματος GPRS που υπήρχε στη συγκεκριμένη περιοχή. Υπενθυμίζεται ότι η μέτρηση που διήρκεσε 15 sec θα έπρεπε να είχε απορριφθεί τη στιγμή μέτρησης δεδομένης της ακρίβειας προσδιορισμού της όπου φαινόταν από το χειριστήριο. Η μέτρηση αυτή είχε τρισδιάστατη ποιότητα θέσης 30 cm. Παρατηρώντας τον πίνακα 5.28 ο αριθμός διαθέσιμων δορυφόρων τη στιγμή μέτρησης ήταν 14 (8 GPS και 6 GLONASS) ενώ οι δείκτες GDOP και PDOP είχαν τιμές 2,2 και 1,9. Οι τιμές αυτές επιβεβαιώνουν το γεγονός ότι στην ακρίβεια θέσης της συγκεκριμένης μέτρησης δεν έπαιξαν ρόλο οι παραπάνω παράγοντες. Πιθανολογείται ότι στη συγκεκριμένη μέτρηση λόγω όχι καλής σύνδεσης GPRS δεν έφτασαν αρκετά δεδομένα από το υπολογιστικό κέντρο για τη σωστή επίλυση της. Οι μετρήσεις που διήρκεσαν 5 και 30 sec είχαν τρισδιάστατη ποιότητα θέσης 1,5 cm και υπήρχαν 13 (7 GPS και 6 GLONASS) και 12 (6 GPS και 6 GLONASS) δορυφόροι διαθέσιμοι. Οι δείκτες GDOP και PDOP είχαν τιμές περίπου 2,5 και 2,2 αντίστοιχα. Η μέτρηση του δεύτερου σημείου οδηγεί στο συμπέρασμα ότι παρόλο που η διαθεσιμότητα και τα γεωμετρικά μέτρα ακρίβειας

των δορυφόρων είναι σε πολύ καλά επίπεδα, δεν είναι απαραίτητο ότι η ακρίβεια προσδιορισμού θα είναι το ίδιο καλή, εφόσον εξαρτάται και από άλλους παράγοντες.

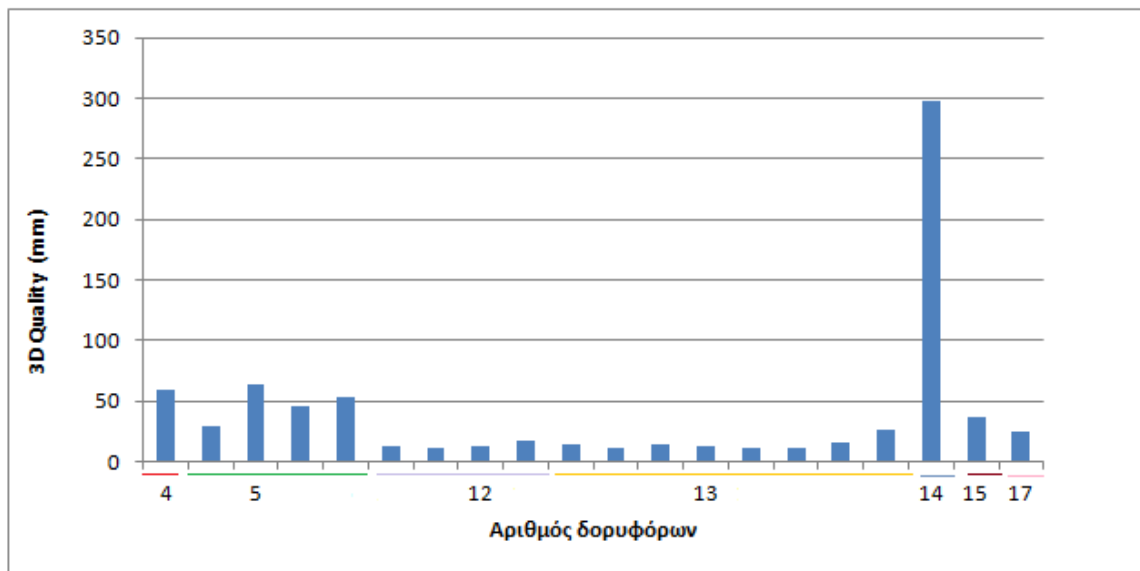
Στο σημείο 3, το οποίο βρίσκεται οριακά εκτός του δικτύου στα 50 km από το σταθμό αναφοράς, η συμβατική τεχνική Single Base RTK έχει τρισδιάστατη ποιότητα θέσης περίπου 1 cm έχοντας 13 (7 GPS και 6 GLONASS) δορυφόρους διαθέσιμους ενώ οι δείκτες GDOP και PDOP έχουν τιμές 2,1 και 1,9. Όσον αφορά στη δικτυακή τεχνική IMAX η ποιότητα θέσης κυμάνθηκε στο 1 – 1,5 cm. Στη μέτρηση των 5 sec υπήρχαν διαθέσιμοι 15 (8 GPS και 7 GLONASS) δορυφόροι και οι δείκτες GDOP και PDOP είχαν τιμές 2,1 και 1,8 αντίστοιχα. Οι μετρήσεις των 15 και 30 sec είχαν διαθέσιμους 13 (7 GPS και 6 GLONASS) και 17 (9 GPS και 8 GLONASS) δορυφόρους και οι δείκτες GDOP και PDOP είχαν τιμές 1,7 και 1,6 αντίστοιχα. Σχετικά με την δικτυακή τεχνική VRS, η τρισδιάστατη ποιότητα θέσης ήταν στα 5 – 6 cm. Η μέτρηση διάρκειας 15 sec πραγματοποιήθηκε με 4 (3 GPS και 1 GLONASS) δορυφόρους διαθέσιμους και τιμές GDOP = 9 και PDOP = 7 (είναι μέτριο και σημαίνει ότι οι μετρήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για υπολογισμούς) και οι μετρήσεις των 5 και 30 sec έχοντας 5 (4 GPS και 1 GLONASS) δορυφόρους διαθέσιμους και δείκτες GDOP = 5 και PDOP = 4. Σχετικά με τη διαθεσιμότητα των δορυφόρων, να επισημανθεί ότι η μέτρηση με την τεχνική VRS για χρονική διάρκεια 15 sec δε θα μπορούσε να επιτευχθεί μόνο με δορυφόρους GPS, χωρίς τη συμμετοχή έστω κι ενός GLONASS. Από τη μέτρηση του σημείου 3, διαπιστώνεται ότι συγκρίνοντας τις μετρήσεις της τεχνικής VRS με τις υπόλοιπες, η ποιότητα θέσης εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα των δορυφόρων και τους δείκτες γεωμετρικής ακρίβειας.

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα από τις μετρήσεις και των τριών σημείων το συμπέρασμα είναι ότι αν οι διαθέσιμοι δορυφόροι και οι δείκτες DOP δεν είναι σε καλά επίπεδα τότε αναμένεται ότι η ακρίβεια προσδιορισμού του σημείου δεν θα είναι τόσο καλή. Σε αντίθετη περίπτωση που οι διαθέσιμοι δορυφόροι και οι δείκτες γεωμετρικής ακρίβειας τους είναι πολύ καλοί, δεν είναι απαραίτητο ότι η τρισδιάστατη ποιότητα θέσης θα είναι και αυτή εξαιρετική. Επειδή τα παραπάνω συμπεράσματα προκύπτουν από τη μελέτη τριών μόνο σημείων δε μπορούν να γενικευτούν, παρά μόνο ισχύουν για τη συγκεκριμένη εφαρμογή.

Στη συνέχεια ακολουθούν τα διαγράμματα 5.9 και 5.10 που δείχνουν την ποιότητα θέσης συναρτήσει του PDOP και του αριθμού των δορυφόρων αντίστοιχα και επιβεβαιώνουν γραφικά τα παραπάνω συμπεράσματα.



Διάγραμμα 5.9: Ποιότητα θέσης συναρτήσει PDOP.



Διάγραμμα 5.10: Ποιότητα θέσης συναρτήσει αριθμού δορυφόρων.

- Οριζοντιογραφικές και υψομετρικές ακρίβειες των μετρημένων σημείων.

Οι οριζοντιογραφικές και υψομετρικές ακρίβειες με τις οποίες μετρήθηκαν τα σημεία με τις μεθόδους πραγματικού χρόνου παρουσιάζονται στον πίνακα 5.28. Οι θεωρητικές οριζοντιογραφικές και υψομετρικές ακρίβειες σύμφωνα με τον κατασκευαστή για μετρήσεις πραγματικού χρόνου παρουσιάζονται στον πίνακα 5.29.

| ΣΗΜΕΙΟ | ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ_ΑΚΡΙΒΕΙΑ (m) | ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ_ΑΚΡΙΒΕΙΑ (m) |
|--------|---|---|
| 1 | 0,0112 | 0,0206 |
| 2 | 0,0180 | 0,0250 |
| 3 | 0,0510 | 0,0539 |

Πίνακας 5.29: Οριζοντιογραφική και υψομετρική ακρίβεια μετρήσεων πραγματικού χρόνου.

5.4.2 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων της αποτύπωσης του αμφιθεατρικού χώρου στην περιοχή Γιαννινιώτικο Σαλόνι.

Η αποτύπωση του αμφιθεατρικού χώρου στην περιοχή Γιαννινιώτικο Σαλόνι υλοποιήθηκε με τη μέθοδο Single Base RTK. Η χρονική διάρκεια μέτρησης για το κάθε σημείο ήταν 5 sec. Ο πίνακας που ακολουθεί περιλαμβάνει τις συντεταγμένες των σημείων σε σύστημα ΕΓΣΑ'87, την τρισδιάστατη ποιότητα θέσης, τους δείκτες γεωμετρικής ακρίβειας (DOP) και τον αριθμό των διαθέσιμων δορυφόρων κατά τη διάρκεια μέτρησης κάθε σημείου.

Οι συντεταγμένες των σημείων στο ΕΓΣΑ'87 προέκυψαν μετά από επεξεργασία στο LGO. Πριν ξεκινήσουν οι μετρήσεις δόθηκε από το χειριστήριο ανοχή 5 cm που είναι ανεκτή για τα πλαίσια μιας αποτύπωσης.

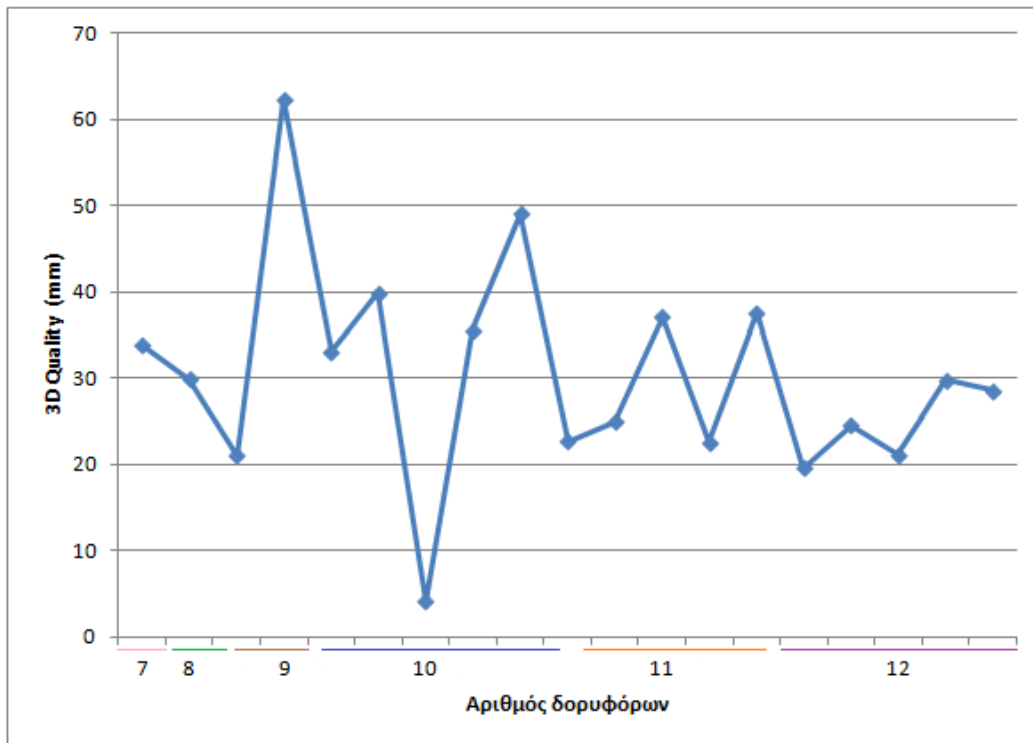
Από τον πίνακα 5.30 παρατηρείται ότι λείπουν κάποια σημεία. Τα σημεία αυτά βρίσκονταν σε περιοχή με ψηλή και έντονη βλάστηση οπότε δεν ήταν δυνατή η αποτύπωσή τους (Κεφάλαιο 4, Εικόνα 4.24). Το σημείο 7 παρατηρείται ότι αποτυπώθηκε με μικρότερη ακρίβεια της τάξης των 6 cm επειδή αγνοήθηκε μέσα από το χειριστήριο τη στιγμή της μέτρησης το επιτρεπτό όριο των 5 cm που τέθηκε (Ο

λόγος είναι είναι ότι δεν απείχε πολύ από το επιτρεπόμενο όριο για αυτό και λήφθηκε η μέτρηση).

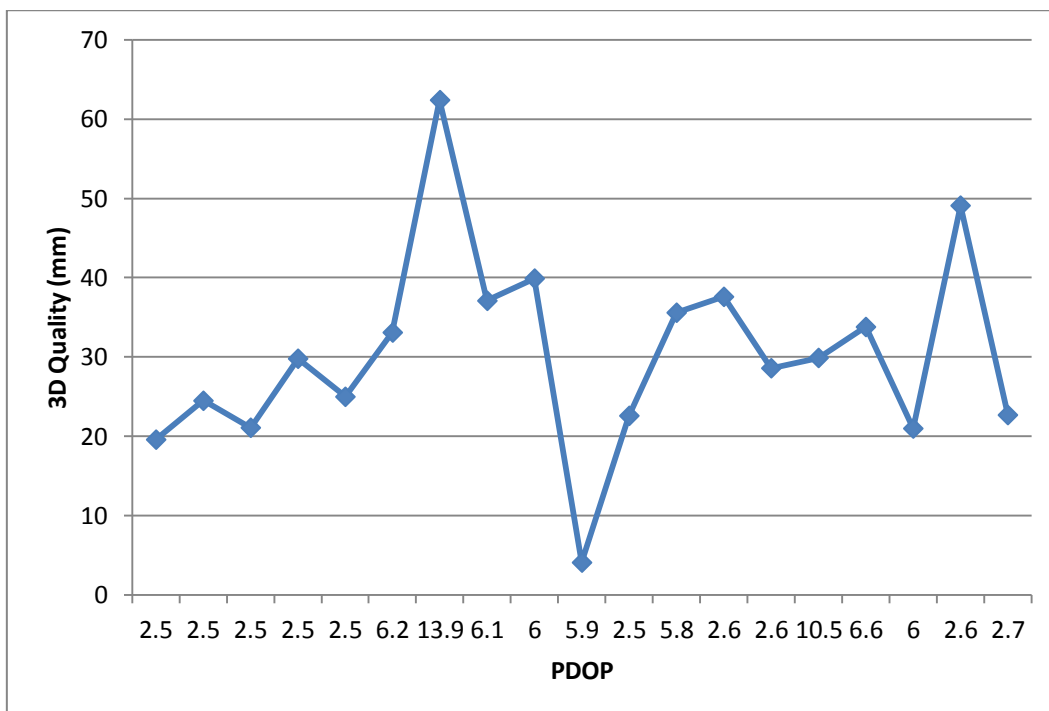
| Point Id | Easting (m) | Northing (m) | Orth, height (m) | HDOP | VDOP | PDOP | GDOP | 3D Quality (m) | Συνολικός Αριθμός δορυφόρων (=GPS+GLONASS) |
|----------|-------------|--------------|------------------|------|------|------|------|----------------|--|
| RTK1 | 230017.529 | 4392257.325 | 488.047 | 1.2 | 2.2 | 2.5 | 2.9 | 0.0196 | 12(=7+5) |
| RTK2 | 230018.215 | 4392257.478 | 487.765 | 1.2 | 2.2 | 2.5 | 2.9 | 0.0245 | 12(=7+5) |
| RTK3 | 230018.852 | 4392257.652 | 487.497 | 1.2 | 2.2 | 2.5 | 2.9 | 0.0211 | 12(=7+5) |
| RTK4 | 230019.487 | 4392257.814 | 487.191 | 1.2 | 2.2 | 2.5 | 2.9 | 0.0298 | 12(=7+5) |
| RTK5 | 230020.126 | 4392258.111 | 486.889 | 1.2 | 2.2 | 2.5 | 2.9 | 0.025 | 11(=7+4) |
| RTK6 | 230022.559 | 4392262.826 | 486.856 | 2.7 | 5.6 | 6.2 | 7.5 | 0.0331 | 10(=6+4) |
| RTK7 | 230022.360 | 4392263.494 | 487.041 | 4.8 | 13.0 | 13.9 | 17.1 | 0.0624 | 9(=5+4) |
| RTK8 | 230022.129 | 4392264.129 | 487.457 | 2.6 | 5.5 | 6.1 | 7.4 | 0.0371 | 11(=6+5) |
| RTK9 | 230021.879 | 4392264.759 | 487.778 | 2.5 | 5.5 | 6 | 7.3 | 0.0399 | 10(=6+4) |
| RTK10 | 230021.611 | 4392265.396 | 488.115 | 2.4 | 5.4 | 5.9 | 7.2 | 0.0041 | 10(=6+4) |
| RTK11 | 230021.455 | 4392265.799 | 488.423 | 1.2 | 2.2 | 2.5 | 2.9 | 0.0226 | 11(=7+4) |
| RTK13 | 230030.158 | 4392260.462 | 487.748 | 2.1 | 5.4 | 5.8 | 7.1 | 0.0356 | 10(=6+4) |
| RTK14 | 230029.478 | 4392260.330 | 487.482 | 1.3 | 2.2 | 2.6 | 3.0 | 0.0376 | 11(=6+5) |
| RTK16 | 230027.894 | 4392260.656 | 486.883 | 1.3 | 2.2 | 2.6 | 3.0 | 0.0286 | 12(=6+6) |
| RTK17 | 230017.862 | 4392261.797 | 488.099 | 2.1 | 10.3 | 10.5 | 13.3 | 0.0299 | 8(=5+3) |
| RTK18 | 230017.478 | 4392261.955 | 488.102 | 2.5 | 6.1 | 6.6 | 8.3 | 0.0338 | 7(=5+2) |
| RTK19 | 230017.898 | 4392262.760 | 488.426 | 1.6 | 5.8 | 6 | 7.5 | 0.021 | 9(=6+3) |
| RTK22 | 230028.424 | 4392264.342 | 488.235 | 1.4 | 2.2 | 2.6 | 3.1 | 0.0491 | 10(=6+4) |
| RTK24 | 230023.889 | 4392258.893 | 486.598 | 1.4 | 2.3 | 2.7 | 3.2 | 0.0227 | 10(=6+4) |

Πίνακας 5.30: Συντεταγμένες σημείων αποτύπωσης σε σύστημα ΕΓΣΑ'87 με τη μέθοδο Single Base RTK και στατιστικά στοιχεία των διανυσμάτων των σημείων.

Τα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζουν την ποιότητα θέσης συναρτήσει του αριθμού των διαθέσιμων δορυφόρων και της τιμής PDOP για την κάθε μέτρηση.



Διάγραμμα 5.11: Ποιότητα θέσης συναρτήσει αριθμού δορυφόρων.



Διάγραμμα 5.12: Ποιότητα θέσης συναρτήσει τιμών PDOP.

Με τη βοήθεια του λογισμικού Leica Geo Office έγινε ο μετασχηματισμός των συντεταγμένων στα συστήματα ΕΓΣΑ κι ΕΓΣΑ _ Metrica (ΕΓΣΑ'87). Οι συγκρίσεις

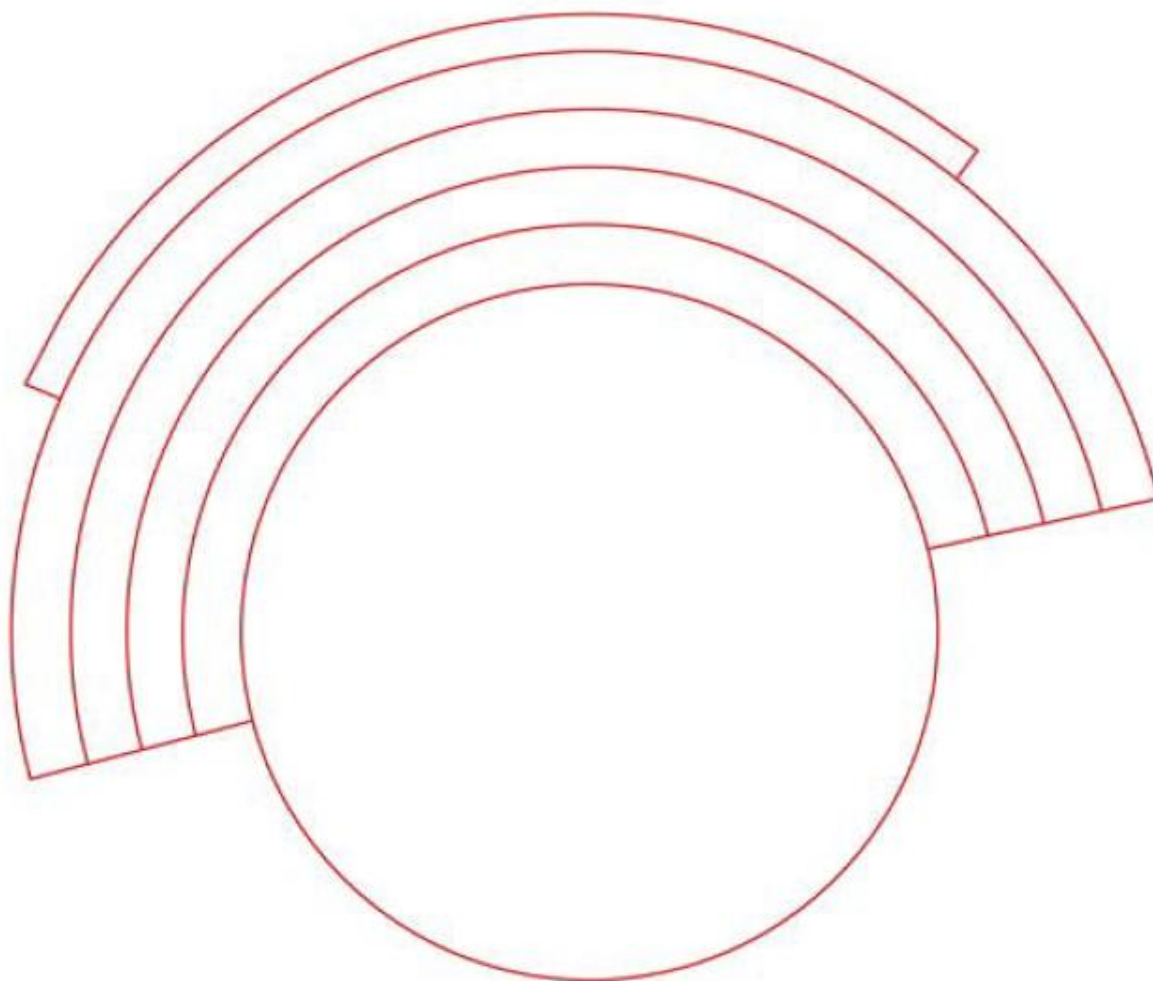
στα δύο συστήματα έγιναν μόνο για τις τετμημένες και τεταγμένες, αφού στο ΕΓΣΑ προέκυψε υψόμετρο στο τοπικό ελλειψοειδές ενώ στο ΕΓΣΑ'87 ορθομετρικό. Στον πίνακα Γ.4.1 του Παραρτήματος Γ.4 παρατίθενται οι συντεταγμένες στο σύστημα ΕΓΣΑ. Παρακάτω παρουσιάζεται πίνακας με τις διαφορές των οριζοντιογραφικών συντεταγμένων για τα συστήματα ΕΓΣΑ κι ΕΓΣΑ'87.

| ΔΧ (ΕΓΣΑ - ΕΓΣΑ_Metrica) (m) | ΔΥ (ΕΓΣΑ - ΕΓΣΑ_Metrica) (m) |
|---|---|
| 2.008 | 1.092 |

Πίνακας 5.31: Διαφορές οριζοντιογραφικών συντεταγμένων στα συστήματα ΕΓΣΑ και ΕΓΣΑ_Metrica (ΕΓΣΑ'87).

Η διαφορά του υψόμετρου στο τοπικό ελλειψοειδές από το ορθομετρικό υψόμετρο στην περιοχή του αμφιθεατρικού χώρου στο Γιαννιώτικο Σαλόνι είναι – 1,375 m.

Με τη βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος Autocad ο αμφιθεατρικός χώρος αποτυπώθηκε έχοντας γνωστές τις συντεταγμένες σε σύστημα ΕΓΣΑ'87. Τα σημεία, για τα οποία δεν ήταν δυνατή η μέτρησή τους, έγιναν μετρήσεις αποστάσεων με μετροταινία από γνωστά σημεία. Ακολουθεί το σχήμα του αμφιθεατρικού χώρου.



Σχήμα 5.3: Σχέδιο αμφιθεατρικού χώρου μετρημένο με τη μέθοδο Single Base RTK.

5.4.3 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων της αποτύπωσης τεχνητής λίμνης στην περιοχή Γιαννιώτικο Σαλόνι.

Η ενότητα πραγματεύεται τη σύγκριση τεχνικών μέτρησης πραγματικού χρόνου στα πλαίσια μιας αποτύπωσης για μια απλή τοπογραφική εργασία. Για την αποτύπωση της τεχνητής λίμνης στην περιοχή Γιαννιώτικο Σαλόνι λήφθηκαν 4 χαρακτηριστικά σημεία με τις μεθόδους Single Base RTK, VRS RTK και IMAX. Η λίμνη έχει σχήμα που προσομοιάζει το ελλειψοειδές και λήφθηκαν 2 σημεία που ορίζουν το μεγάλο ημιάξονα και 2 σημεία που ορίζουν το μικρό ημιάξονα του ελλειψοειδούς. Κατά την εκκίνηση των μετρήσεων δόθηκε ανοχή μέσα από το χειριστήριο 5 cm. Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει τις συντεταγμένες σε σύστημα ΕΓΣΑ'87 των σημείων

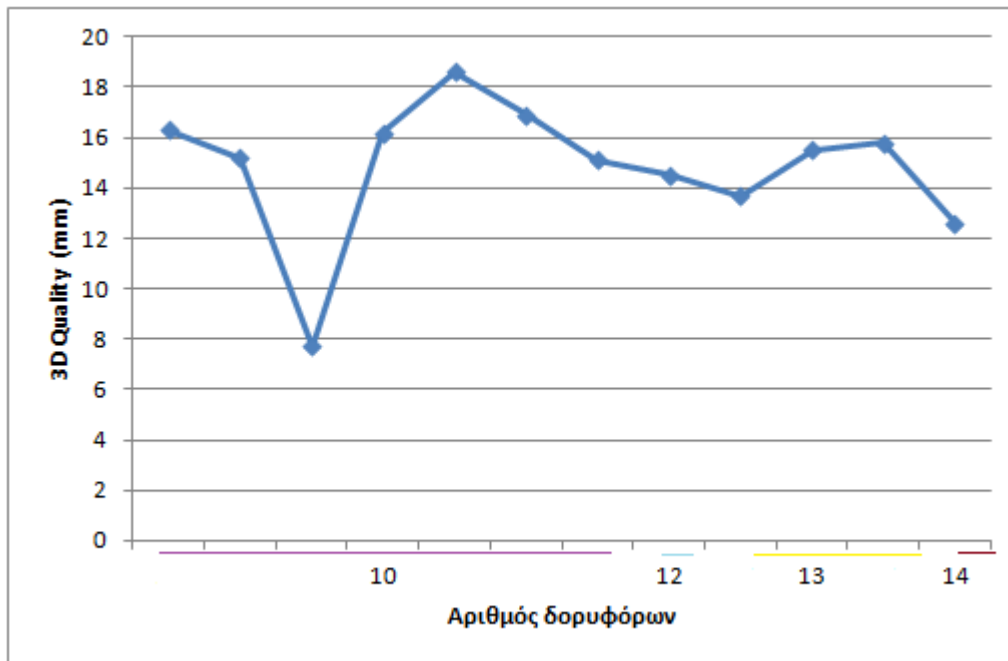
μετρημένων και με τις τρεις μεθόδους RTK, τα DOP και τον αριθμό των διαθέσιμων δορυφόρων για τη μέτρηση του κάθε σημείου.

| Point Id | Easting (m) | Northing (m) | Orth. height (m) | HDOP | VDOP | PDOP | GDOP | 3D Quality (m) | Συνολικός Αριθμός δορυφόρων (=GPS+GLONASS) |
|----------|-------------|--------------|------------------|------|------|------|------|----------------|--|
| RTK1 | 229953.180 | 4392212.325 | 485.636 | 1.4 | 1.9 | 2.4 | 2.8 | 0.0137 | 13(=7+6) |
| RTK2 | 229940.834 | 4392205.814 | 485.405 | 1.4 | 1.8 | 2.3 | 2.7 | 0.0155 | 13(=7+6) |
| RTK3 | 229940.557 | 4392216.391 | 485.619 | 1.4 | 1.8 | 2.3 | 2.7 | 0.0158 | 13(=7+6) |
| RTK4 | 229950.581 | 4392219.451 | 485.611 | 1.4 | 1.8 | 2.3 | 2.7 | 0.0145 | 12(=7+5) |
| IMAX1 | 229953.172 | 4392212.330 | 485.626 | 1.5 | 1.9 | 2.4 | 2.9 | 0.0126 | 14(=8+6) |
| IMAX2 | 229940.833 | 4392205.820 | 485.380 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 0.0163 | 10(=6+4) |
| IMAX3 | 229940.549 | 4392216.385 | 485.590 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 0.0152 | 10(=6+4) |
| IMAX4 | 229950.584 | 4392219.455 | 485.585 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 0.0077 | 10(=7+3) |
| VRS1 | 229953.177 | 4392212.316 | 485.626 | 1.5 | 1.9 | 2.4 | 2.8 | 0.0162 | 10(=6+4) |
| VRS2 | 229940.829 | 4392205.813 | 485.360 | 1.5 | 1.9 | 2.4 | 2.9 | 0.0186 | 10(=6+4) |
| VRS3 | 229940.548 | 4392216.382 | 485.582 | 1.5 | 1.9 | 2.4 | 2.9 | 0.0169 | 10(=6+4) |
| VRS4 | 229950.582 | 4392219.451 | 485.603 | 1.5 | 1.9 | 2.4 | 2.8 | 0.0151 | 10(=7+3) |

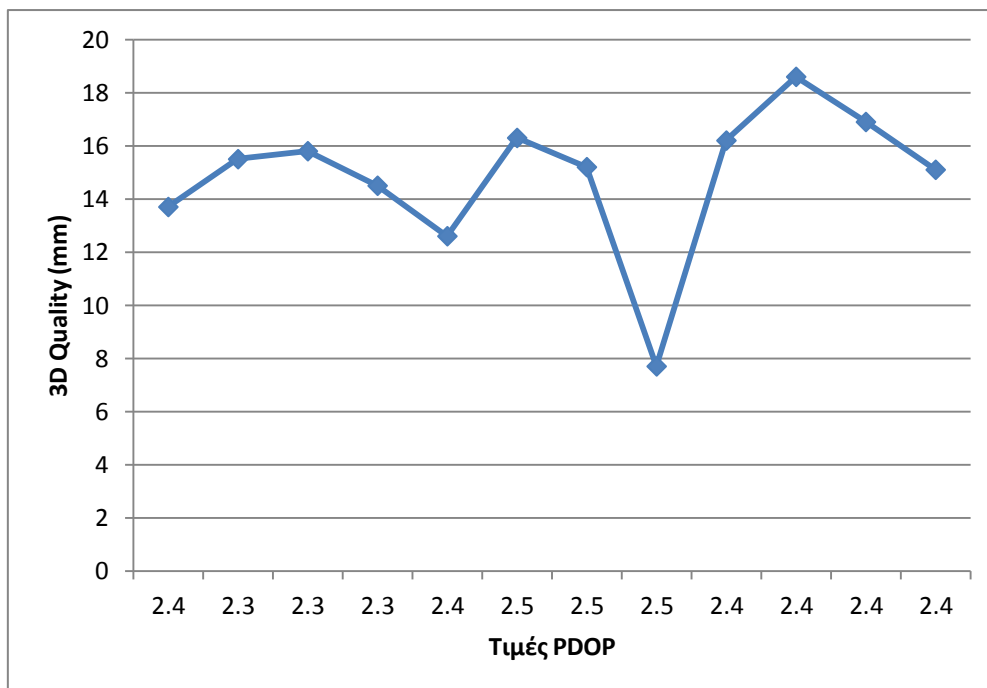
Πίνακας 5.32: Συντεταγμένες σημείων αποτύπωσης σε σύστημα ΕΓΣΑ'87 με τις μεθόδους (Single Base) RTK, VRS RTK και IMAX και στατιστικά στοιχεία των διανυσμάτων των σημείων.

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται ότι οι γεωμετρικοί δείκτες ακρίβειας κινούνται σε παραπλήσιες τιμές με PDOP περίπου 2,5 και GDOP από 2,7 – 3. Όσον αφορά στην τρισδιάστατη ποιότητα θέσης προσδιορισμού των σημείων κυμαίνεται από 7 mm έως 1,9 cm. Σε σύγκριση με τον αμφιθεατρικό χώρο της περιοχής όπου υπήρχε έντονη και ψηλή βλάστηση σε ένα μέρος, δεν αντιμετωπίστηκε κανένα τέτοιου είδους πρόβλημα.

Τα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζουν την τρισδιάστατη ποιότητα θέσης συναρτήσει του αριθμού των διαθέσιμων δορυφόρων και της τιμής PDOP για τη μέτρηση του κάθε σημείου με τις τεχνικές πραγματικού χρόνου που χρησιμοποιήθηκαν.



Διάγραμμα 5.13: Ποιότητα θέσης συναρτήσει αριθμού δορυφόρων.



Διάγραμμα 5.14: Ποιότητα θέσης συναρτήσει τιμών PDOP.

Οι διαφορές που προέκυψαν από τις μεθόδους πραγματικού χρόνου που χρησιμοποιήθηκαν στο συγκεκριμένο πείραμα για τα 4 σημεία παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

| ΔΙΑΦΟΡΕΣ Single Base RTK - IMAX | | | |
|--|--------|--------|--------|
| ΣΗΜΕΙΟ | ΔX (m) | ΔY (m) | ΔH (m) |
| 1 | 0.008 | -0.005 | 0.011 |
| 2 | 0.001 | -0.006 | 0.025 |
| 3 | 0.008 | 0.006 | 0.029 |
| 4 | -0.004 | -0.004 | 0.025 |
| ΔΙΑΦΟΡΕΣ Single Base RTK - VRS | | | |
| ΣΗΜΕΙΟ | ΔX (m) | ΔY (m) | ΔH (m) |
| 1 | 0.003 | 0.008 | 0.010 |
| 2 | 0.005 | 0.001 | 0.045 |
| 3 | 0.009 | 0.008 | 0.037 |
| 4 | -0.001 | 0 | 0.008 |
| ΔΙΑΦΟΡΕΣ IMAX- VRS | | | |
| ΣΗΜΕΙΟ | ΔX (m) | ΔY (m) | ΔH (m) |
| 1 | -0.005 | 0.014 | 0 |
| 2 | 0.004 | 0.007 | 0.020 |
| 3 | 0.001 | 0.003 | 0.008 |
| 4 | 0.003 | 0.004 | -0.018 |

Πίνακας 5.33: Διαφορές συντεταγμένων των σημείων αποτύπωσης σε σύστημα ΕΓΣΑ'87 με τις μεθόδους Single Base RTK, VRS RTK και IMAX.

Σύμφωνα με τον πίνακα 5.33 η ελάχιστη διαφορά στις τετμημένες X είναι 1 mm και παρουσιάζεται στο σημείο 1 μεταξύ των μεθόδων Single Base RTK και IMAX, στο σημείο 4 μεταξύ των μεθόδων Single Base RTK και VRS και στο σημείο 3 μεταξύ των μεθόδων IMAX και VRS. Η μέγιστη διαφορά παρουσιάζεται στο σημείο 3 μεταξύ των μεθόδων Single Base RTK και VRS. Όσον αφορά στις τεταγμένες Y η ελάχιστη διαφορά είναι 0 mm και παρουσιάζεται στο σημείο 4 μεταξύ των μεθόδων Single Base RTK και VRS και η μέγιστη διαφορά είναι 1,4 cm στο σημείο 1 μεταξύ των μεθόδων IMAX και VRS. Τέλος η ελάχιστη διαφορά στα υψόμετρα είναι 0 mm και παρουσιάζεται στο σημείο 1 μεταξύ των μεθόδων IMAX και VRS και η μέγιστη διαφορά 4,5 cm και παρουσιάζεται στο σημείο 2 μεταξύ των μεθόδων Single Base RTK και VRS.

Με τη βοήθεια του λογισμικού LGO έγινε μετασχηματισμός «Classical 3D» των συντεταγμένων και προέκυψαν οι συντεταγμένες σε σύστημα ΕΓΣΑ χωρίς την παρεμβολή τοπικών μετασχηματισμών. Στον πίνακα Γ.5.1 του Παραρτήματος Γ.5 παρατίθενται οι συντεταγμένες σε σύστημα ΕΓΣΑ. Επειδή η τεχνητή λίμνη βρίσκεται στο Γιαννιώτικο Σαλόνι, στην ίδια περιοχή με τον αμφιθεατρικό χώρο οι διαφορές στα συστήματα ΕΓΣΑ και ΕΓΣΑ'87 αναμένονται παραπλήσιες.



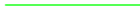
| ΔX (ΕΓΣΑ - ΕΓΣΑ_Metrica) (m) | ΔY (ΕΓΣΑ - ΕΓΣΑ_Metrica) (m) |
|---|---|
| 2.007 | 1.093 |

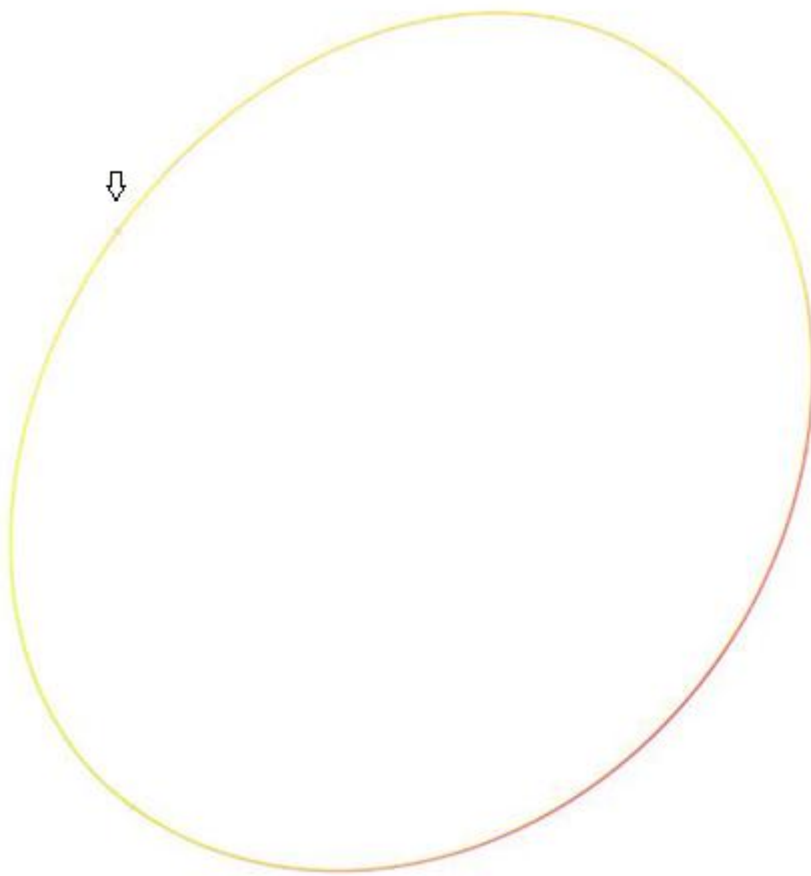
Πίνακας 5.34: Διαφορές οριζοντιογραφικών συντεταγμένων στα συστήματα ΕΓΣΑ και ΕΓΣΑ_Metrica (ΕΓΣΑ'87).

Όπως επιβεβαιώνεται από τον παραπάνω πίνακα οι διαφορές των οριζοντιογραφικών συντεταγμένων στην λίμνη διαφέρουν από αυτές του αμφιθεατρικού χώρου κατά 1 mm στα X και Y (Πίνακας 5.31).

Η διαφορά του ορθομετρικού υψομέτρου που προκύπτει από το σύστημα ΕΓΣΑ'87 και του ελλειψοειδούς από το σύστημα ΕΓΣΑ είναι – 1,378 m και απέχει 3 mm από τη διαφορά που προέκυψε στον αμφιθεατρικό χώρο.

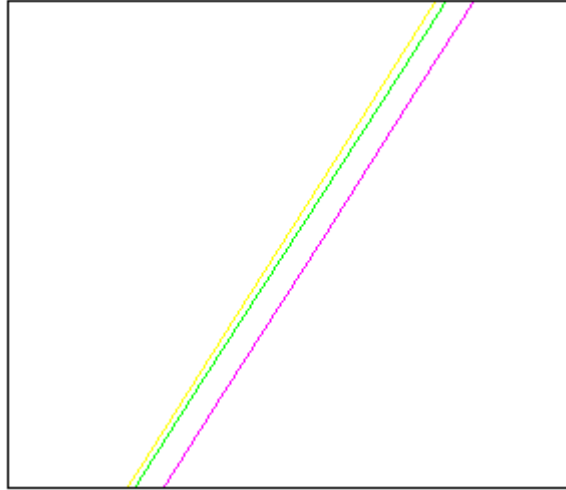
Με τη βοήθεια του προγράμματος Autocad σχεδιάστηκε η τεχνητή λίμνη έχοντας ως δεδομένα τα 4 χαρακτηριστικά σημεία. Χρησιμοποιήθηκε διαφορετικό χρώμα για κάθε τεχνική μέτρησης όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 5.4.

| ΥΠΟΜΝΗΜΑ | |
|--|-----------------|
|  | IMAX RTK |
|  | Single Base RTK |
|  | VRS RTK |



Σχήμα 5.4: Σχέδιο τεχνητής λίμνης μετρημένο με τις μεθόδους Single Base RTK, IMAX και VRS.

Προκειμένου να φανούν και στο σχέδιο οι διαφορές των συντεταγμένων μεταξύ των μεθόδων έχει γίνει μεγέθυνση του σχήματος 5.4 στην περιοχή που δείχνει το βέλος όπως φαίνεται παρακάτω:



Σχήμα 5.5: Τμήμα σχεδίου τεχνητής λίμνης μετρημένο με τις μεθόδους Single Base RTK, IMAX και VRS υπό μεγέθυνση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

6.1 Εισαγωγή

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας έγινε εφαρμογή των μεθόδων στατικού εντοπισμού και πραγματικού χρόνου χρησιμοποιώντας το δίκτυο μόνιμων σταθμών GNSS της Metricanet. Δευτερευόντως, έγινε χρήση της τεχνικής PPP με τη χρήση του παγκόσμιου δικτύου μόνιμων σταθμών συνεχούς λειτουργίας. Όσον αφορά στις μεθόδους πραγματικού χρόνου, χρησιμοποιήθηκαν εκτός από τη συμβατική τεχνική Single Base RTK και οι δικτυακές τεχνικές VRS RTK και IMAX.

Στο κεφάλαιο αυτό συγκεντρώνονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την αξιοποίηση του δικτύου της Metricanet στην Αθήνα και τα Ιωάννινα και οι προτάσεις για την εξέλιξη της διπλωματικής εργασίας.

6.2 Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από την εκπόνηση των πειραμάτων στην περιοχή της Πολυτεχνειούπολης της Αθήνας που απέχει περίπου 10 km από τον σταθμό αναφοράς της Metrica στη Μεταμόρφωση και στην περιοχή των Ιωαννίνων σε αποστάσεις της τάξης των 5, 15 και 50 km από το σταθμό αναφοράς της Metrica στα Ιωάννινα είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Οι διαφορές των συντεταγμένων που προέκυψαν με τη μέθοδο του στατικού εντοπισμού και των RTK τεχνικών κυμαίνονται από 0 έως 5 cm οριζοντιογραφικά και από 0,1 έως 6 cm υψομετρικά. Πιο συγκεκριμένα οι προκύπτουσες διαφορές είναι οι ακόλουθες: α) με τη συμβατική τεχνική Single Base RTK: 0,01 – 4 cm οριζοντιογραφικά και 0,1 – 4,5 cm υψομετρικά, β) με την τεχνική VRS RTK: 0 – 4 cm οριζοντιογραφικά και 0,5 – 6 cm υψομετρικά, γ) με την τεχνική IMAX: 0,2 – 5 cm οριζοντιογραφικά και 0,5 – 4 cm υψομετρικά.
- ✓ Οι διαφορές που προέκυψαν από τη σύγκριση των τεχνικών Single Base RTK και VRS RTK ήταν 0,4 – 5 cm οριζοντιογραφικά και 0,1 – 9 cm υψομετρικά (Τα αποτελέσματα των 5 και 9 cm εντοπίζονται στο σημείο που βρίσκεται οριακά εκτός του δικτύου στα Ιωάννινα). Οι διαφορές των μεθόδων IMAX

και VRS ήταν 0,05 – 6 cm οριζοντιογραφικά και 0,6 – 8 cm υψομετρικά (Οι αποκλίσεις των 6 και 8 cm παρουσιάστηκαν στο σημείο που βρίσκεται στα 50 km από το σταθμό στα Ιωάννινα).

- ✓ Οι οριζοντιογραφικές και υψομετρικές ακρίβειες για τις μετρήσεις RTK κατά μέσο όρο παρουσίασαν ακρίβειες της τάξης 1 - 3 cm, όσες και οι προδιαγραφόμενες.
- ✓ Η περιοχή των Ιωαννίνων, λόγω του έντονου αναγλύφου που διαθέτει, παρουσιάζει προβλήματα με την έλλειψη σήματος GPRS. Πιθανά ένα τέτοιου είδους πρόβλημα παρουσιάστηκε και στο δεύτερο σημείο του πειράματος που απέχει απόσταση της τάξης των 15 km από το σταθμό αναφοράς της Metrica και δεν κατάφεραν να πραγματοποιηθούν μετρήσεις με όλες τις τεχνικές RTK παρά μόνο η Single Base RTK και μετά από πολλές προσπάθειες.
- ✓ Τα δύο σημεία τα οποία είναι τριγωνομετρικά, παρουσιάζουν διαφορές στις συντεταγμένες από τις μετρήσεις με στατικό εντοπισμό σε σχέση με τη ΓΥΣ κατά $\Delta x = 4$ cm, $\Delta y = 2$ cm, $\Delta H = 5$ cm και $\Delta x = 2$ cm, $\Delta y = 12$ cm, $\Delta H = 35$ cm και βρίσκονται στα 5 και 50 km από το σταθμό αναφοράς της Metrica στα Ιωάννινα. Οι διαφορές αυτές αφείλονται σε μετασχηματισμούς συστημάτων αναφοράς, συνορθώσεις καθώς επίσης και σε ποια τριγωνομετρικά σημεία χρησιμοποιήθηκαν για τη σύγκριση.
- ✓ Η σύγκριση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν με και χωρίς την εισαγωγή τοπικών μετασχηματισμών στο σύστημα ΕΓΣΑ στην Αθήνα έδωσε διαφορές στις τετμημένες 0,8 m και στις τεταγμένες 0,3 m, αντίστοιχα. Οι διαφορές στα σημεία που μετρήθηκαν στα Ιωάννινα κυμαίνονται αντίστοιχα, στα 2 m στις τετμημένες και 1 m στις τεταγμένες. Επομένως, ο χρήστης που έχει αξιοποιήσει το δίκτυο σταθμών GNSS της Metrica είτε με μεθόδους μετ' επεξεργασίας είτε πραγματικού χρόνου οφείλει να είναι σωστά ενημερωμένος και να εισάγει τους τοπικούς μετασχηματισμούς που υπάρχουν για την περιοχή μελέτης του, προκειμένου να εξάγει αποτελέσματα στο σύστημα ΕΓΣΑ'87 αλλιώς θα έχει τις ανάλογες αποκλίσεις.

- ✓ Όσον αφορά στην τρισδιάστατη ποιότητα θέσης προσδιορισμού των σημείων σε σύγκριση με τον αριθμό των διαθέσιμων δορυφόρων, όταν η διακύμανση που παρατηρείται στις μετρήσεις είναι από 10 έως 17 δορυφόρους προκύπτει ότι η ποιότητα θέσης δεν επηρεάζεται σημαντικά. Όταν όμως έγινε μέτρηση με διαθεσιμότητα 4 – 5 δορυφόρων η ποιότητα θέσης επηρεάστηκε. Επειδή όμως οι μετρήσεις με 4 και 5 δορυφόρους είχαν και υψηλούς δείκτες DOP πιθανά η ποιότητα να χειροτέρευσε από τον συνδυασμό και των δύο παραγόντων.
- ✓ Σχετικά με την τρισδιάστατη ποιότητα θέσης και τον δείκτη γεωμετρικής ακρίβειας PDOP, όταν έγινε αλλαγή της γεωμετρίας και ο δείκτης έφτασε πολύ υψηλές τιμές η ποιότητα μειώθηκε.
- ✓ Η ποιότητα θέσης επηρεάζεται και από παράγοντες όπως η τεχνική μέτρησης, η απόσταση από το σταθμό GNSS, το σήμα GPRS στις μετρήσεις RTK και άλλους. Συνεπώς μεγάλος αριθμός δορυφόρων και χαμηλοί δείκτες DOP δεν συνάγονται απαραίτητα και υψηλή ποιότητα θέσης.
- ✓ Οι διαφορές των συντεταγμένων του στατικού εντοπισμού από τη μέθοδο PPP σύμφωνα με τις υπηρεσίες CSRS και AUSPOS ήταν της τάξης των 10 εκατοστών οριζοντιογραφικά και υψομετρικά. Συνεπώς όταν κάποιος χρήστης δέκτη GNSS βρίσκεται σε περιοχή όπου δεν υπάρχει τοπικό δίκτυο μόνιμων σταθμών GNSS ή δεν υπάρχει πρόσβαση σε υποδομές επικοινωνίας και θέλει αποτελέσματα ανάλογης ακρίβειας, μπορεί να χρησιμοποιήσει παγκόσμιο δίκτυο.
- ✓ Πραγματοποιήθηκε αποτύπωση με δέκτη GNSS με τις μεθόδους Single Base RTK και VRS RTK και με γεωδαιτικό σταθμό ενώ οι κορυφές ήταν εξαρτημένες α) με στατικό εντοπισμό, β) με Single Base RTK και γ) με VRS RTK από τον σταθμό αναφοράς της Metrica στη Μεταμόρφωση. Οι διαφορές που προέκυψαν από τη σύγκριση της αποτύπωσης με δέκτη GNSS και total station κατά μέσο όρο ήταν 1 – 1,5 cm οριζοντιογραφικά και 4 cm υψομετρικά.

6.3 Προτάσεις

Παρακάτω παρατίθενται προτάσεις για περαιτέρω μελέτη των θεμάτων της παρούσας διπλωματικής εργασίας:

- Να μετρηθούν σημεία με τη μέθοδο του στατικού εντοπισμού και μεθόδους RTK από το δίκτυο της Metricanet και άλλα δίκτυα GNSS (π.χ. Hepos) και να συγκριθούν τα αποτελέσματα.
- Να εκπονηθούν πειράματα με όλες τις μεθόδους μέτρησης GNSS αξιοποιώντας άλλους σταθμούς του δικτύου Metricanet, εκτός της Μεταμόρφωσης και των Ιωαννίνων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία.
- Να γίνει χρήση δεκτών και από άλλες εταιρείες για τα ίδια σημεία που εκπονήθηκαν στα πειράματα, χρησιμοποιώντας το δίκτυο σταθμών αναφοράς Metricanet.
- Να μετρηθούν συγκεκριμένα σημεία με συγκεκριμένες τεχνικές σε διαφορετικές ημέρες και ώρες για να διερευνηθεί κατά πόσο μπορεί η τρισδιάστατη ποιότητα θέσης προσδιορισμού ενός σημείου να επηρεαστεί από τη διαθεσιμότητα των δορυφόρων και τους δείκτες DOP.
- Να γίνει επανεκτέλεση των μετρήσεων των πειραμάτων αξιοποιώντας μόνο το δορυφορικό σύστημα GPS, έτσι ώστε να διαπιστωθεί κατά πόσο η χρήση των δεδομένων GLONASS έχει βελτιώσει τα αποτελέσματα στην παρούσα διπλωματική εργασία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Αντωνακάκης Α. (2011): «METRICA A.E. – Παρουσίαση δικτύου», Ημερίδα: «METRICA_NET GNSS», Απρίλιος 2011, Αθήνα.
2. Αντωνακάκης Α. (2011): «Περιγραφή Metricanet και τρόποι εργασίας», Ημερίδα: «METRICA_NET GNSS», Μάιος 2011, Θεσσαλονίκη.
3. Γιαννίου Μ., Μάστορης Δ. (2006): «Ανάπτυξη του Ελληνικού Συστήματος Εντοπισμού HEPOS» Πρακτικά Δ' Πανελληνίου Συνεδρίου HellasGI, Αθήνα.
4. Γιαννίου Μ., Μάστορης Δ. (2006): «Ανάπτυξη του Ελληνικού Συστήματος Εντοπισμού HEPOS», Παρουσίαση, 4^ο Πανελλήνιο Συνέδριο HellasGI, Αθήνα.
5. Γκανάς Α. (2011): «NOANET: Δίκτυο Σταθμών Αναφοράς του ΓΕΙΝ/ΕΑΑ για Σεισμολογία και Γεωδυναμική στην Ελλάδα», Ημερίδα: «METRICA_NET GNSS», Απρίλιος 2011, Αθήνα.
6. Γρηγορακάκης Π. (2011): «Από την εγκατάσταση των σταθμών έως τη συνόρθωση και την ένταξή τους στο τριγωνομετρικό δίκτυο της Ελλάδας», Ημερίδα: «METRICA_NET GNSS», Μάιος 2011, Θεσσαλονίκη.
7. Δεληκαράογλου Δ. (2006): «Διαφαινόμενες Προοπτικές από τη Δικτυακή Υποδομή του HEPOS για τη Μετάδοση Χωρικών Πληροφοριών Μέσω Υπηρεσιών Web και Ασύρματων Κινητών Συσκευών» Πρακτικά 9^ο Εθνικού Συνεδρίου Χαρτογραφίας, Χανιά.
8. Δεληκαράογλου Δ. (2008): «Διεθνείς Υπηρεσίες VRS/CORS – RTNets», Εκδήλωση «HEPOS και γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς: Θεωρία και υλοποίηση, προοπτικές και εφαρμογές», Παρουσίαση, Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.
9. Δεληκαράογλου Δ. (2007): «Βιωσιμότητα τω HEPOS», Εκδήλωση «Ποικιλομορφία προϊόντων, επέκταση σχεδιαζόμενων υπηρεσιών και εφαρμογών, μοντέλα επιχειρησιακής διαχείρισης», Παρουσίαση, Ε.Μ.Π. Αθήνα.
10. Δεληκαράογλου Δ. (2007): «Βιωσιμότητα τω HEPOS», Εκδήλωση «HEPOS – Ένα ενιαίο σύστημα εντοπισμού για την Ελλάδα - Υλοποίηση, Επιπτώσεις, Προοπτικές», Παρουσίαση, Ε.Μ.Π. Αθήνα.

11. Δεληκαράογλου Δ. (2005): «Ειδικά Θέματα Δορυφορικής Γεωδαισίας», Ε.Μ.Π., Σ.Α.Τ.Μ., Τομέας Τοπογραφίας, Αθήνα.
12. Ζαφείρης Κ., Σουρήs Γ., Δεληκαράογλου Δ. (2011): «GPS Υπηρεσίες PPP: Ανάλυση μετρήσεων γρήγορα, εύκολα, αξιόπιστα, ΔΩΡΕΑΝ!!!» Δημοσίευση, Περιοδικό «Γεωδαισίας Δείγματα και Παραδείγματα», Αθήνα.
13. Ζησόπουλος Α., Παραδείσης Δ. (2006): «Διαφορικός Εντοπισμός (DGPS)», Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου, Τομέας Τοπογραφίας, Ε.Μ.Π., Αθήνα.
14. Κατσουγιαννόπουλος Σ. (2010): «Μετάδοση δεδομένων GNSS για προσδιορισμό θέσης σε πραγματικό χρόνο. Εφαρμογές στον Ελληνικό χώρο.», Δημοσίευση, Περιοδικό «ΧΩΡΟγραφίες», Σέρρες.
15. Κωτσάκης Χ, Κατσάμπαλος Κ. (2006): «Η ανάγκη δημιουργίας ενός σύγχρονου 3Δ δορυφορικού Γεωδαιτικού Συστήματος Αναφοράς στην Ελλάδα» Πρακτικά 2^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου ΠΣ.ΔΑΤΜ, Αθήνα.
16. Μάστορης Δ., Μητροπούλου Ε. (2010): «Το ελληνικό Σύστημα Εντοπισμού Heros – Ορίζοντες και δυνατότητες χρήσης του για εφαρμογές GIS», Παρουσίαση, 6^ο Πανελλήνιο Συνέδριο HellasGI, Αθήνα.
17. Παραδείσης Δ. (2000): «Σημειώσεις Δορυφορικής Γεωδαισίας», Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου, Τομέας Τοπογραφίας, Ε.Μ.Π., Αθήνα.
18. Πικριδάς Χ., Φωτίου Α., Ρωσσικόπουλος Δ., Χατζηνίκος Μ. (2010): «Ερευνητική δραστηριότητα και προοπτικές από τη λειτουργία δικτύου μόνιμων σθμών GNSS του ΤΑΤΜ – ΑΠΘ», Ημερίδα «Δορυφορική Γεωδαισία: Σύγχρονα Συστήματα και Εφαρμογές», Παρουσίαση, Τ.Ε.Ι. Αθήνας, Τμήμα Τοπογραφίας Αθήνα.
19. Τσακίρη Μ. (2006): «Γεωδαισία ΙΙΙ – Σημειώσεις Μαθήματος – Δίκτυα GPS», Ε.Μ.Π., Σ.Α.Τ.Μ., Τομέας Τοπογραφίας Ε.Γ.Γ., Αθήνα.
20. Φωτίου Α., Πικριδάς Χ., Ρωσσικόπουλος Δ., Χατζηνίκος Μ. (2011): «Συνόρθωση του δικτύου MetricaNET, Εκτίμηση Ταχυτήτων και Μετασχηματισμός Συντεταγμένων», Ημερίδα: «METRICA_NET GNSS», Απρίλιος 2011, Αθήνα.
21. Φωτίου Α., Πικριδάς Χ. (2006): «GPS και Γεωδαιτικές Εφαρμογές», Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

Ξένη Βιβλιογραφία

1. Brown N., Geisler I. & Troyer L. (2006): «RTK Rover Performance using the Master – Auxiliary Concept» Proceedings of Networked Reference Stations and Structural Monitoring Leica Geosystems, Heerbrugg, Switzerland.
2. Brown N., Keenan R., Richter B. & Troyer L. (2005): «Advances in Ambiguity Resolution for RTK applications using the new RTCM V3.0 Master – Auxiliary messages» Proceedings of ION GNSS, Long Beach, CA.
3. Burbidge M. (2011): «Leica Smartnet – The future of Network RTK» Proceedings of Leica Smartnet, Athens.
4. Dawson J., Govind R. & Manning J. (2001): «The AUSLIG Online GPS Processing System. (AUSPOS).» Proceedings of the 5th International Symposium on Satellite Navigation Technology and Applications, Zhengzhou, China.
5. Leica Geosystems: «Leica GPS 1200+ Applications Field Manual»
6. Leica Geosystems: «Leica GPS 1200+ System Field Manual»
7. Leica Geosystems: «Leica GPS 1200+ Technical Reference Manual»
8. Leick A. (1995): «GPS Satellite Surveying», John Wiley & Sons, New York, 2nd Edition.
9. Takac F., Lienhart W. (2008): «SmartRTK: A Novel Method Of Processing Standardised RTCM Network RTK Information For High Precision Positioning» Proceedings of ENC GNSS, Toulouse, France.

Δικτυακοί Τόποι

1. <http://www.gmat.unsw.edu.au/wang/jgps/> (Οκτώβριος, 2010)
2. <http://www.springerlink.com/content/> (Οκτώβριος 2010)
3. http://en.cnki.com.cn/Article_en/ (Οκτώβριος 2010)
4. http://en.wikipedia.org/wiki/Real_Time_Kinematic (Οκτώβριος 2010)
5. http://facility.unavco.org/project_support/polar/support/PPP.pdf (Νοέμβριος 2010)
6. <http://www.insidegnss.com/> (Νοέμβριος 2010)
7. http://onlinemanuals.txdot.gov/txdotmanuals/ess/gps_rtk_surveying.html (Νοέμβριος 2010)
8. <http://www.rtcn.org/> (Νοέμβριος 2010)

9. <http://www.metrice.gr/> (Νοέμβριος 2010)
10. <http://www.leica-geosystems.com/> (Νοέμβριος 2010)
11. <http://igsb.jpl.nasa.gov/> (Μάρτιος 2011)
12. <http://www.euref-iag.net/symposia/2007London/07-01-hoeggerl.pdf> (Μάρτιος 2011)
13. <http://www.epncb.oma.be/> (Μάρτιος 2011)
14. <http://geodesy.noaa.gov/CORS/> (Μάρτιος 2011)
15. <http://igs.bkg.bund.de/ntrip/observations> (Μάρτιος 2011)
16. http://www.geod.nrcan.gc.ca/index_e.php (Μάιος 2011)
17. <http://www.ga.gov.au/geodesy/> (Μάιος 2011)
18. http://www.surveyors.de/download/leicatc600_tc800engl.pdf (Μάιος 2011)
19. <http://winwiki.wi-fom.de/index.php/> (Ιούνιος 2011)
20. <http://www.hepos.gr/> (Ιούνιος 2011)
21. <http://www.sapos.de/> (Ιούλιος 2011)
22. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/geoinformation/sapos/index_en.shtml (Ιούλιος 2011)
23. <http://www.fig.net/pub/proceedings/korea/full-papers/pdf/session11/imakiire-nakahori.pdf> (Ιούλιος 2011)
24. <http://mekira.gsi.go.jp/ENGLISH/> (Ιούλιος 2011)
25. <http://www.geonet.bg/services-en.html> (Ιούλιος 2011)
26. <http://swepos.lmv.lm.se/> (Ιούλιος 2011)
27. http://www.lantmateriet.se/upload/filer/kartor/geodesi_gps_och_detaljmatning/Rapporter-Publikationer/LMV-rapporter/LMV-Rapport_2005_05.pdf (Ιούλιος 2011)
28. http://smartnet.leica-geosystems.eu/spiderweb/smartneteuropa_google_map.html (Ιούλιος 2011)
29. <http://www.gpsnet.fi/> (Ιούλιος 2011)
30. <http://www.scign.org/> (Ιούλιος 2011)
31. <http://uranus.gr/> (Αύγουστος 2011)
32. <http://www.jgc.gr/> (Αύγουστος 2011)
33. <http://www.geotech.gr/> (Αύγουστος 2011)
34. <http://www.marktopo.com/> (Αύγουστος 2011)
35. <http://www.noa.gr/> (Αύγουστος 2011)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ


ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΙΛΥΣΕΩΝ PPP ΑΠΟ ΤΑ ONLINE ΚΕΝΤΡΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ CSRS ΚΑΙ AUSPOS

A.1: ΣΗΜΕΙΟ ΠΑΡΚΙΝΓΚ, ΠΕΡΙΟΧΗ: ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗ ΑΘΗΝΑΣ

A.1.1: Κέντρο επεξεργασίας CSRS

CSRS-PPP [Add to contacts](#)
To maria_satm@hotmail.com

 Always show content from information@geod.nrcan.gc.ca

~~~~~

Latest update to CSRS-PPP performed on June 1, 2011  
.  
<[http://webapp.csrs.nrcan.gc.ca/field/CSRS\\_PPP\\_updates\\_e.html](http://webapp.csrs.nrcan.gc.ca/field/CSRS_PPP_updates_e.html)>

~~~~~

Results of your CSRS-PPP processing can be downloaded by clicking on the following link:
<http://webapp.csrs.nrcan.gc.ca/ppp_data/20110805_0338_PPP31300/20110805_0338_PPP31300_full_output.zip>

~~~~~ PPP31300 ~~~~~

The estimated coordinates / standard deviations for the PPP31300 RINEX file are as follow:

Latitude (ITRF08): 37 58 51.6515 (dms) / 0.008 (m)  
Longitude (ITRF08): 23 46 51.8532 (dms) / 0.014 (m)  
Ellipsoidal Height (ITRF08): 217.114 (m) / 0.033 (m)

UTM (North) Northing: 4207358.218m Easting: 744256.968m Zone: 34 Scale Factor: 1.00033 (point) 1.00030 (combined)

Orthometric Height CGVD28 (HTv2.0): NOT\_DEFINED

Cartesian coordinates (X Y Z in metres) 4606484.158, 2029883.891, 3903916.759

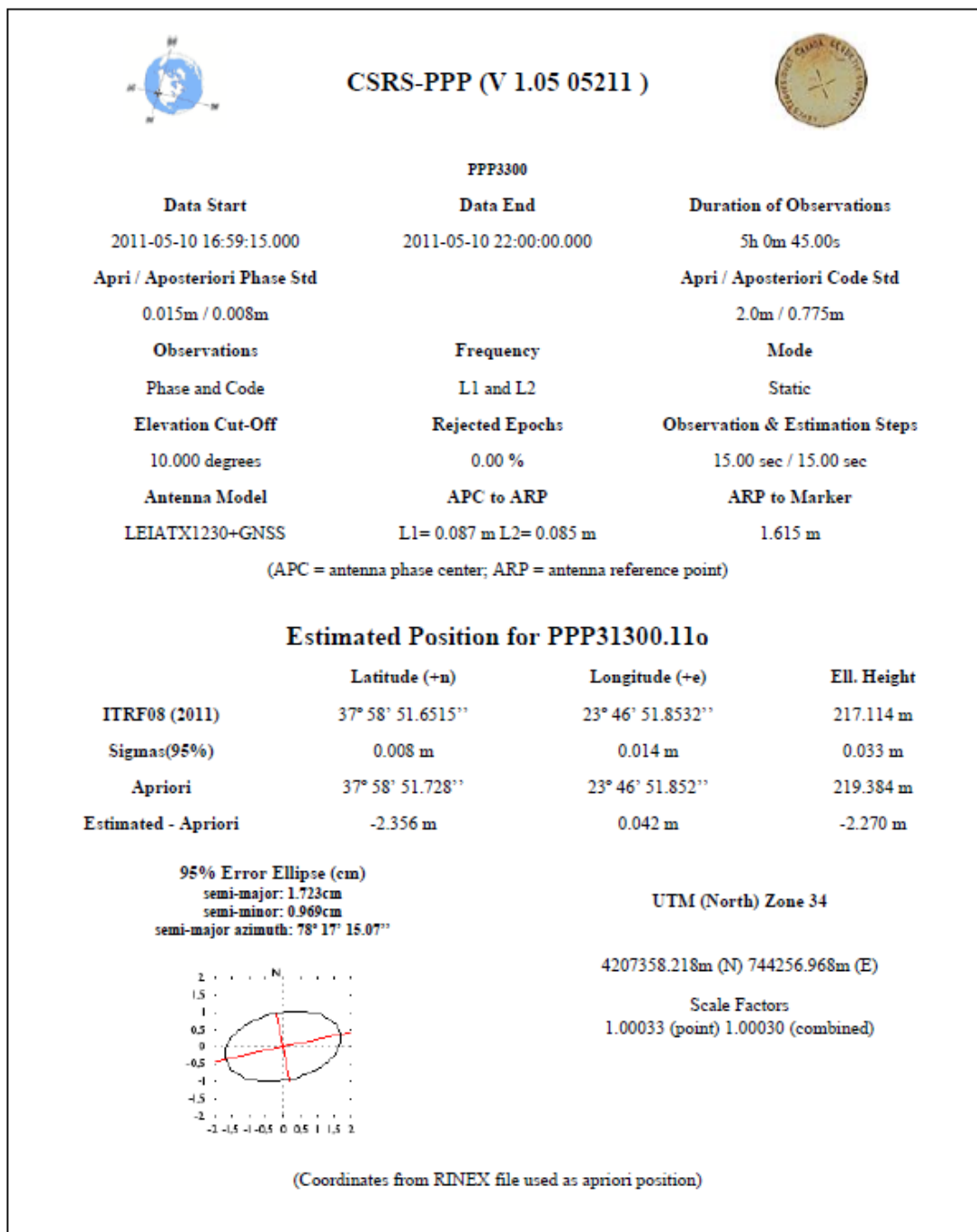
URL to PDF summary file:  
<[http://webapp.csrs.nrcan.gc.ca/ppp\\_data/20110805\\_0338\\_PPP31300/zip\\_dir\\_1/PPP31300.pdf](http://webapp.csrs.nrcan.gc.ca/ppp_data/20110805_0338_PPP31300/zip_dir_1/PPP31300.pdf)>

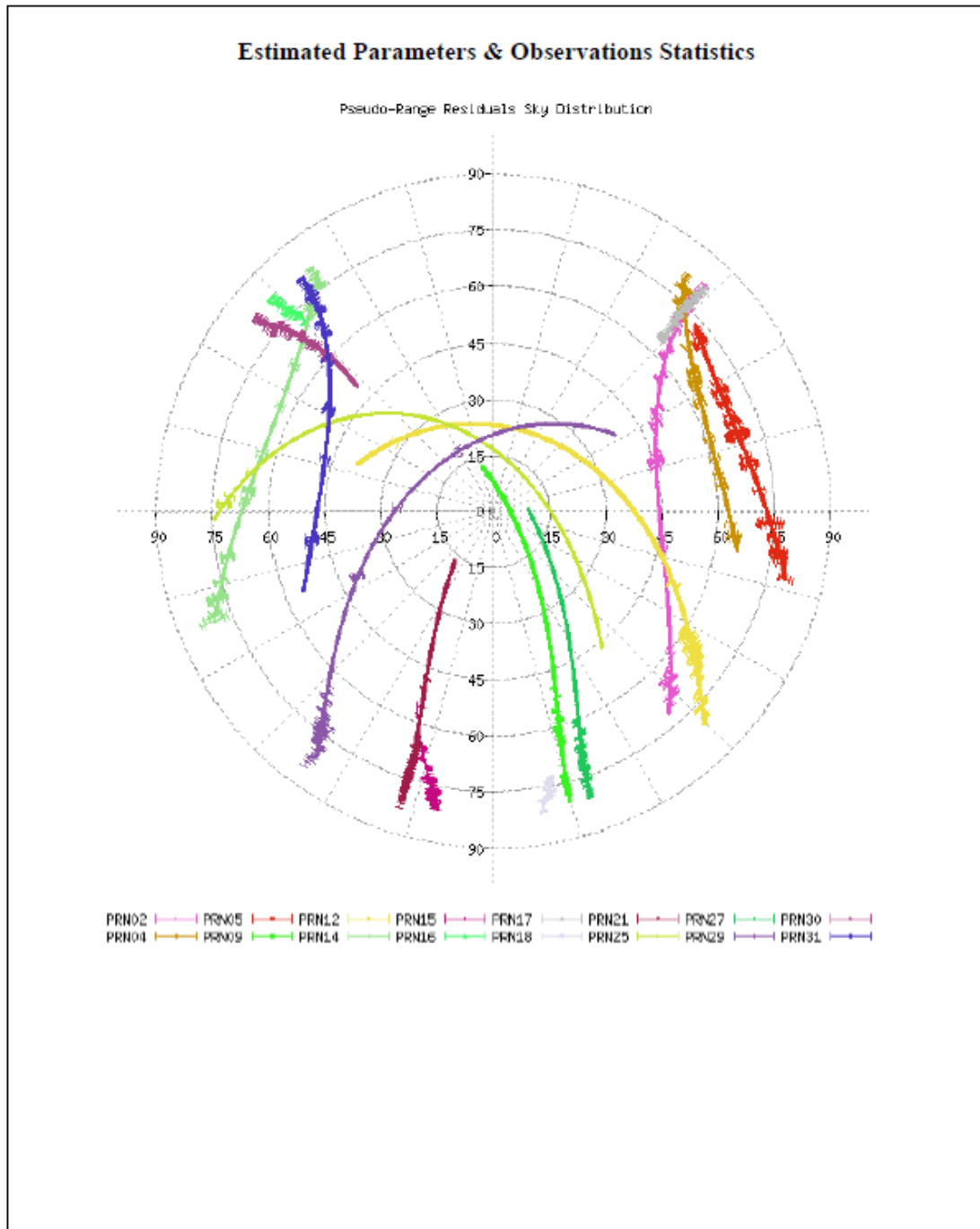
URL to file of observations residual and satellites azimuth and elevation:  
<[http://webapp.csrs.nrcan.gc.ca/ppp\\_data/20110805\\_0338\\_PPP31300/zip\\_dir\\_1/PPP31300\\_res.zip](http://webapp.csrs.nrcan.gc.ca/ppp_data/20110805_0338_PPP31300/zip_dir_1/PPP31300_res.zip)>

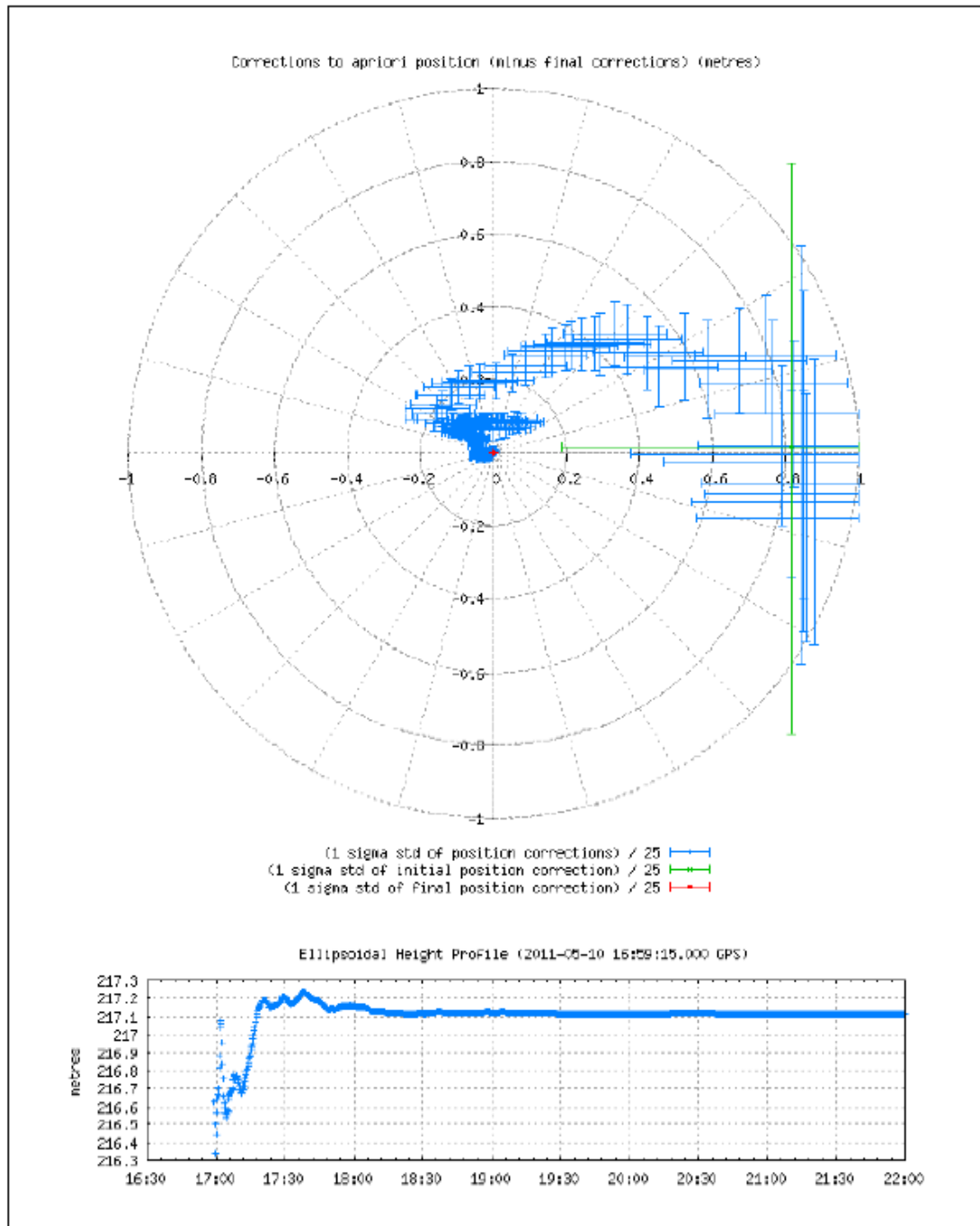
GPS Orbits & Clocks Used: IGS Final  
WGS84 ellipsoid used for (x,y,z) to (lat,long,h) transformation

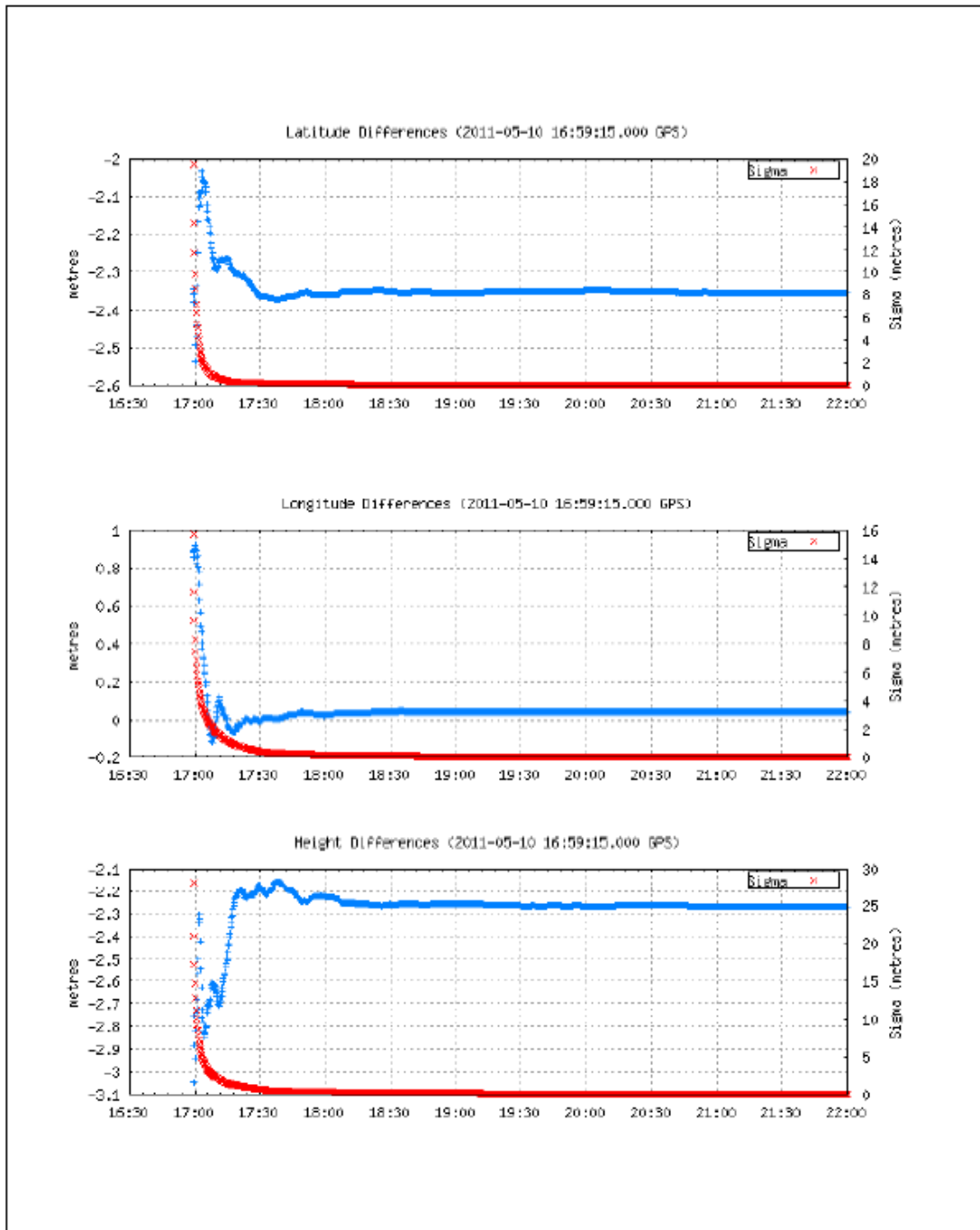
~~~~~

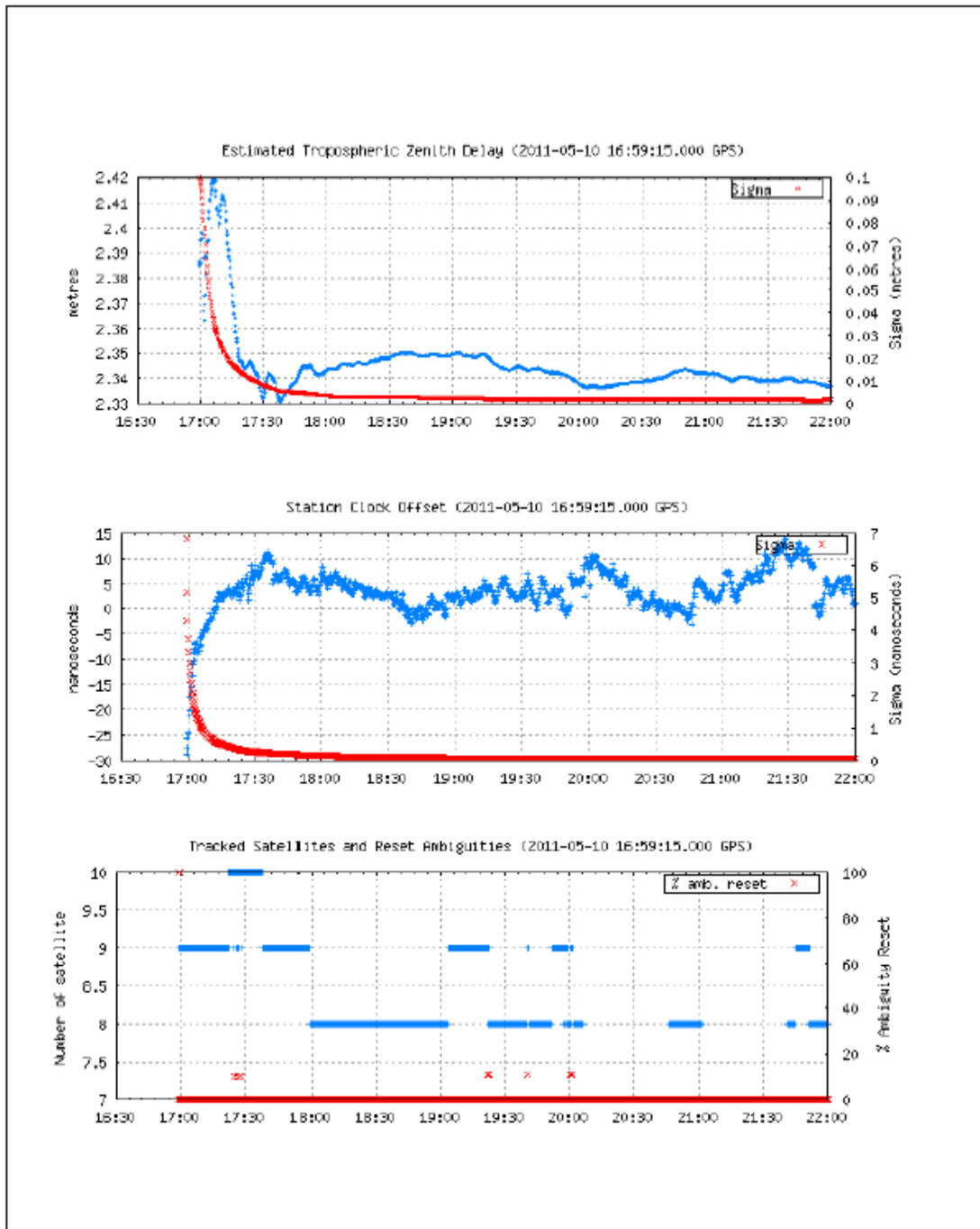
Software Version: 1.05 05211

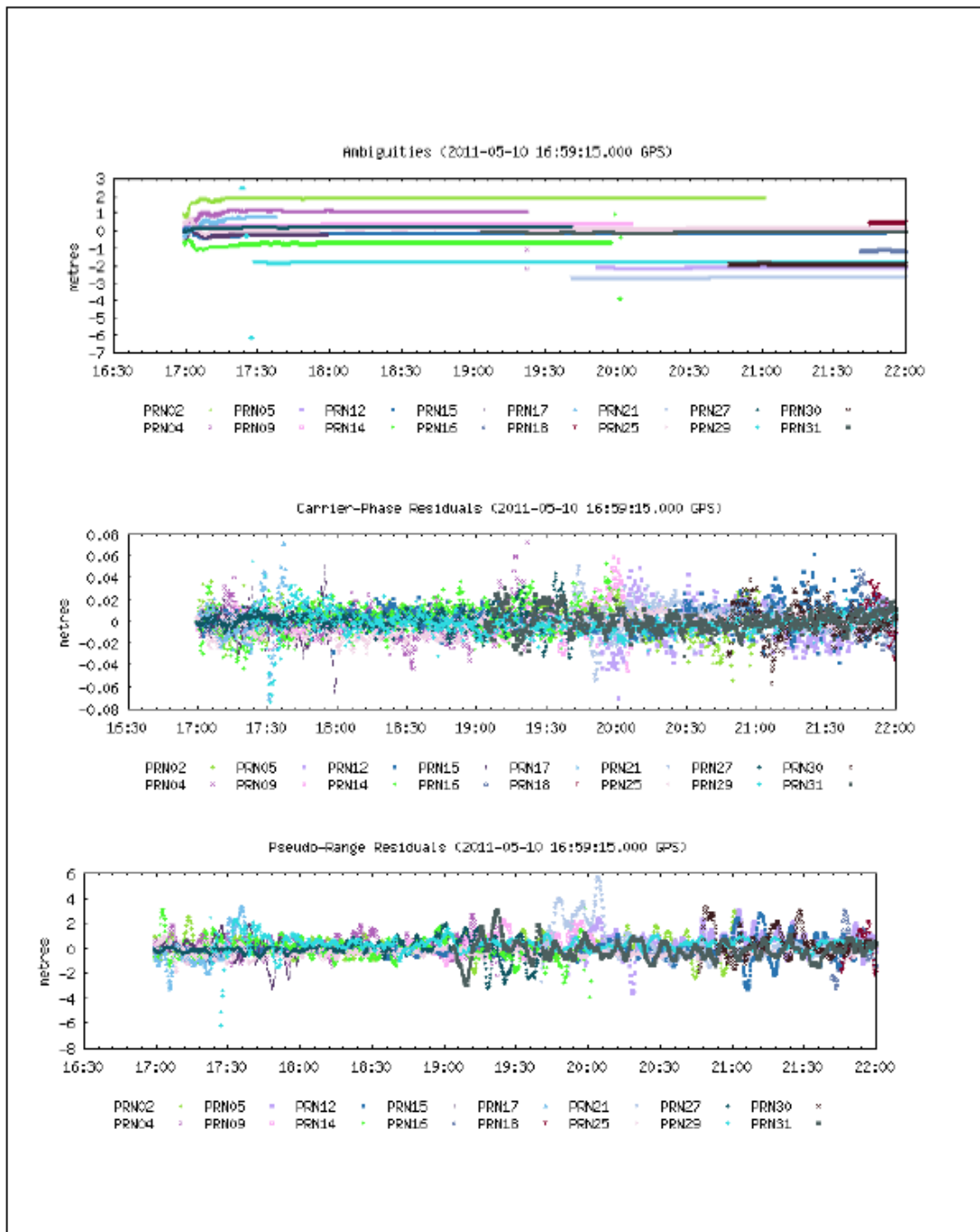












~~~~ Disclaimer ~~~~

Natural Resources Canada does not assume any liability deemed to have been caused directly or indirectly by any content of its PPP-On-Line positioning service.

If you have any questions, please feel free to contact:

Geodetic Survey Division  
Canada Centre for Remote Sensing  
Natural Resources Canada  
Government of Canada  
615 Booth Street, Room 440  
Ottawa, Ontario K1A 0E9  
Phone:613-995-4410 FAX: 613-995-3215  
EMail: [information@geod.nrcan.gc.ca](mailto:information@geod.nrcan.gc.ca)



Natural Resources  
Canada

Ressources naturelles  
Canada

Canada

## A.1.2: Κέντρο επεξεργασίας AUSPOS (ITRF'05)



# AUSPOS GPS Processing Report

June 1, 2011

This document is a report of the GPS data processing undertaken by the AUSPOS Online GPS Processing Service (version: AUSPOS 2.01) . The AUSPOS Online GPS Processing Service uses International GNSS Service (IGS) products (final, rapid, ultra-rapid depending on availability) to compute precise coordinates in ITRF anywhere on Earth and GDA94 within Australia. The Service is designed to process only dual frequency GPS phase data.

An overview of the GPS processing strategy is included in this report.

Please direct any correspondence to [geodesy@ga.gov.au](mailto:geodesy@ga.gov.au)

National Geospatial Reference Systems  
Geoscience Australia  
Cnr Jerrabomberra and Hindmarsh Drive  
GPO Box 378, Canberra, ACT 2601, Australia  
Freecall (Within Australia): 1800 800 173  
Tel: +61 2 6249 9111. Fax +61 2 6249 9929  
Geoscience Australia  
Home Page: <http://www.ga.gov.au>





## 1 User Data

All antenna heights refer to the vertical distance from the Ground Mark to the Antenna Reference Point (ARP).

| Station (s) | Submitted File | Antenna Type | Antenna Height (m) | Start Time          | End Time            |
|-------------|----------------|--------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| PPPS        | PPPS1300.ttc   | MARK MARK    | 1.250              | 2011/06/10 16:00:30 | 2011/06/10 22:00:00 |

## 2 Processing Summary



| Date                | User Stations | Reference Stations                                                          | Orbit Type |
|---------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------|
| 2011/06/10 16:00:30 | PPPS          | MARK MARK GLEN GLEN JUNE<br>NEWJ NICO NITS OESA POLY<br>PUTS WILL WERT ZIPP | IGS Final  |



### 3 Computed Coordinates, ITRF2005

All computed coordinates are based on the IGS realisation of the ITRF2005 reference frame. All the given ITRF2005 coordinates refer to a mean epoch of the site observation data. All coordinates refer to the Ground Mark.

#### 3.1 Cartesian, ITRF2005

| Station | X (m)       | Y (m)       | Z (m)       | ITRF2005 # |
|---------|-------------|-------------|-------------|------------|
| PPP3    | 4606484.479 | 2029884.043 | 3903917.032 | 10/05/2011 |
| BOR1    | 3738358.344 | 1148173.805 | 5021815.822 | 10/05/2011 |
| BRUS    | 4027893.671 | 307045.927  | 4919475.200 | 10/05/2011 |
| CLSV    | 3512888.825 | 2068979.965 | 4888903.248 | 10/05/2011 |
| CRAS    | 4581690.815 | 556114.952  | 4389360.870 | 10/05/2011 |
| JOZE    | 3664940.049 | 1409153.961 | 5009571.436 | 10/05/2011 |
| MDVJ    | 2845455.947 | 2160954.319 | 5265993.270 | 10/05/2011 |
| NICO    | 4359415.600 | 2874117.138 | 3650777.912 | 10/05/2011 |
| NOT1    | 4934546.117 | 1321265.120 | 3806456.222 | 10/05/2011 |
| ONSA    | 3370658.454 | 711877.229  | 5349787.022 | 10/05/2011 |
| POLV    | 3411557.209 | 2348464.064 | 4834396.927 | 10/05/2011 |
| POTS    | 3800689.536 | 882077.485  | 5028791.385 | 10/05/2011 |
| VILL    | 4849833.629 | -335048.904 | 4116015.012 | 10/05/2011 |
| WSRT    | 3828735.773 | 443305.057  | 5064884.780 | 10/05/2011 |
| ZIMM    | 4331296.972 | 567555.995  | 4633134.009 | 10/05/2011 |

#### 3.2 Geodetic, GRS80 Ellipsoid, ITRF2005

Geoid-ellipsoidal separations, in this section, are computed using a spherical harmonic synthesis of the global EGM2008 geoid. More information on the EGM2008 geoid can be found at <http://earth-info.nga.mil/GandG/wgs84/gravitymod/egm2008/>

| Station | Latitude<br>(DMS) | Longitude<br>(DMS) | Ellipsoidal<br>Height(m) | Derived Above<br>Geoid Height(m) |
|---------|-------------------|--------------------|--------------------------|----------------------------------|
| PPP3    | 37 58 51.65146    | 23 46 51.85360     | 217.562                  | 178.703                          |
| BOR1    | 52 16 37.04737    | 17 04 24.44963     | 124.356                  | 88.826                           |
| BRUS    | 50 47 52.14824    | 4 21 33.19455      | 149.696                  | 104.239                          |
| CLSV    | 50 21 51.06065    | 30 29 48.24338     | 226.305                  | 200.763                          |
| CRAS    | 43 45 17.05946    | 6 55 14.06925      | 1319.312                 | 1268.249                         |
| JOZE    | 52 05 50.19261    | 21 01 53.54667     | 141.432                  | 109.886                          |
| MDVJ    | 56 01 17.37491    | 37 12 52.22255     | 257.118                  | 241.423                          |
| NICO    | 35 08 27.55424    | 33 23 47.21018     | 190.021                  | 161.954                          |
| NOT1    | 36 52 33.04404    | 14 59 23.23961     | 126.339                  | 84.656                           |
| ONSA    | 57 23 43.07904    | 11 55 31.86888     | 45.601                   | 8.995                            |
| POLV    | 49 36 09.41268    | 34 32 34.55685     | 178.350                  | 159.769                          |
| POTS    | 52 22 45.47378    | 13 03 57.93501     | 144.427                  | 104.002                          |
| VILL    | 40 26 36.93938    | -3 57 07.12026     | 647.339                  | 595.389                          |
| WSRT    | 52 54 52.60312    | 6 36 16.22533      | 82.288                   | 40.525                           |
| ZIMM    | 46 52 37.55452    | 7 27 55.00246      | 956.335                  | 906.724                          |



## 4 Solution Information

### 4.1 Coordinate Precision - Geodetic, One Sigma

| Station | $\sigma$ East (m) | $\sigma$ North (m) | $\sigma$ Up (m) |
|---------|-------------------|--------------------|-----------------|
| PPP3    | 0.002             | 0.002              | 0.005           |
| BOR1    | 0.002             | 0.002              | 0.004           |
| BRUS    | 0.002             | 0.002              | 0.004           |
| CLSV    | 0.002             | 0.002              | 0.004           |
| CRAS    | 0.002             | 0.002              | 0.004           |
| JOZE    | 0.002             | 0.002              | 0.004           |
| MDVJ    | 0.002             | 0.002              | 0.004           |
| NICO    | 0.002             | 0.002              | 0.004           |
| NOT1    | 0.002             | 0.002              | 0.004           |
| ONSA    | 0.002             | 0.002              | 0.004           |
| POLV    | 0.002             | 0.002              | 0.004           |
| POTS    | 0.002             | 0.002              | 0.004           |
| VILL    | 0.002             | 0.002              | 0.004           |
| WSRT    | 0.002             | 0.002              | 0.004           |
| ZIMM    | 0.002             | 0.002              | 0.004           |

### 4.2 Ambiguity Resolution - per baseline

| Baseline    | Ambiguities Resolved | Baseline Length (km) |
|-------------|----------------------|----------------------|
| CRAS - VILL | 91.7 %               | 969.9                |
| CLSV - POLV | 92.9 %               | 302.2                |
| BRUS - WSRT | 61.1 %               | 281.7                |
| NICO - PPP3 | 60.0 %               | 915.3                |
| POTS - WSRT | 80.0 %               | 441.1                |
| BOR1 - POTS | 86.7 %               | 273.4                |
| CLSV - WSRT | 78.6 %               | 1665.4               |
| CLSV - MDVJ | 82.4 %               | 772.1                |
| JOZE - POTS | 73.3 %               | 544.6                |
| CRAS - WSRT | 93.3 %               | 1017.8               |
| CLSV - NICO | 78.6 %               | 1702.3               |
| CRAS - NOT1 | 80.0 %               | 1024.6               |
| ONSA - WSRT | 87.5 %               | 602.6                |
| CRAS - ZIMM | 87.5 %               | 349.6                |
| AVERAGE     | 80.6%                | 775.9                |

Please note for a regional solution, such as used by AUSPOS, an average ambiguity resolution of 50% or better for the network indicates a reliable solution.



## 5 Computation Standards

### 5.1 Computation System

|                |                                   |
|----------------|-----------------------------------|
| Software       | Bernese GPS Software Version 5.0. |
| GNSS system(s) | GPS only.                         |

### 5.2 Data Preprocessing and Measurement Modelling

|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Data preprocessing                       | Phase preprocessing is undertaken in a baseline by baseline mode using triple-differences. In most cases, cycle slips are fixed by the simultaneous analysis of different linear combinations of L1 and L2. If a cycle slip cannot be fixed reliably, bad data points are removed or new ambiguities are set up. A data screening step on the basis of weighted postfit residuals is also performed, and outliers are removed. |
| Basic observable                         | Carrier phase with an elevation angle cutoff of $10^\circ$ and a sampling rate of 3 minutes. However, data cleaning is performed a sampling rate of 30 seconds. Elevation dependent weighting is applied according to $1/\sin(e)^2$ where $e$ is the satellite elevation. The code observable is only used for the receiver clock synchronisation.                                                                             |
| Modelled observable                      | Double differences of the ionosphere-free linear combination.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Ground antenna phase centre calibrations | IGS05 absolute phase-centre variation model is applied.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Tropospheric Model                       | A priori model is the Saastamoinen-based hydrostatic mapped with the dry-Niell.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Tropospheric Estimation                  | Zenith delay corrections are estimated relying on the wet-Niell mapping function in intervals of 2 hour. N-S and E-W horizontal delay parameters are solved for every 24 hours.                                                                                                                                                                                                                                                |
| Tropospheric Mapping Function            | Niell                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Ionosphere                               | First-order effect eliminated by forming the ionosphere-free linear combination of L1 and L2.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Tidal displacements                      | Solid earth tidal displacements are derived from the complete model from the IERS Conventions 2003, but ocean tide loading is not applied.                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Atmospheric loading                      | Not applied                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Satellite centre of mass correction      | IGS05 phase-centre variation model applied                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Satellite phase centre calibration       | IGS05 phase-centre variation model applied                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Satellite trajectories                   | Best available IGS products.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Earth Orientation                        | Best available IGS products.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |





### 5.3 Estimation Process

|                        |                                                                                                                                                        |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Adjustment             | Weighted least-squares algorithm.                                                                                                                      |
| Station coordinates    | Coordinate constraints are applied at the Reference sites with standard deviation of 5mm and 10mm for horizontal and vertical components respectively. |
| Troposphere            | Zenith delay parameters and pairs of horizontal delay gradient parameters are estimated for each station in intervals of 2 hour and 24 hours.          |
| Ionospheric correction | An ionospheric map derived from the contributing reference stations is used to aid ambiguity resolution using the QIF strategy                         |
| Ambiguity              | Ambiguities are resolved in a baseline-by-baseline mode using Quasi-Ionosphere-Free (QIF) approach.                                                    |

### 5.4 Reference Frame

|                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Terrestrial reference frame | IGS05 station coordinates and velocities mapped to the mean epoch of observation.                                                                                                                                                                                                                                            |
| Australian datum            | GDA94 coordinates determined via Helmert transformation from ITRF using the Dawson and Woods (2010) parameters.                                                                                                                                                                                                              |
| Derived AHD                 | For stations within Australia, AUSGeoid09 is used to compute AHD. AUSGeoid09 is the Australia-wide gravimetric quasigeoid model that has been a posteriori fitted to the Australian Height Datum                                                                                                                             |
| Above-geoid heights         | Earth Gravitational Model EGM2008 released by the National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) EGM Development Team is used to compute above-geoid heights. This gravitational model is complete to spherical harmonic degree and order 2159, and contains additional coefficients extending to degree 2190 and order 2159. |

## A.1.2: Κέντρο επεξεργασίας AUSPOS (ITRF'08)



# AUSPOS GPS Processing Report

August 6, 2011

This document is a report of the GPS data processing undertaken by the AUSPOS Online GPS Processing Service (version: AUSPOS 2.02) . The AUSPOS Online GPS Processing Service uses International GNSS Service (IGS) products (final, rapid, ultra-rapid depending on availability) to compute precise coordinates in ITRF anywhere on Earth and GDA94 within Australia. The Service is designed to process only dual frequency GPS phase data.

An overview of the GPS processing strategy is included in this report.

Please direct any correspondence to [geodesy@ga.gov.au](mailto:geodesy@ga.gov.au)

National Geospatial Reference Systems  
Geoscience Australia  
Cnr Jerrabomberra and Hindmarsh Drive  
GPO Box 378, Canberra, ACT 2601, Australia  
Freecall (Within Australia): 1800 800 173  
Tel: +61 2 6249 9111. Fax +61 2 6249 9929  
Geoscience Australia  
Home Page: <http://www.ga.gov.au>



## 1 User Data

All antenna heights refer to the vertical distance from the Ground Mark to the Antenna Reference Point (ARP).

| Station (m) | Submitted File | Antenna Type | Antenna Height (m) | Start Time          | End Time            |
|-------------|----------------|--------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| PPPS        | PPPS1300.11c   | MMR MMR      | 1.265              | 2011/06/10 16:59:30 | 2011/06/10 22:00:00 |

## 2 Processing Summary



| Date                | User Stations | Reference Stations                                           | Orbit Type |
|---------------------|---------------|--------------------------------------------------------------|------------|
| 2011/06/10 16:59:30 | PPPS          | AMNH UGHE USAS USRU ULIV<br>GRMZ ISTA NI00 NUT1 POLV<br>USRL | GPS Final  |



### 3 Computed Coordinates, ITRF2008

All computed coordinates are based on the IGS realisation of the ITRF2008 reference frame. All the given ITRF2008 coordinates refer to a mean epoch of the site observation data. All coordinates refer to the Ground Mark.

#### 3.1 Cartesian, ITRF2008

| Station | X (m)       | Y (m)       | Z (m)       | ITRF2008 @ |
|---------|-------------|-------------|-------------|------------|
| PPP3    | 4606494.470 | 2029884.041 | 3903917.029 | 10/05/2011 |
| ANKR    | 4121948.484 | 2652187.882 | 4069023.823 | 10/05/2011 |
| CACL    | 4893378.746 | 772649.914  | 4004182.254 | 10/05/2011 |
| CRAD    | 3783896.978 | 2551404.517 | 4441264.341 | 10/05/2011 |
| DRAC    | 4432980.533 | 3149432.182 | 3322110.589 | 10/05/2011 |
| GLSV    | 3512888.824 | 2068979.969 | 4888903.250 | 10/05/2011 |
| GRAZ    | 4194423.709 | 1162702.808 | 4647245.484 | 10/05/2011 |
| ISTA    | 4208830.183 | 2334850.412 | 4171267.301 | 10/05/2011 |
| NICO    | 4359415.597 | 2874117.139 | 3650777.913 | 10/05/2011 |
| NDT1    | 4934546.109 | 1321265.113 | 3806456.218 | 10/05/2011 |
| POLV    | 3411557.210 | 2348464.065 | 4834396.930 | 10/05/2011 |
| UZHL    | 3907587.344 | 1602428.794 | 4763783.814 | 10/05/2011 |

#### 3.2 Geodetic, GRS80 Ellipsoid, ITRF2008

Geoid-ellipsoidal separations, in this section, are computed using a spherical harmonic synthesis of the global EGM2008 geoid. More information on the EGM2008 geoid can be found at <http://earth-info.nga.mil/GandG/wgs84/gravitymod/egm2008/>

| Station | Latitude<br>(DMS) | Longitude<br>(DMS) | Ellipsoidal<br>Height(m) | Derived Above<br>Geoid Height(m) |
|---------|-------------------|--------------------|--------------------------|----------------------------------|
| PPP3    | 37 58 51.65155    | 23 46 51.85368     | 217.553                  | 178.694                          |
| ANKR    | 39 53 14.53886    | 32 45 30.49170     | 976.035                  | 938.824                          |
| CACL    | 39 08 09.28626    | 8 58 21.91498      | 238.378                  | 192.114                          |
| CRAD    | 44 24 47.73745    | 33 59 27.54293     | 365.807                  | 341.095                          |
| DRAC    | 31 35 35.52667    | 35 23 31.45868     | 31.842                   | 13.588                           |
| GLSV    | 50 21 51.06067    | 30 29 48.24359     | 226.308                  | 200.766                          |
| GRAZ    | 47 04 01.67123    | 15 29 36.53550     | 538.292                  | 490.817                          |
| ISTA    | 41 06 16.01352    | 29 01 09.63175     | 147.237                  | 109.952                          |
| NICO    | 35 08 27.55433    | 33 23 47.21028     | 190.020                  | 161.953                          |
| NDT1    | 36 52 33.04414    | 14 59 23.23941     | 126.329                  | 84.646                           |
| POLV    | 49 36 09.41269    | 34 32 34.55683     | 178.353                  | 159.772                          |
| UZHL    | 48 37 55.12281    | 22 17 51.43403     | 232.008                  | 193.389                          |





## 4 Solution Information

### 4.1 Coordinate Precision - Geodetic, One Sigma

| Station | $\sigma$ East (m) | $\sigma$ North (m) | $\sigma$ Up (m) |
|---------|-------------------|--------------------|-----------------|
| PPP3    | 0.002             | 0.002              | 0.005           |
| ANKR    | 0.002             | 0.002              | 0.004           |
| CACL    | 0.002             | 0.002              | 0.004           |
| CRAO    | 0.002             | 0.002              | 0.004           |
| DRAC    | 0.002             | 0.002              | 0.005           |
| CLSV    | 0.002             | 0.002              | 0.004           |
| CRAZ    | 0.002             | 0.002              | 0.004           |
| ISTA    | 0.002             | 0.002              | 0.004           |
| NICO    | 0.002             | 0.002              | 0.004           |
| NOT1    | 0.002             | 0.002              | 0.005           |
| POLV    | 0.002             | 0.002              | 0.004           |
| UZHL    | 0.002             | 0.002              | 0.004           |

### 4.2 Ambiguity Resolution - per baseline

| Baseline    | Ambiguities Resolved | Baseline Length (km) |
|-------------|----------------------|----------------------|
| CLSV - POLV | 85.7 %               | 302.2                |
| ISTA - PPP3 | 80.0 %               | 568.0                |
| CLSV - UZHL | 62.5 %               | 623.8                |
| CACL - CRAZ | 80.0 %               | 1026.7               |
| DRAC - NICO | 75.0 %               | 435.0                |
| CACL - NOT1 | 73.3 %               | 584.6                |
| CRAZ - ISTA | 78.6 %               | 1265.2               |
| ANKR - ISTA | 86.7 %               | 344.5                |
| CLSV - CRAZ | 78.6 %               | 1159.4               |
| ISTA - NICO | 92.9 %               | 764.5                |
| CRAO - ISTA | 86.7 %               | 548.1                |
| AVERAGE     | 79.8%                | 692.9                |

Please note for a regional solution, such as used by AUSPOS, an average ambiguity resolution of 50% or better for the network indicates a reliable solution.



## 5 Computation Standards

### 5.1 Computation System

|                |                                   |
|----------------|-----------------------------------|
| Software       | Bernese GPS Software Version 5.0. |
| GNSS system(s) | GPS only.                         |

### 5.2 Data Preprocessing and Measurement Modelling

|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Data preprocessing                       | Phase preprocessing is undertaken in a baseline by baseline mode using triple-differences. In most cases, cycle slips are fixed by the simultaneous analysis of different linear combinations of L1 and L2. If a cycle slip cannot be fixed reliably, bad data points are removed or new ambiguities are set up. A data screening step on the basis of weighted postfit residuals is also performed, and outliers are removed. |
| Basic observable                         | Carrier phase with an elevation angle cutoff of $10^\circ$ and a sampling rate of 3 minutes. However, data cleaning is performed a sampling rate of 30 seconds. Elevation dependent weighting is applied according to $1/\sin(e)^2$ where $e$ is the satellite elevation. The code observable is only used for the receiver clock synchronisation.                                                                             |
| Modelled observable                      | Double differences of the ionosphere-free linear combination.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Ground antenna phase centre calibrations | IGS08 absolute phase-centre variation model is applied.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Tropospheric Model                       | A priori model is the Saastamoinen-based hydrostatic mapped with the dry-Niell.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Tropospheric Estimation                  | Zenith delay corrections are estimated relying on the wet-Niell mapping function in intervals of 2 hour. N-S and E-W horizontal delay parameters are solved for every 24 hours.                                                                                                                                                                                                                                                |
| Tropospheric Mapping Function            | Niell                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Ionosphere                               | First-order effect eliminated by forming the ionosphere-free linear combination of L1 and L2.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Tidal displacements                      | Solid earth tidal displacements are derived from the complete model from the IERS Conventions 2003, but ocean tide loading is not applied.                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Atmospheric loading                      | Not applied                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Satellite centre of mass correction      | IGS08 phase-centre variation model applied                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Satellite phase centre calibration       | IGS08 phase-centre variation model applied                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Satellite trajectories                   | Best available IGS products.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Earth Orientation                        | Best available IGS products.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |



### 5.3 Estimation Process

|                        |                                                                                                                                                        |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Adjustment             | Weighted least-squares algorithm.                                                                                                                      |
| Station coordinates    | Coordinate constraints are applied at the Reference sites with standard deviation of 5mm and 10mm for horizontal and vertical components respectively. |
| Troposphere            | Zenith delay parameters and pairs of horizontal delay gradient parameters are estimated for each station in intervals of 2 hour and 24 hours.          |
| Ionospheric correction | An ionospheric map derived from the contributing reference stations is used to aid ambiguity resolution using the QIF strategy                         |
| Ambiguity              | Ambiguities are resolved in a baseline-by-baseline mode using Quasi-Ionosphere-Free (QIF) approach.                                                    |

### 5.4 Reference Frame

|                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Terrestrial reference frame | IGS08 station coordinates and velocities mapped to the mean epoch of observation.                                                                                                                                                                                                                                            |
| Australian datum            | GDA94 coordinates determined via Helmert transformation from ITRF using the Dawson and Woods (2010) parameters.                                                                                                                                                                                                              |
| Derived AHD                 | For stations within Australia, AUSGeoid09 is used to compute AHD. AUSGeoid09 is the Australia-wide gravimetric quasigeoid model that has been a posteriori fitted to the Australian Height Datum                                                                                                                             |
| Above-geoid heights         | Earth Gravitational Model EGM2008 released by the National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) EGM Development Team is used to compute above-geoid heights. This gravitational model is complete to spherical harmonic degree and order 2159, and contains additional coefficients extending to degree 2190 and order 2159. |

## A.2: ΣΗΜΕΙΟ 1, ΠΕΡΙΟΧΗ: ΚΑΤΣΙΚΑ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

### A.2.1: Κέντρο επεξεργασίας CSRS

```
CSRS-PPP Add to contacts
To maria_satm@hotmail.com

-----

Latest update to CSRS-PPP performed on August 31, 2011
.
<http://webapp.csrs.nrcan.gc.ca/field/CSRS\_PPP\_updates\_e.html>

-----

Results of your CSRS-PPP processing can be downloaded by clicking on the following link:

<http://webapp.csrs.nrcan.gc.ca/ppp\_data/20110912\_0406\_PPPI2480/20110912\_0406\_PPPI2480\_full\_output.zip>

----- PPPI2480 -----
The estimated coordinates / standard deviations for the PPPI2480 RINEX file are as follow:

Latitude (ITRF08): 39 37 30.4037 (dms) / 0.007 (m)
Longitude (ITRF08): 20 52 41.9674 (dms) / 0.029 (m)
Ellipsoidal Height (ITRF08): 560.376 (m) / 0.028 (m)

UTM (North) Northing: 4386156.754m Easting: 489557.221m Zone: 34 Scale Factor: 0.99960134 (point) 0.99951343 (combined)

Orthometric Height CGVD28 (HTv2.0): _NOT_DEFINED_

Cartesian coordinates (X Y Z in metres) 4596753.681, 1753337.239, 4046369.680

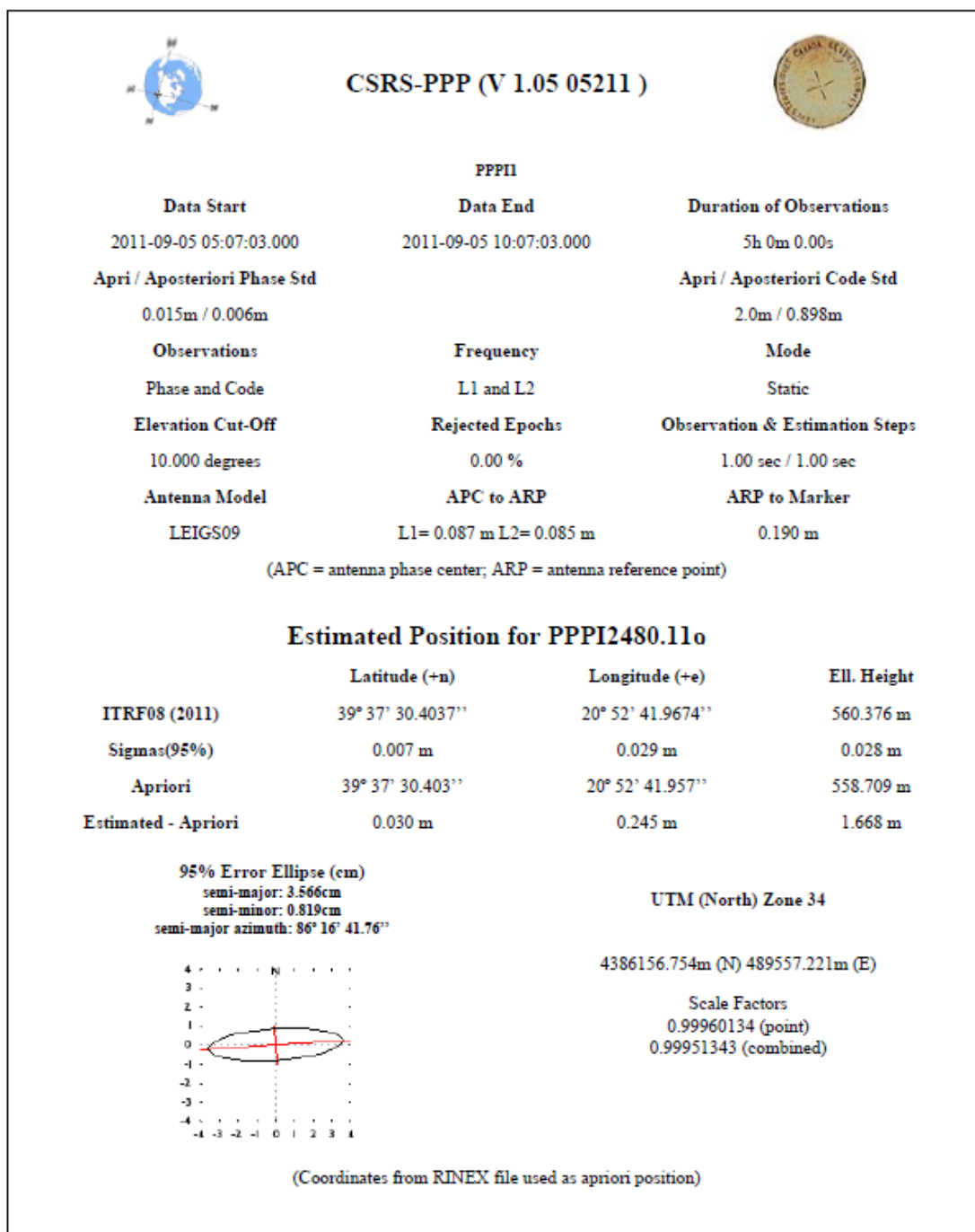
URL to PDF summary file:
<http://webapp.csrs.nrcan.gc.ca/ppp\_data/20110912\_0406\_PPPI2480/zip\_dir\_1/PPPI2480.pdf>

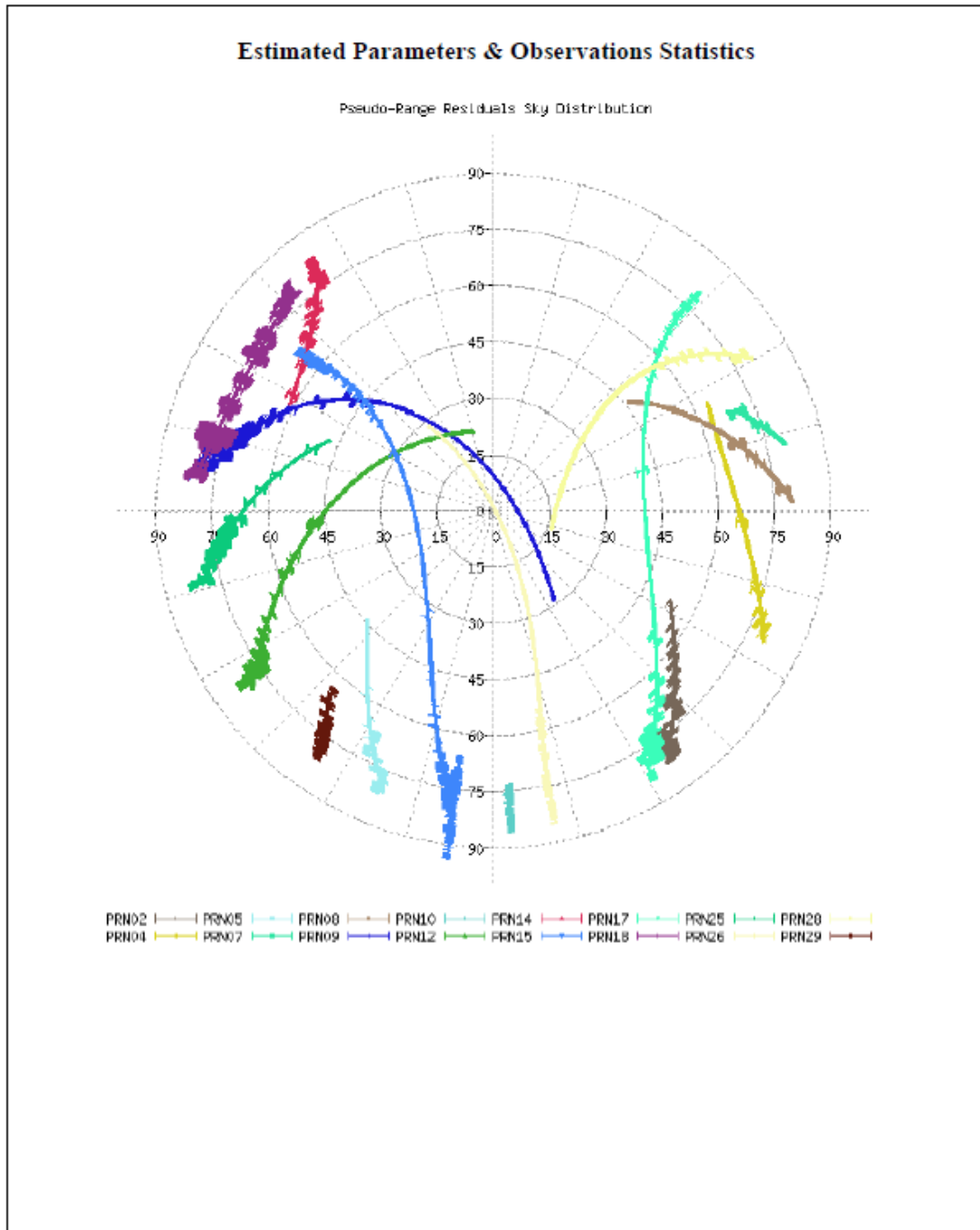
URL to file of observations residual and satellites azimuth and elevation:
<http://webapp.csrs.nrcan.gc.ca/ppp\_data/20110912\_0406\_PPPI2480/zip\_dir\_1/PPPI2480\_res.zip>

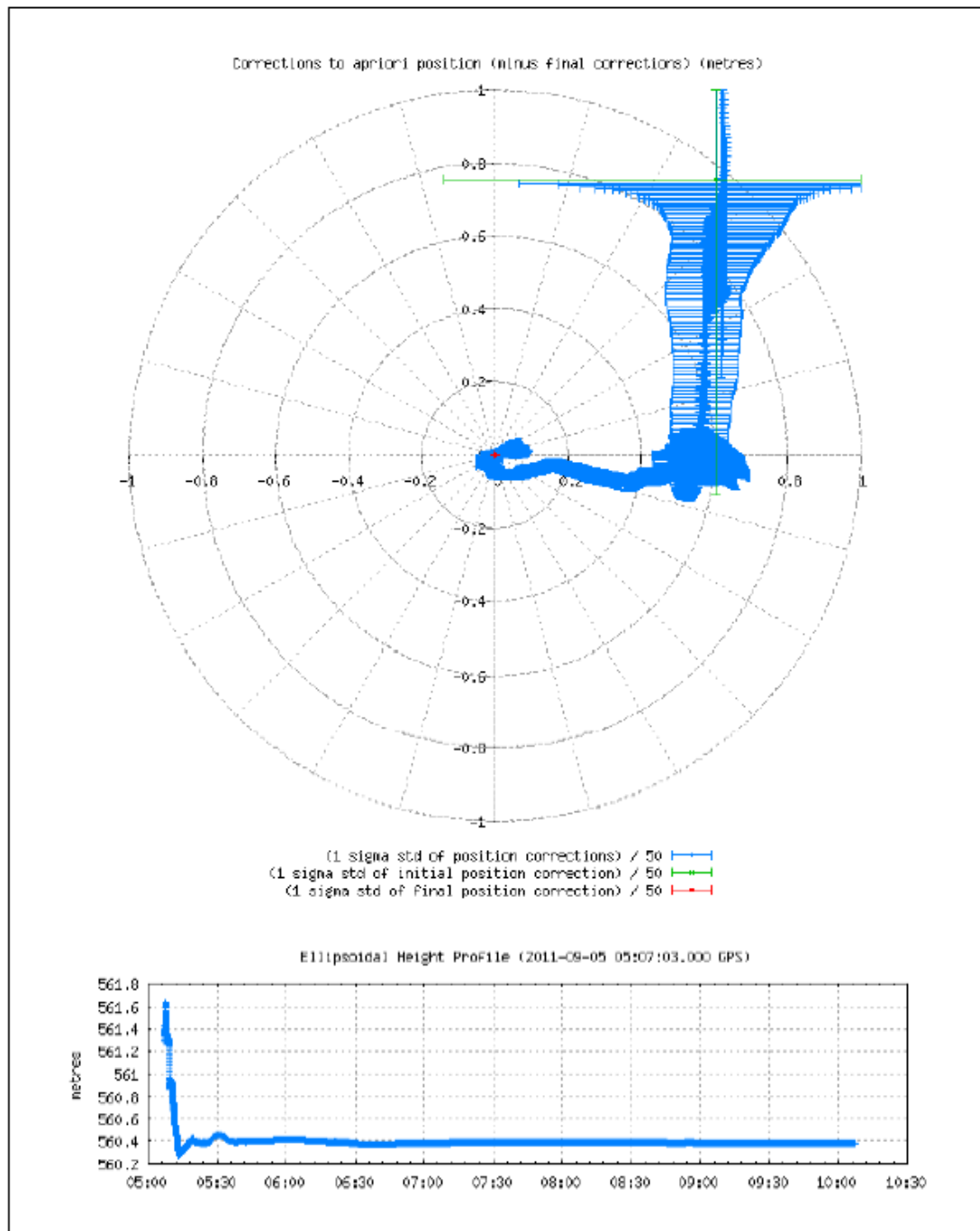
GPS Orbits & Clocks Used: NRCAN Hourly
WGS84 ellipsoid used for (x,y,z) to (lat,long,h) transformation

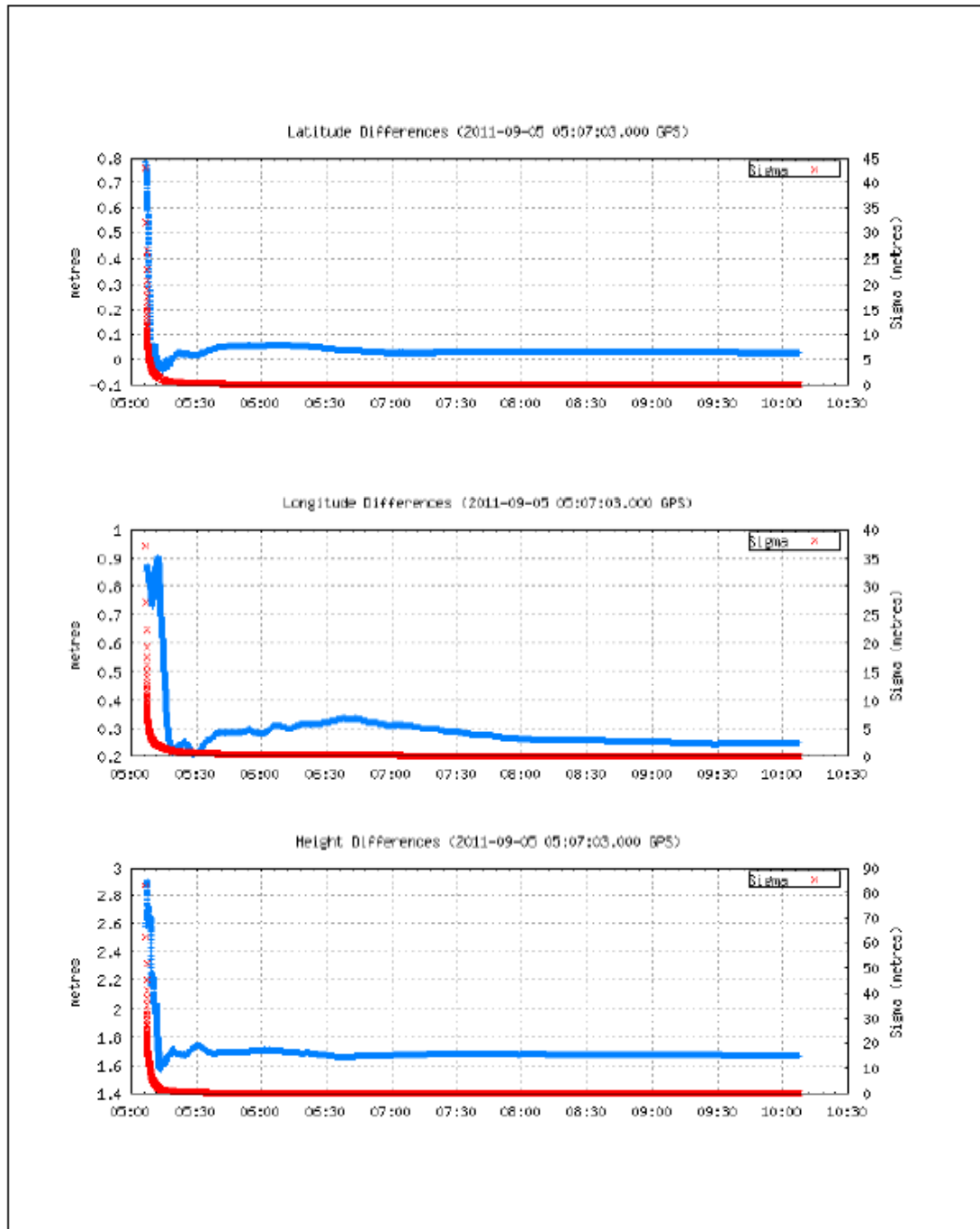
-----

Software Version: 1.05 05211
```

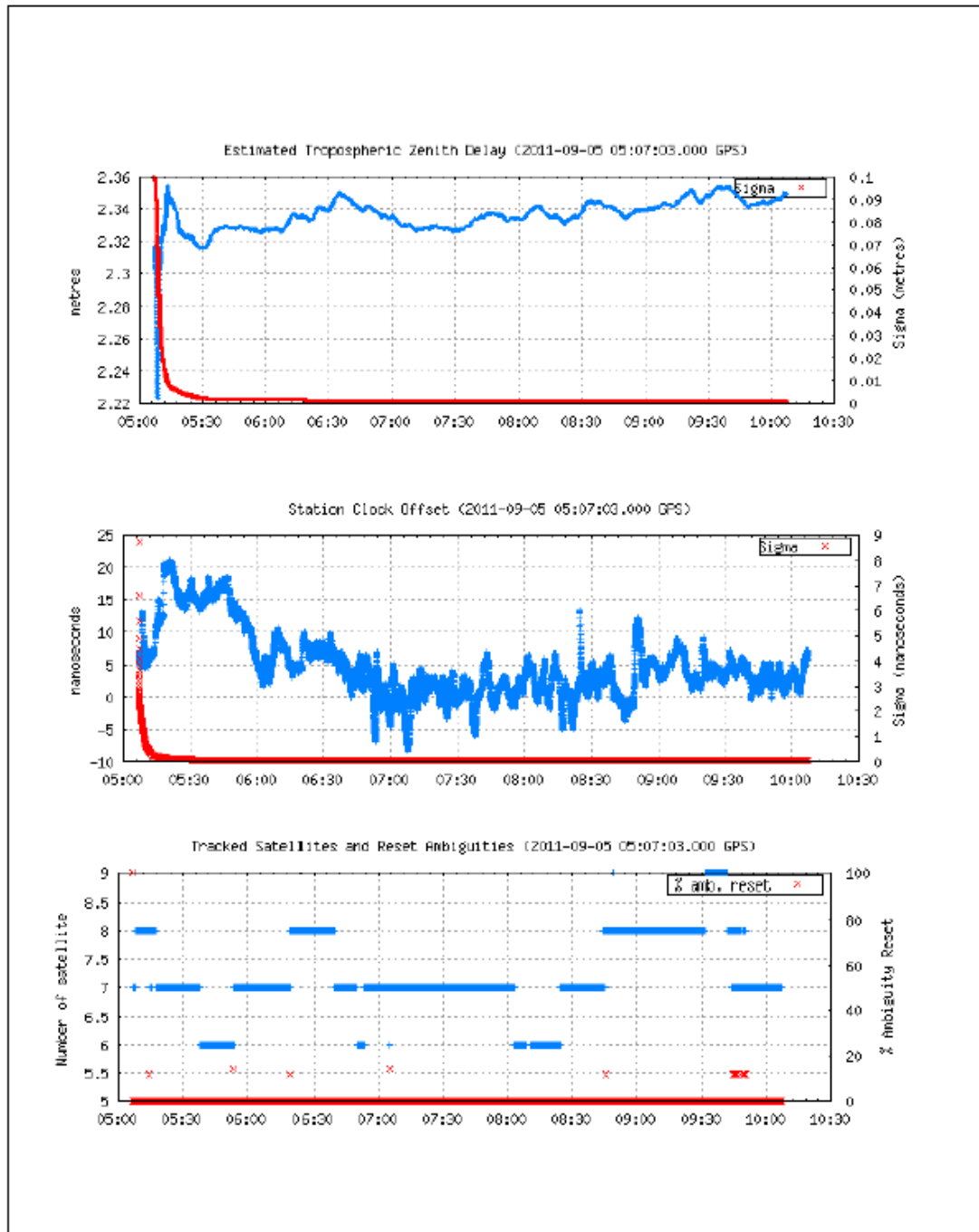


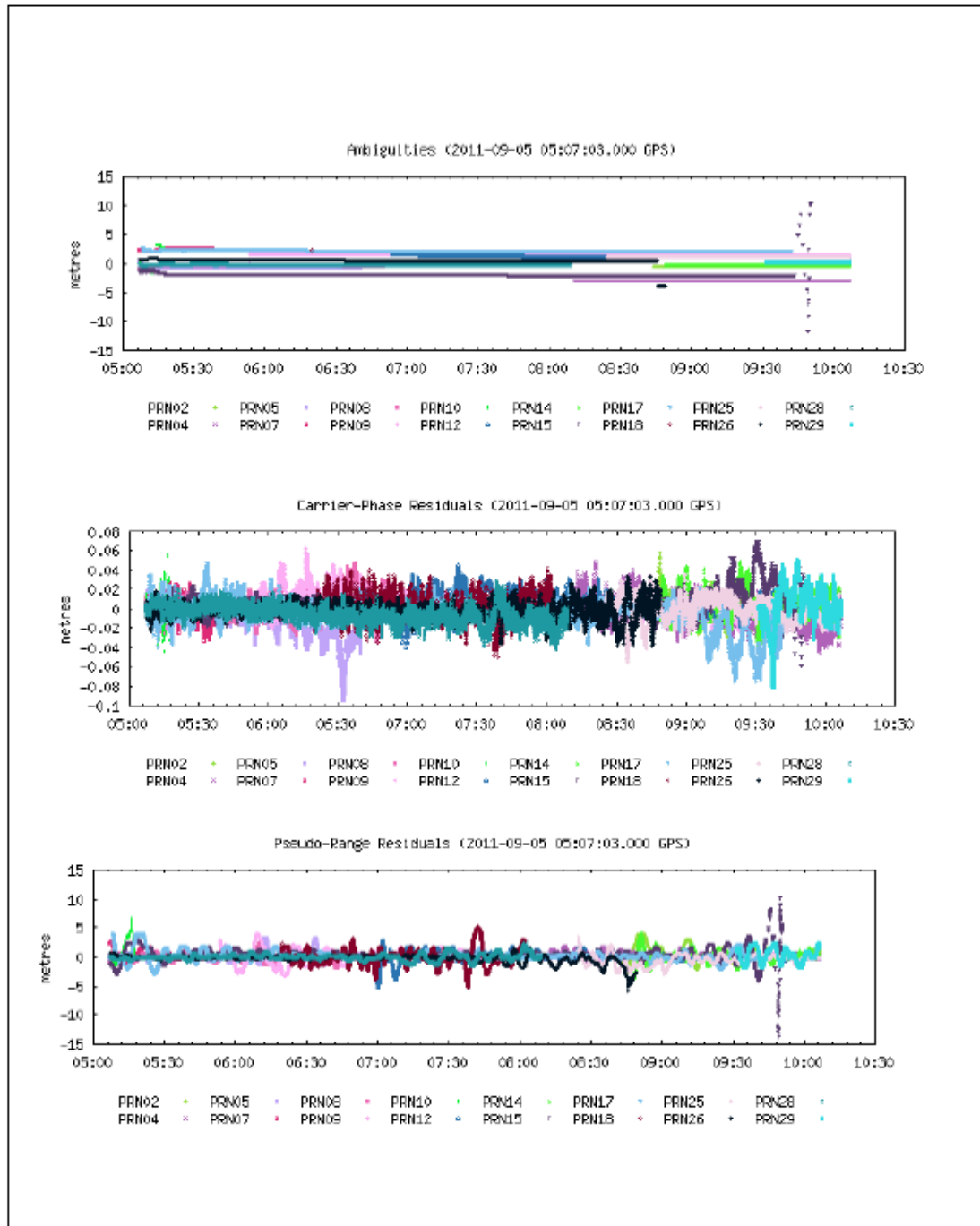










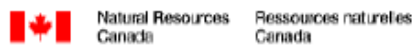


--- Disclaimer ---

Natural Resources Canada does not assume any liability deemed to have been caused directly or indirectly by any content of its PPP-On-Line positioning service.

If you have any questions, please feel free to contact:

Geodetic Survey Division  
Canada Centre for Remote Sensing  
Natural Resources Canada  
Government of Canada  
615 Booth Street, Room 440  
Ottawa, Ontario K1A 0E9  
Phone:613-995-4410 FAX: 613-995-3215  
EMail: [information@geod.nrcan.gc.ca](mailto:information@geod.nrcan.gc.ca)



## A.2.2: Κέντρο επεξεργασίας AUSPOS



# AUSPOS GPS Processing Report

September 14, 2011

This document is a report of the GPS data processing undertaken by the AUSPOS Online GPS Processing Service (version: AUSPOS 2.02). The AUSPOS Online GPS Processing Service uses International GNSS Service (IGS) products (final, rapid, ultra-rapid depending on availability) to compute precise coordinates in ITRF anywhere on Earth and GDA94 within Australia. The Service is designed to process only dual frequency GPS phase data.

An overview of the GPS processing strategy is included in this report.

Please direct any correspondence to [geodesy@ga.gov.au](mailto:geodesy@ga.gov.au)

National Geospatial Reference Systems  
Geoscience Australia  
Cnr Jerrabomberra and Hindmarsh Drive  
GPO Box 378, Canberra, ACT 2601, Australia  
Freecall (Within Australia): 1800 800 173  
Tel: +61 2 6249 9111. Fax +61 2 6249 9929  
Geoscience Australia  
Home Page: <http://www.ga.gov.au>

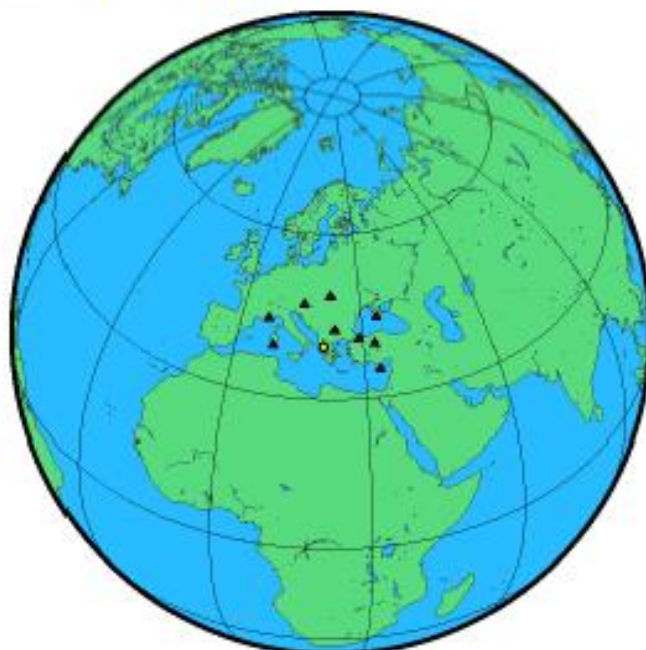


## 1 User Data

All antenna heights refer to the vertical distance from the Ground Mark to the Antenna Reference Point (ARP).

| Station (s) | Submitted File | Antenna Type | Antenna Height (m) | Start Time          | End Time            |
|-------------|----------------|--------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| PPP1        | PPP12460.11c   | MARK MARK    | 0.190              | 2011/05/05 08:07:30 | 2011/05/05 10:07:00 |

## 2 Processing Summary



| Date                | User Stations | Reference Stations                              | Orbit Type |
|---------------------|---------------|-------------------------------------------------|------------|
| 2011/05/05 08:07:30 | PPP1          | AMBN CAGL CHAN CHAS CHAY<br>DSTA NICO SHFI USGL | IGS rapid  |

Remark: An IGS Rapid Orbit product has been used in this computation, IGS Rapid orbits are usually of very high quality. However, to ensure you achieve the highest quality coordinates please resubmit approximately 2 weeks after the observation session end to ensure the use of the IGS Final Orbit product.



### 3 Computed Coordinates, ITRF2008

All computed coordinates are based on the IGS realisation of the ITRF2008 reference frame. All the given ITRF2008 coordinates refer to a mean epoch of the site observation data. All coordinates refer to the Ground Mark.

#### 3.1 Cartesian, ITRF2008

| Station | X (m)       | Y (m)       | Z (m)       | ITRF2008 @ |
|---------|-------------|-------------|-------------|------------|
| PPPI    | 4596753.734 | 1753337.267 | 4046369.735 | 05/09/2011 |
| ANKR    | 4121948.482 | 2652187.879 | 4069023.818 | 05/09/2011 |
| CACL    | 4893378.732 | 772649.923  | 4004182.246 | 05/09/2011 |
| CRAO    | 3783896.972 | 2551404.521 | 4441264.337 | 05/09/2011 |
| CRAS    | 4581690.814 | 556114.964  | 4389360.874 | 05/09/2011 |
| CRAZ    | 4194423.712 | 1162702.815 | 4647245.492 | 05/09/2011 |
| ISTA    | 4208830.187 | 2334850.421 | 4171267.308 | 05/09/2011 |
| NICD    | 4359415.581 | 2874117.133 | 3650777.902 | 05/09/2011 |
| SOFI    | 4319371.975 | 1868687.908 | 4292064.003 | 05/09/2011 |
| UZHL    | 3907587.343 | 1602428.797 | 4763783.814 | 05/09/2011 |

#### 3.2 Geodetic, GRS80 Ellipsoid, ITRF2008

Geoid-ellipsoidal separations, in this section, are computed using a spherical harmonic synthesis of the global EGM2008 geoid. More information on the EGM2008 geoid can be found at <http://earth-info.nga.mil/GandG/wgs84/gravitymod/egm2008/>

| Station | Latitude (DMS) | Longitude (DMS) | Ellipsoidal Height (m) | Derived Above Geoid Height (m) |
|---------|----------------|-----------------|------------------------|--------------------------------|
| PPPI    | 39 37 30.40386 | 20 52 41.96776  | 560.458                | 527.892                        |
| ANKR    | 39 53 14.53882 | 32 45 30.49165  | 976.029                | 938.818                        |
| CACL    | 39 08 09.28631 | 8 58 21.91542   | 238.362                | 192.098                        |
| CRAO    | 44 24 47.73741 | 33 59 27.54324  | 365.801                | 341.089                        |
| CRAS    | 43 45 17.05956 | 6 55 14.06978   | 1319.315               | 1268.252                       |
| CRAZ    | 47 04 01.67129 | 15 29 36.53582  | 538.301                | 490.826                        |
| ISTA    | 41 06 16.01352 | 29 01 09.63198  | 147.248                | 109.963                        |
| NICD    | 35 08 27.55433 | 33 23 47.21044  | 190.000                | 161.933                        |
| SOFI    | 42 33 21.94338 | 23 23 41.04465  | 1119.540               | 1074.463                       |
| UZHL    | 48 37 55.12281 | 22 17 51.43416  | 232.009                | 193.390                        |





## 4 Solution Information

### 4.1 Coordinate Precision - Geodetic, One Sigma

| Station | $\sigma$ East (m) | $\sigma$ North (m) | $\sigma$ Up (m) |
|---------|-------------------|--------------------|-----------------|
| PPPI    | 0.002             | 0.002              | 0.005           |
| ANKR    | 0.002             | 0.002              | 0.005           |
| CACL    | 0.002             | 0.002              | 0.005           |
| CRAO    | 0.002             | 0.002              | 0.005           |
| CRAS    | 0.002             | 0.002              | 0.005           |
| CRAZ    | 0.002             | 0.002              | 0.005           |
| ISTA    | 0.002             | 0.002              | 0.005           |
| NICO    | 0.002             | 0.002              | 0.005           |
| SOPI    | 0.002             | 0.002              | 0.005           |
| UZHL    | 0.002             | 0.002              | 0.005           |

### 4.2 Ambiguity Resolution - per baseline

| Baseline    | Ambiguities Resolved | Baseline Length (km) |
|-------------|----------------------|----------------------|
| PPPI - SOPI | 83.3 %               | 388.1                |
| ISTA - SOPI | 80.0 %               | 494.1                |
| CRAZ - SOPI | 80.0 %               | 800.1                |
| CACL - CRAS | 80.0 %               | 540.7                |
| CRAZ - UZHL | 57.1 %               | 537.8                |
| CRAS - CRAZ | 80.0 %               | 764.5                |
| ANKR - ISTA | 90.9 %               | 344.5                |
| ISTA - NICO | 85.7 %               | 764.5                |
| CRAO - ISTA | 92.9 %               | 548.1                |
| AVERAGE     | 79.7%                | 575.8                |

Please note for a regional solution, such as used by AUSPOS, an average ambiguity resolution of 50% or better for the network indicates a reliable solution.



## 5 Computation Standards

### 5.1 Computation System

|                |                                   |
|----------------|-----------------------------------|
| Software       | Bernese GPS Software Version 5.0. |
| GNSS system(s) | GPS only.                         |

### 5.2 Data Preprocessing and Measurement Modelling

|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Data preprocessing                       | Phase preprocessing is undertaken in a baseline by baseline mode using triple-differences. In most cases, cycle slips are fixed by the simultaneous analysis of different linear combinations of L1 and L2. If a cycle slip cannot be fixed reliably, bad data points are removed or new ambiguities are set up. A data screening step on the basis of weighted postfit residuals is also performed, and outliers are removed. |
| Basic observable                         | Carrier phase with an elevation angle cutoff of $10^\circ$ and a sampling rate of 3 minutes. However, data cleaning is performed a sampling rate of 30 seconds. Elevation dependent weighting is applied according to $1/\sin(e)^2$ where $e$ is the satellite elevation. The code observable is only used for the receiver clock synchronisation.                                                                             |
| Modelled observable                      | Double differences of the ionosphere-free linear combination.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Ground antenna phase centre calibrations | IGS08 absolute phase-centre variation model is applied.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Tropospheric Model                       | A priori model is the Saastamoinen-based hydrostatic mapped with the dry-Niell.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Tropospheric Estimation                  | Zenith delay corrections are estimated relying on the wet-Niell mapping function in intervals of 2 hour. N-S and E-W horizontal delay parameters are solved for every 24 hours.                                                                                                                                                                                                                                                |
| Tropospheric Mapping Function            | Niell                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Ionosphere                               | First-order effect eliminated by forming the ionosphere-free linear combination of L1 and L2.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Tidal displacements                      | Solid earth tidal displacements are derived from the complete model from the IERS Conventions 2003, but ocean tide loading is not applied.                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Atmospheric loading                      | Not applied                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Satellite centre of mass correction      | IGS08 phase-centre variation model applied                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Satellite phase centre calibration       | IGS08 phase-centre variation model applied                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Satellite trajectories                   | Best available IGS products.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Earth Orientation                        | Best available IGS products.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |





### 5.3 Estimation Process

|                        |                                                                                                                                                        |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Adjustment             | Weighted least-squares algorithm.                                                                                                                      |
| Station coordinates    | Coordinate constraints are applied at the Reference sites with standard deviation of 5mm and 10mm for horizontal and vertical components respectively. |
| Troposphere            | Zenith delay parameters and pairs of horizontal delay gradient parameters are estimated for each station in intervals of 2 hour and 24 hours.          |
| Ionospheric correction | An ionospheric map derived from the contributing reference stations is used to aid ambiguity resolution using the QIF strategy                         |
| Ambiguity              | Ambiguities are resolved in a baseline-by-baseline mode using Quasi-Ionosphere-Free (QIF) approach.                                                    |

### 5.4 Reference Frame

|                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Terrestrial reference frame | IGS08 station coordinates and velocities mapped to the mean epoch of observation.                                                                                                                                                                                                                                            |
| Australian datum            | GDA94 coordinates determined via Helmert transformation from ITRF using the Dawson and Woods (2010) parameters.                                                                                                                                                                                                              |
| Derived AHD                 | For stations within Australia, AUSGeoid09 is used to compute AHD. AUSGeoid09 is the Australia-wide gravimetric quasigeoid model that has been a posteriori fitted to the Australian Height Datum                                                                                                                             |
| Above-geoid heights         | Earth Gravitational Model EGM2008 released by the National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) EGM Development Team is used to compute above-geoid heights. This gravitational model is complete to spherical harmonic degree and order 2159, and contains additional coefficients extending to degree 2190 and order 2159. |

### A.3: ΣΗΜΕΙΟ 2, ΠΕΡΙΟΧΗ: ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

#### A.3.1: Κέντρο επεξεργασίας CSRS

CSRS-PPP [Add to contacts](#)  
To maria\_satm@hotmail.com

~~~~~

Latest update to CSRS-PPP performed on August 31, 2011
<http://webapp.csrs.nrcan.gc.ca/field/CSRS_PPP_updates_e.html>

~~~~~

Results of your CSRS-PPP processing can be downloaded by clicking on the following link:  
<[http://webapp.csrs.nrcan.gc.ca/ppp\\_data/20110912\\_0418\\_PPPI2460/20110912\\_0418\\_PPPI2460\\_full\\_output.zip](http://webapp.csrs.nrcan.gc.ca/ppp_data/20110912_0418_PPPI2460/20110912_0418_PPPI2460_full_output.zip)>

~~~~~ PPPI2460 ~~~~~

The estimated coordinates / standard deviations for the PPPI2460 RINEX file are as follow:

Latitude (ITRF08): 39 47 08.1017 (dms) / 0.007 (m)
Longitude (ITRF08): 20 44 33.5878 (dms) / 0.018 (m)
Ellipsoidal Height (ITRF08): 699.863 (m) / 0.035 (m)

UTM (North) Northing: 4403991.225m Easting: 477965.251m Zone: 34 Scale Factor: 0.99960598 (point) 0.99949618 (combined)

Orthometric Height CGVD28 (HTv2.0): _NOT_DEFINED_

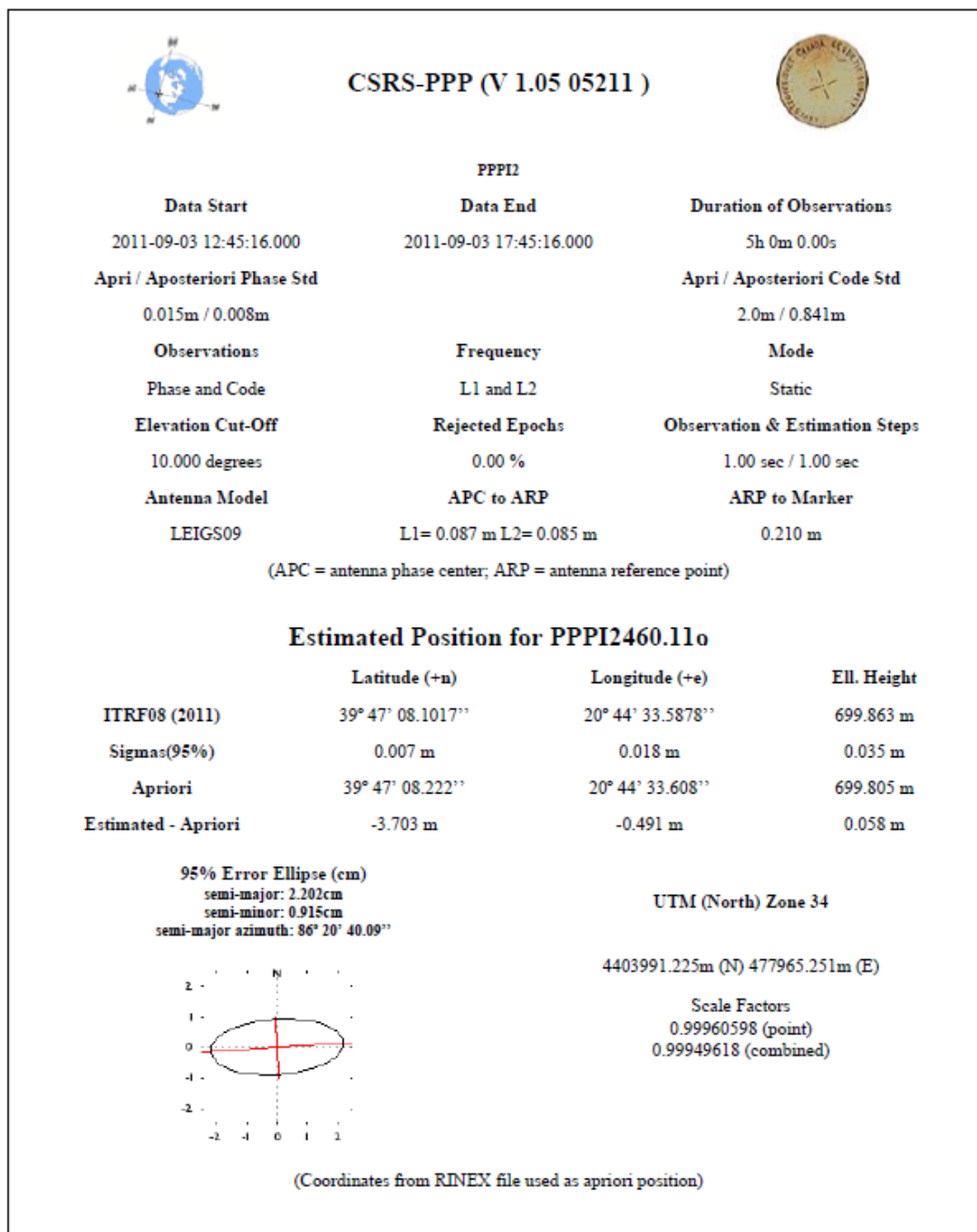
Cartesian coordinates (X Y Z in metres) 4590347.109, 1738454.814, 4060167.476

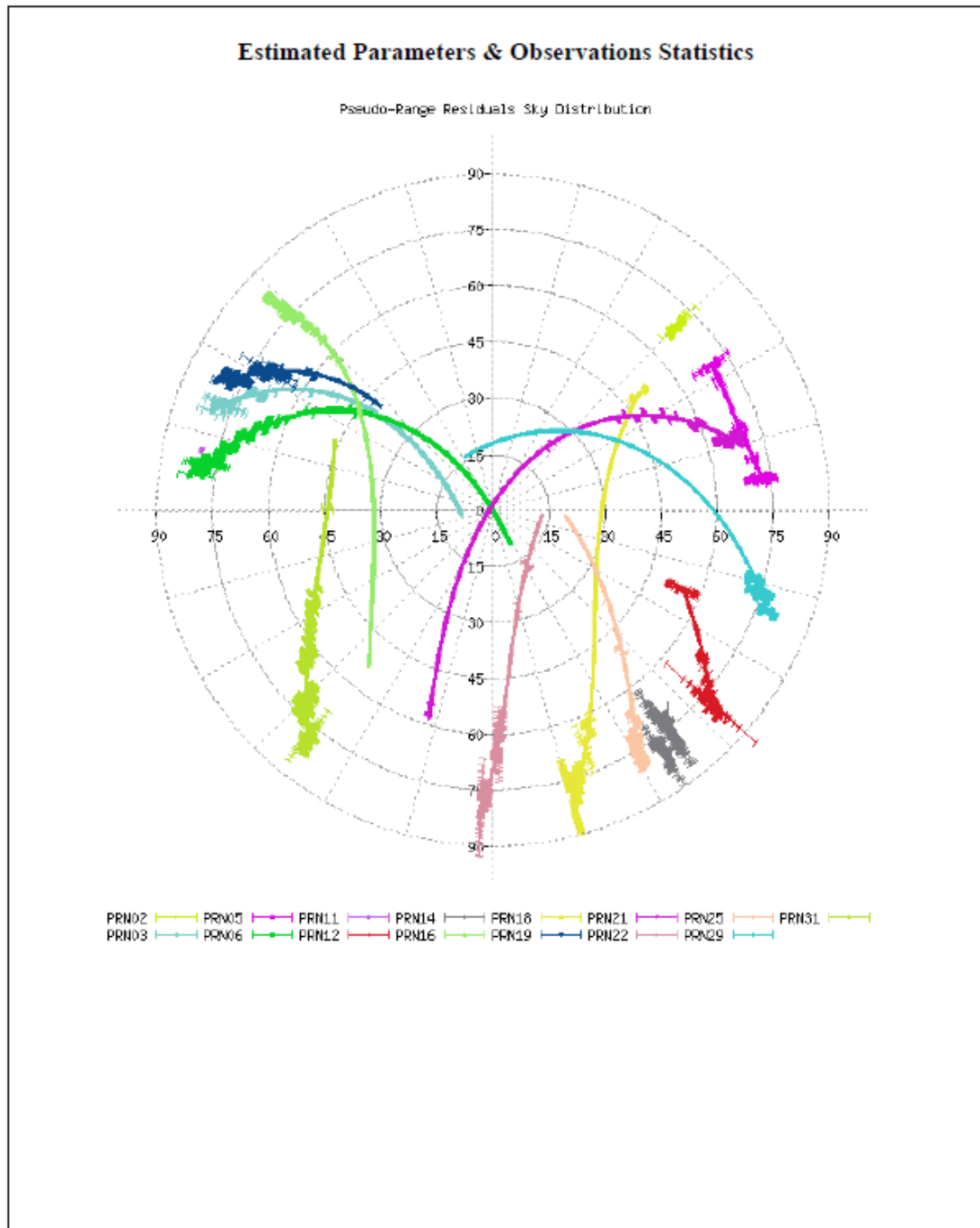
URL to PDF summary file:
<http://webapp.csrs.nrcan.gc.ca/ppp_data/20110912_0418_PPPI2460/zip_dir_1/PPPI2460.pdf>

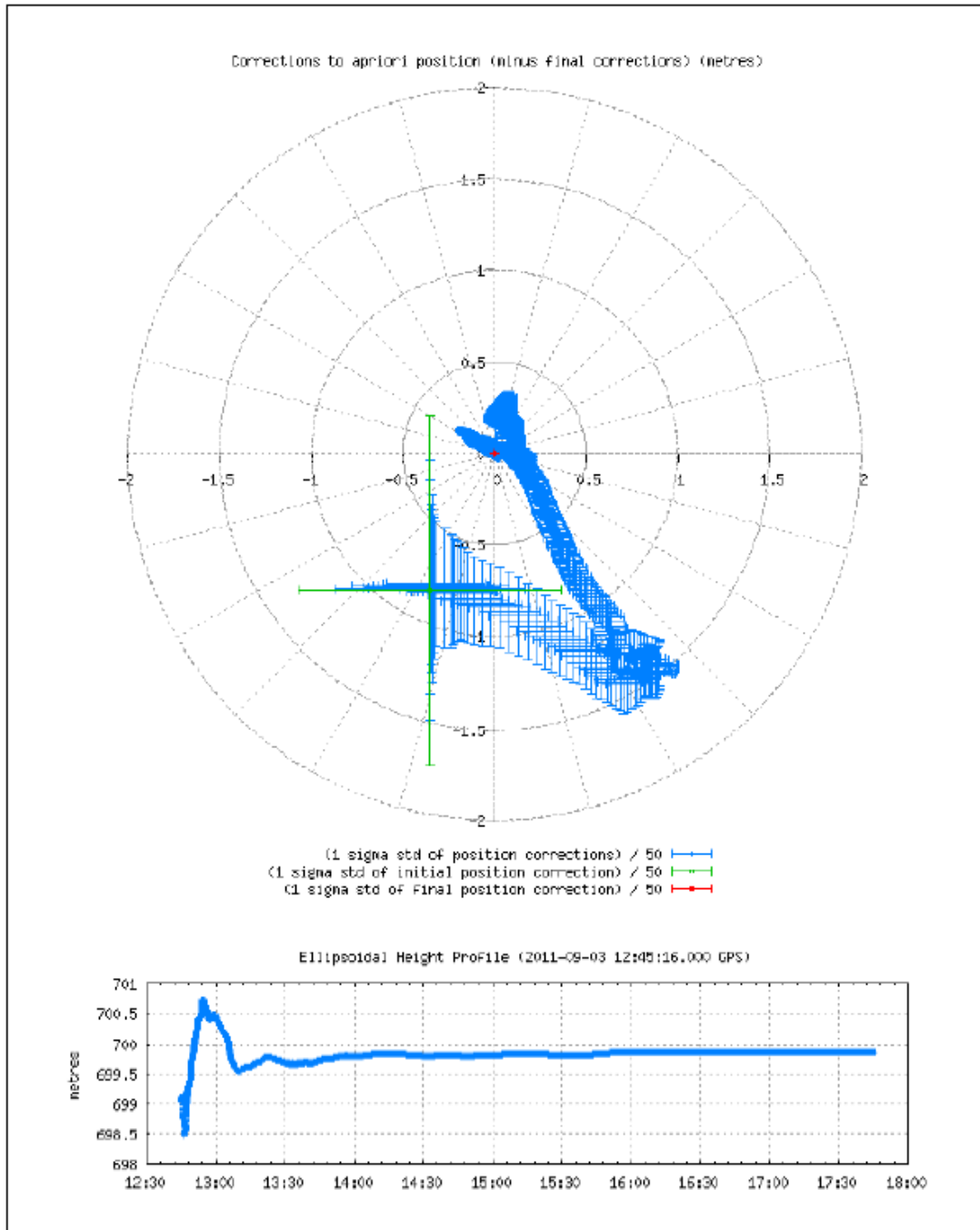
URL to file of observations residual and satellites azimuth and elevation:
<http://webapp.csrs.nrcan.gc.ca/ppp_data/20110912_0418_PPPI2460/zip_dir_1/PPPI2460_res.zip>

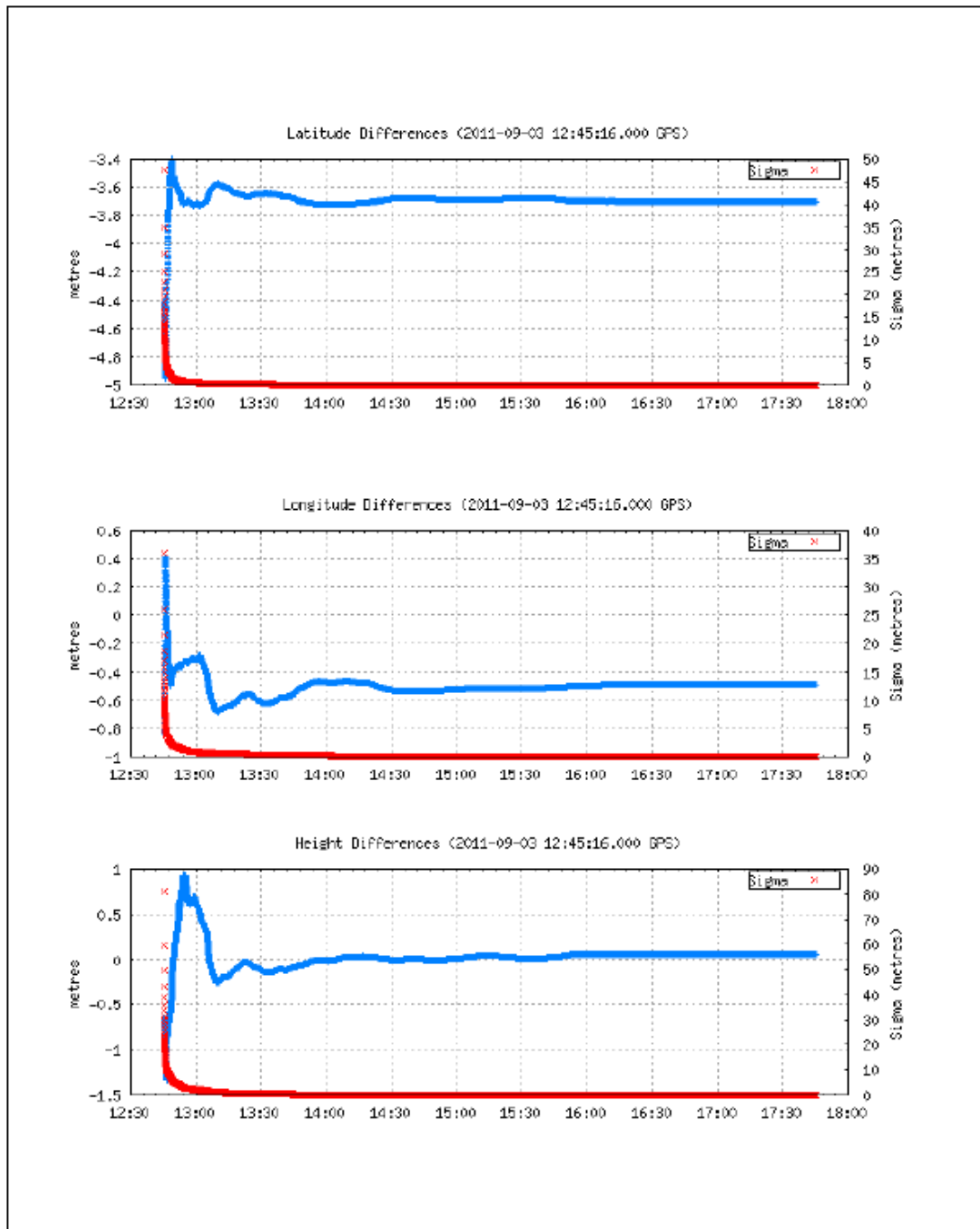
GPS Orbits & Clocks Used: NRCan Hourly
WGS84 ellipsoid used for (x,y,z) to (lat,long,h) transformation

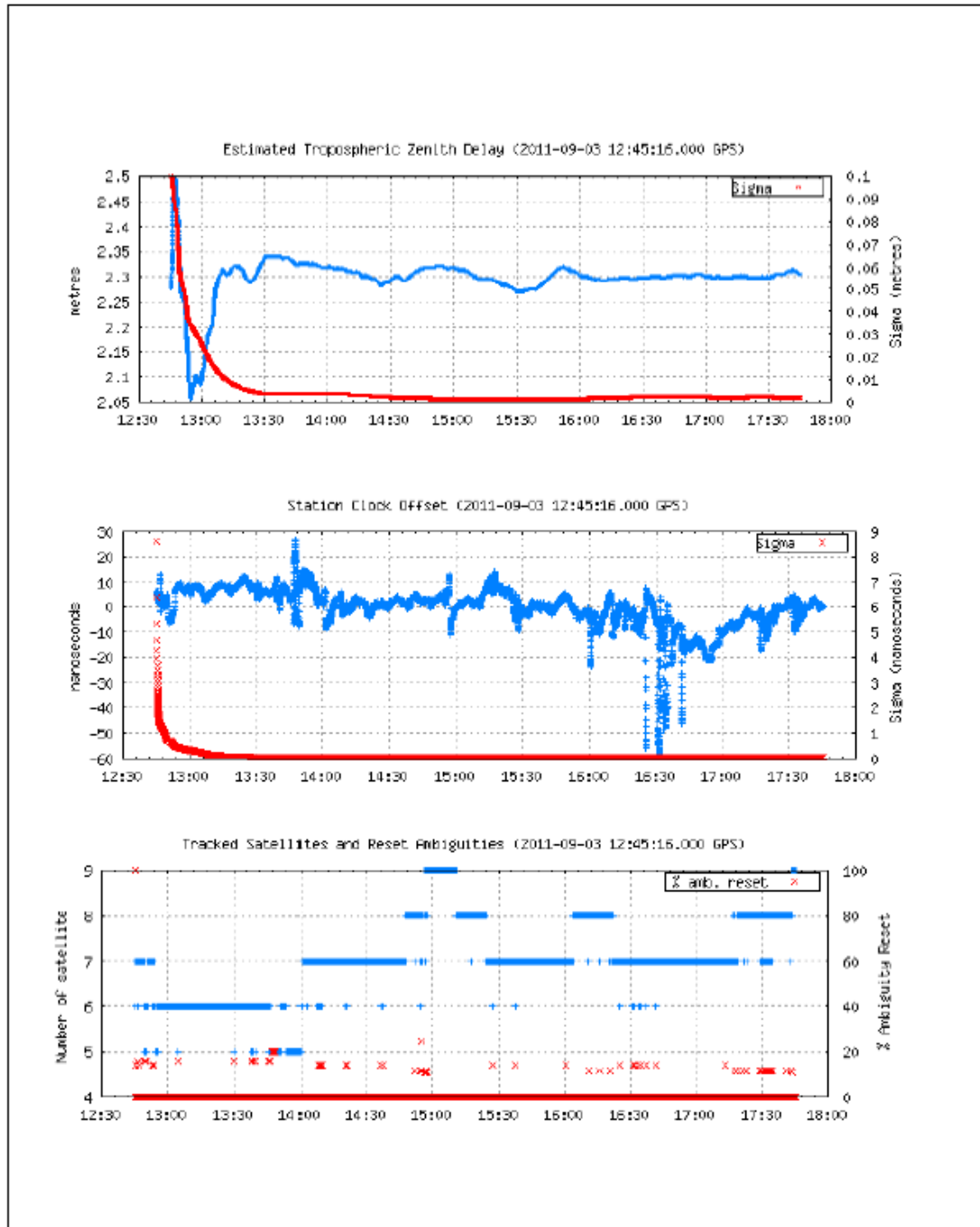
~~~~~

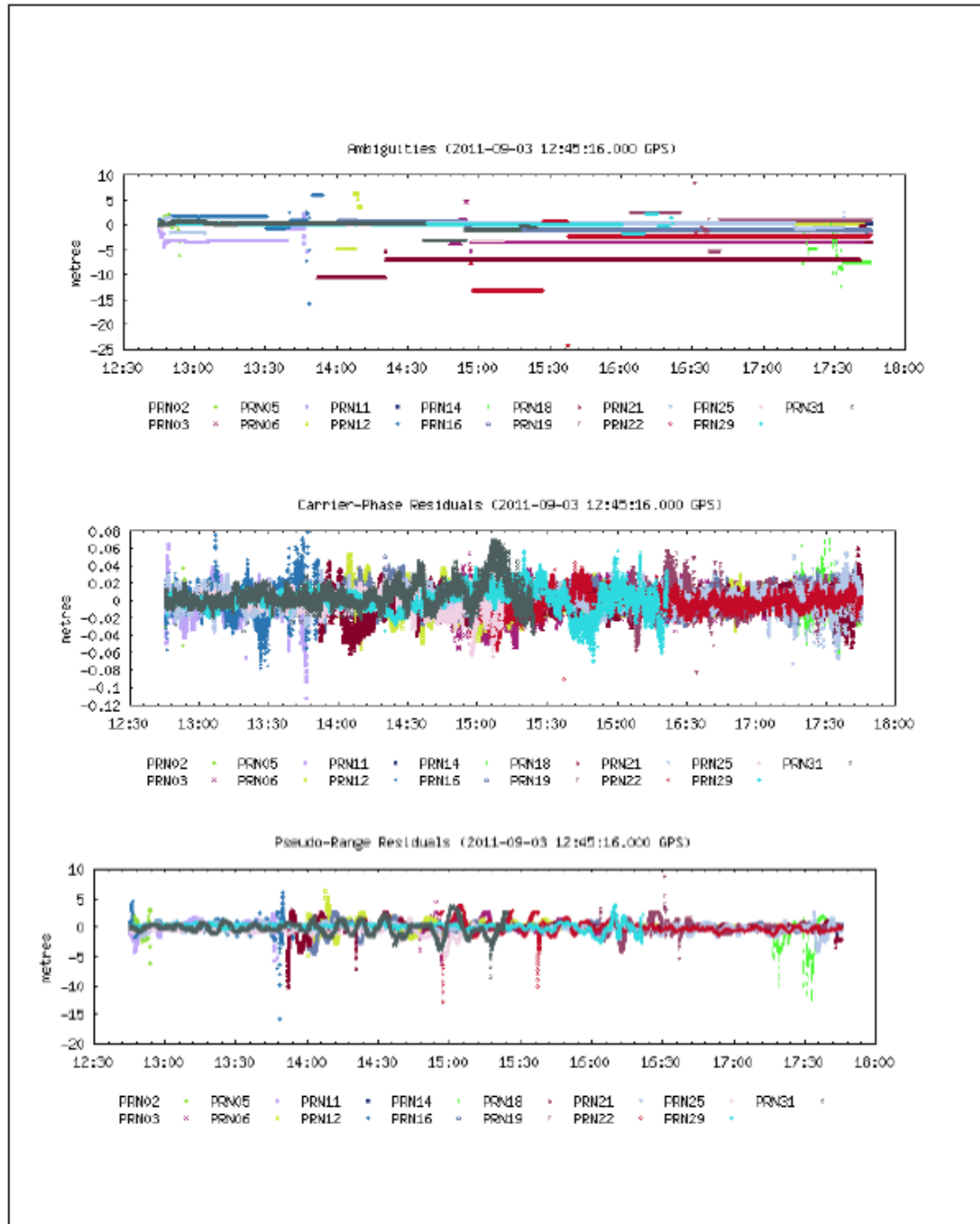














~~~~ Disclaimer ~~~~

Natural Resources Canada does not assume any liability deemed to have been caused directly or indirectly by any content of its PPP-On-Line positioning service.

If you have any questions, please feel free to contact:

Geodetic Survey Division
Canada Centre for Remote Sensing
Natural Resources Canada
Government of Canada
615 Booth Street, Room 440
Ottawa, Ontario K1A 0E9
Phone:613-995-4410 FAX: 613-995-3215
EMail: information@geod.nrcan.gc.ca



Natural Resources
Canada

Ressources naturelles
Canada

Canada

A.3.2: Κέντρο επεξεργασίας AUSPOS



AUSPOS GPS Processing Report

September 14, 2011

This document is a report of the GPS data processing undertaken by the AUSPOS Online GPS Processing Service (version: AUSPOS 2.02) . The AUSPOS Online GPS Processing Service uses International GNSS Service (IGS) products (final, rapid, ultra-rapid depending on availability) to compute precise coordinates in ITRF anywhere on Earth and GDA94 within Australia. The Service is designed to process only dual frequency GPS phase data.

An overview of the GPS processing strategy is included in this report.

Please direct any correspondence to geodesy@ga.gov.au

National Geospatial Reference Systems
Geoscience Australia
Cnr Jerrabomberra and Hindmarsh Drive
GPO Box 378, Canberra, ACT 2601, Australia
Freecall (Within Australia): 1800 800 173
Tel: +61 2 6249 9111. Fax +61 2 6249 9929
Geoscience Australia
Home Page: <http://www.ga.gov.au>

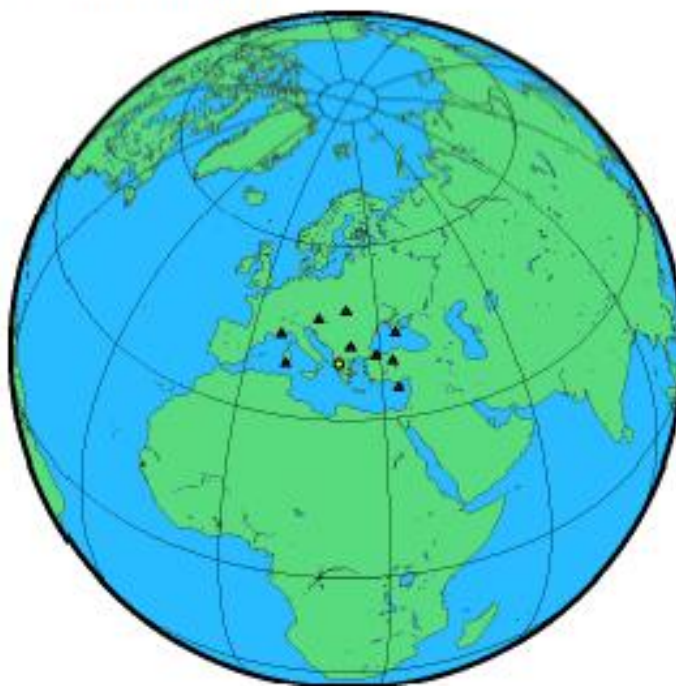


1 User Data

All antenna heights refer to the vertical distance from the Ground Mark to the Antenna Reference Point (ARP).

| Station (s) | Submitted File | Antenna Type | Antenna Height (m) | Start Time | End Time |
|-------------|----------------|--------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| PPPT | PPPT2005.11c | MARK MARK | 0.210 | 2011/09/05 12:45:30 | 2011/09/05 17:45:00 |

2 Processing Summary



| Date | User Stations | Reference Stations | Orbit Type |
|---------------------|---------------|---|------------|
| 2011/09/05 12:45:30 | PPPT | AMBR CAGL CHAO USAR GRAX ISFA NICO SDFI UZSL | IGS rapid |

Remark: An IGS Rapid Orbit product has been used in this computation, IGS Rapid orbits are usually of very high quality. However, to ensure you achieve the highest quality coordinates please resubmit approximately 2 weeks after the observation session end to ensure the use of the IGS Final Orbit product.



3 Computed Coordinates, ITRF2008

All computed coordinates are based on the IGS realisation of the ITRF2008 reference frame. All the given ITRF2008 coordinates refer to a mean epoch of the site observation data. All coordinates refer to the Ground Mark.

3.1 Cartesian, ITRF2008

| Station | X (m) | Y (m) | Z (m) | ITRF2008 @ |
|---------|-------------|-------------|-------------|------------|
| PPPI | 4590347.166 | 1738454.850 | 4060167.530 | 03/09/2011 |
| ANKR | 4121948.476 | 2652187.879 | 4069023.817 | 03/09/2011 |
| CACL | 4893378.742 | 772649.921 | 4004182.256 | 03/09/2011 |
| CRAD | 3783896.968 | 2551404.518 | 4441264.333 | 03/09/2011 |
| CRAS | 4581690.807 | 556114.960 | 4389360.872 | 03/09/2011 |
| CRAZ | 4194423.708 | 1162702.815 | 4647245.493 | 03/09/2011 |
| ISTA | 4208830.190 | 2334850.424 | 4171267.311 | 03/09/2011 |
| NICD | 4359415.626 | 2874117.169 | 3650777.937 | 03/09/2011 |
| SOFI | 4319371.970 | 1868687.903 | 4292063.997 | 03/09/2011 |
| UZHL | 3907587.330 | 1602428.794 | 4763783.813 | 03/09/2011 |

3.2 Geodetic, GRS80 Ellipsoid, ITRF2008

Geoid-ellipsoidal separations, in this section, are computed using a spherical harmonic synthesis of the global EGM2008 geoid. More information on the EGM2008 geoid can be found at <http://earth-info.nga.mil/GandG/wgs84/gravitymod/egm2008/>

| Station | Latitude (DMS) | Longitude (DMS) | Ellipsoidal Height(m) | Derived Above Geoid Height(m) |
|---------|-------------------|--------------------|--------------------------|----------------------------------|
| PPPI | 39 47 08.10171 | 20 44 33.58838 | 699.948 | 666.204 |
| ANKR | 39 53 14.53890 | 32 45 30.49177 | 976.025 | 938.814 |
| CACL | 39 08 09.28637 | 8 58 21.91530 | 238.376 | 192.112 |
| CRAD | 44 24 47.73743 | 33 59 27.54325 | 365.795 | 341.083 |
| CRAS | 43 45 17.05967 | 6 55 14.06965 | 1319.308 | 1268.245 |
| CRAZ | 47 04 01.67140 | 15 29 36.53585 | 538.299 | 490.824 |
| ISTA | 41 06 16.01350 | 29 01 09.63202 | 147.253 | 109.968 |
| NICD | 35 08 27.55420 | 33 23 47.21066 | 190.067 | 162.000 |
| SOFI | 42 33 21.94336 | 23 23 41.04455 | 1119.531 | 1074.454 |
| UZHL | 48 37 55.12309 | 22 17 51.43427 | 231.999 | 193.380 |



4 Solution Information

4.1 Coordinate Precision - Geodetic, One Sigma

| Station | σ East (m) | σ North (m) | σ Up (m) |
|---------|-------------------|--------------------|-----------------|
| PPPI | 0.003 | 0.003 | 0.007 |
| ANKR | 0.003 | 0.003 | 0.006 |
| CACL | 0.003 | 0.003 | 0.006 |
| CRAO | 0.003 | 0.003 | 0.006 |
| CRAS | 0.003 | 0.003 | 0.006 |
| CRAZ | 0.003 | 0.003 | 0.006 |
| ISTA | 0.003 | 0.003 | 0.006 |
| NICD | 0.003 | 0.003 | 0.006 |
| SOFI | 0.002 | 0.003 | 0.006 |
| UZHL | 0.002 | 0.003 | 0.006 |

4.2 Ambiguity Resolution - per baseline

| Baseline | Ambiguities Resolved | Baseline Length (km) |
|-------------|----------------------|----------------------|
| CACL - CRAZ | 79.6 % | 1026.7 |
| CRAZ - PPPI | 54.2 % | 912.6 |
| CRAZ - SOFI | 77.3 % | 800.1 |
| ANKR - NICD | 71.4 % | 529.7 |
| ANKR - SOFI | 77.3 % | 838.2 |
| CRAZ - UZHL | 59.8 % | 537.9 |
| CRAS - CRAZ | 79.6 % | 764.5 |
| ISTA - NICD | 61.9 % | 764.5 |
| CRAO - ISTA | 86.7 % | 548.1 |
| AVERAGE | 70.6% | 746.9 |

Please note for a regional solution, such as used by AUSPOS, an average ambiguity resolution of 50% or better for the network indicates a reliable solution.



5 Computation Standards

5.1 Computation System

| | |
|----------------|-----------------------------------|
| Software | Bernese GPS Software Version 5.0. |
| GNSS system(s) | GPS only. |

5.2 Data Preprocessing and Measurement Modelling

| | |
|--|--|
| Data preprocessing | Phase preprocessing is undertaken in a baseline by baseline mode using triple-differences. In most cases, cycle slips are fixed by the simultaneous analysis of different linear combinations of L1 and L2. If a cycle slip cannot be fixed reliably, bad data points are removed or new ambiguities are set up. A data screening step on the basis of weighted postfit residuals is also performed, and outliers are removed. |
| Basic observable | Carrier phase with an elevation angle cutoff of 10° and a sampling rate of 3 minutes. However, data cleaning is performed a sampling rate of 30 seconds. Elevation dependent weighting is applied according to $1/\sin(e)^2$ where e is the satellite elevation. The code observable is only used for the receiver clock synchronisation. |
| Modelled observable | Double differences of the ionosphere-free linear combination. |
| Ground antenna phase centre calibrations | IGS08 absolute phase-centre variation model is applied. |
| Tropospheric Model | A priori model is the Saastamoinen-based hydrostatic mapped with the dry-Niell. |
| Tropospheric Estimation | Zenith delay corrections are estimated relying on the wet-Niell mapping function in intervals of 2 hour. N-S and E-W horizontal delay parameters are solved for every 24 hours. |
| Tropospheric Mapping Function | Niell |
| Ionosphere | First-order effect eliminated by forming the ionosphere-free linear combination of L1 and L2. |
| Tidal displacements | Solid earth tidal displacements are derived from the complete model from the IERS Conventions 2003, but ocean tide loading is not applied. |
| Atmospheric loading | Not applied |
| Satellite centre of mass correction | IGS08 phase-centre variation model applied |
| Satellite phase centre calibration | IGS08 phase-centre variation model applied |
| Satellite trajectories | Best available IGS products. |
| Earth Orientation | Best available IGS products. |



5.3 Estimation Process

| | |
|------------------------|--|
| Adjustment | Weighted least-squares algorithm. |
| Station coordinates | Coordinate constraints are applied at the Reference sites with standard deviation of 5mm and 10mm for horizontal and vertical components respectively. |
| Troposphere | Zenith delay parameters and pairs of horizontal delay gradient parameters are estimated for each station in intervals of 2 hour and 24 hours. |
| Ionospheric correction | An ionospheric map derived from the contributing reference stations is used to aid ambiguity resolution using the QIF strategy |
| Ambiguity | Ambiguities are resolved in a baseline-by-baseline mode using Quasi-Ionosphere-Free (QIF) approach. |

5.4 Reference Frame

| | |
|-----------------------------|--|
| Terrestrial reference frame | IGS08 station coordinates and velocities mapped to the mean epoch of observation. |
| Australian datum | GDA94 coordinates determined via Helmert transformation from ITRF using the Dawson and Woods (2010) parameters. |
| Derived AHD | For stations within Australia, AUSGeoid09 is used to compute AHD. AUSGeoid09 is the Australia-wide gravimetric quasigeoid model that has been a posteriori fitted to the Australian Height Datum |
| Above-geoid heights | Earth Gravitational Model EGM2008 released by the National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) EGM Development Team is used to compute above-geoid heights. This gravitational model is complete to spherical harmonic degree and order 2159, and contains additional coefficients extending to degree 2190 and order 2159. |

A.4: ΣΗΜΕΙΟ 3, ΠΕΡΙΟΧΗ: ΗΛΙΟΡΡΑΧΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

A.4.1: Κέντρο επεξεργασίας CSRS

CSRS-PPP [Add to contacts](#)
To maria_satm@hotmail.com

~~~~~

Latest update to CSRS-PPP performed on August 31, 2011  
.  
<[http://webapp.csrs.nrcan.gc.ca/field/CSRS\\_PPP\\_updates\\_e.html](http://webapp.csrs.nrcan.gc.ca/field/CSRS_PPP_updates_e.html)>

~~~~~

Results of your CSRS-PPP processing can be downloaded by clicking on the following link:
<http://webapp.csrs.nrcan.gc.ca/ppp_data/20110913_0471_14602470/20110913_0471_14602470_full_output.zip>

~~~~~ 14602470 ~~~~~

The estimated coordinates / standard deviations for the 14602470 RINEX file are as follow:

Latitude (ITRF08): 40 03 36.3965 (dms) / 0.009 (m)  
Longitude (ITRF08): 20 42 05.4337 (dms) / 0.014 (m)  
Ellipsoidal Height (ITRF08): 662.346 (m) / 0.029 (m)

UTM (North) Northing: 4434471.568m Easting: 474543.264m Zone: 34 Scale Factor: 0.99960798 (point) 0.99950407 (combined)

Orthometric Height CGVD28 (HTv2.0): NOT\_DEFINED

Cartesian coordinates (X Y Z in metres) 4573267.070, 1728231.302, 4083522.445

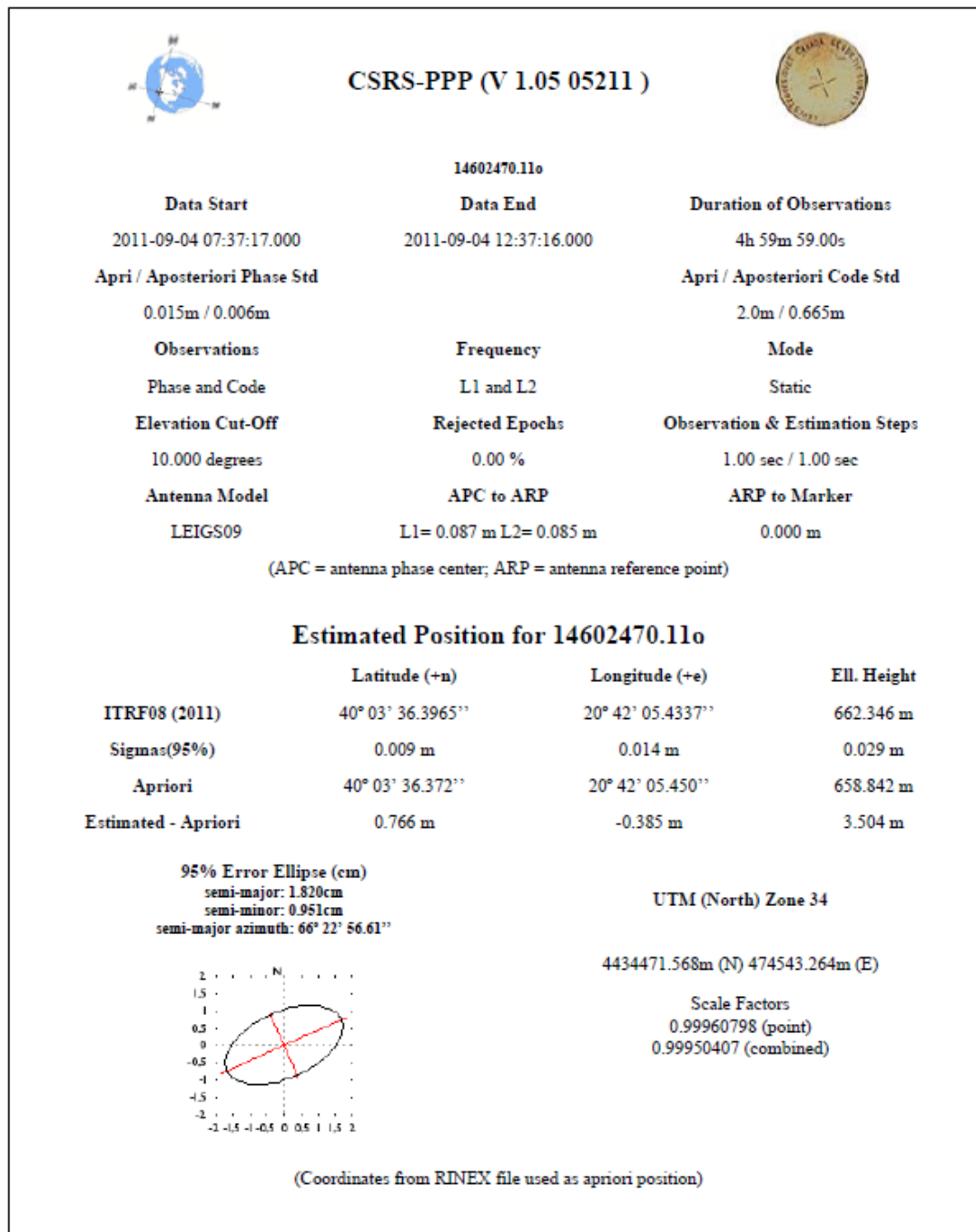
URL to PDF summary file:  
<[http://webapp.csrs.nrcan.gc.ca/ppp\\_data/20110913\\_0471\\_14602470/zip\\_dir\\_1/14602470.pdf](http://webapp.csrs.nrcan.gc.ca/ppp_data/20110913_0471_14602470/zip_dir_1/14602470.pdf)>

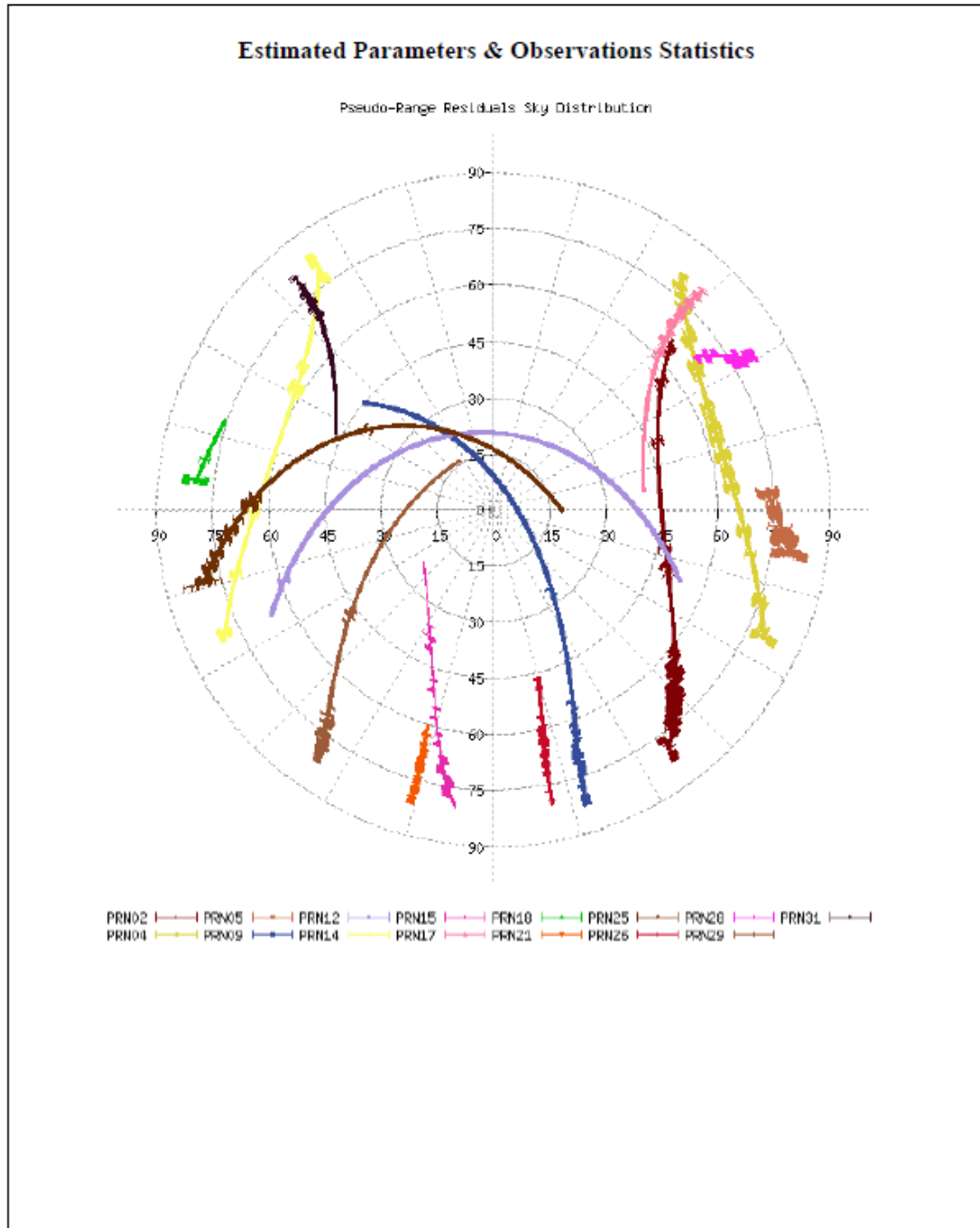
URL to file of observations residual and satellites azimuth and elevation:  
<[http://webapp.csrs.nrcan.gc.ca/ppp\\_data/20110913\\_0471\\_14602470/zip\\_dir\\_1/14602470\\_res.zip](http://webapp.csrs.nrcan.gc.ca/ppp_data/20110913_0471_14602470/zip_dir_1/14602470_res.zip)>

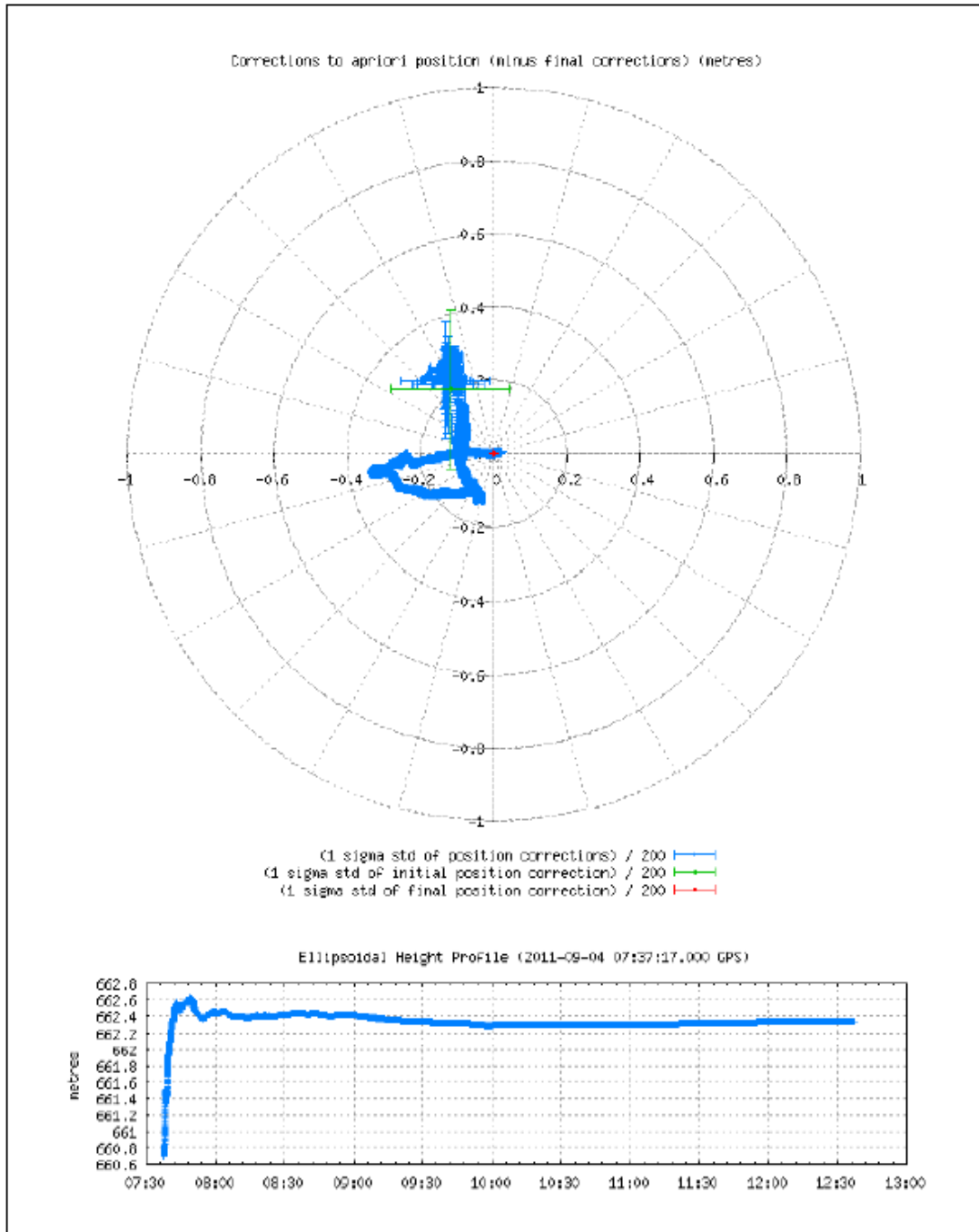
GPS Orbits & Clocks Used: NRCan Hourly  
WGS84 ellipsoid used for (x,y,z) to (lat,long,h) transformation

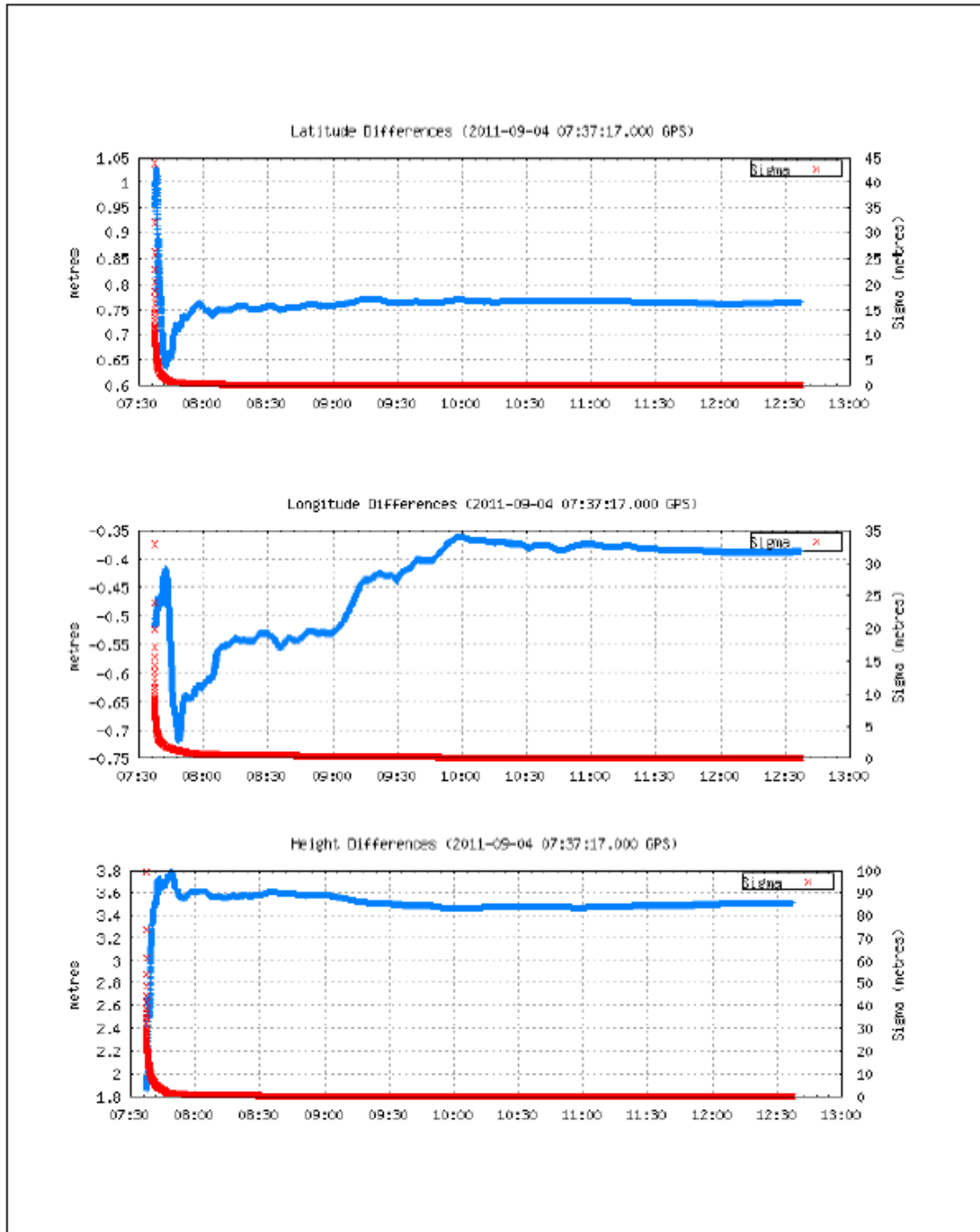
~~~~~

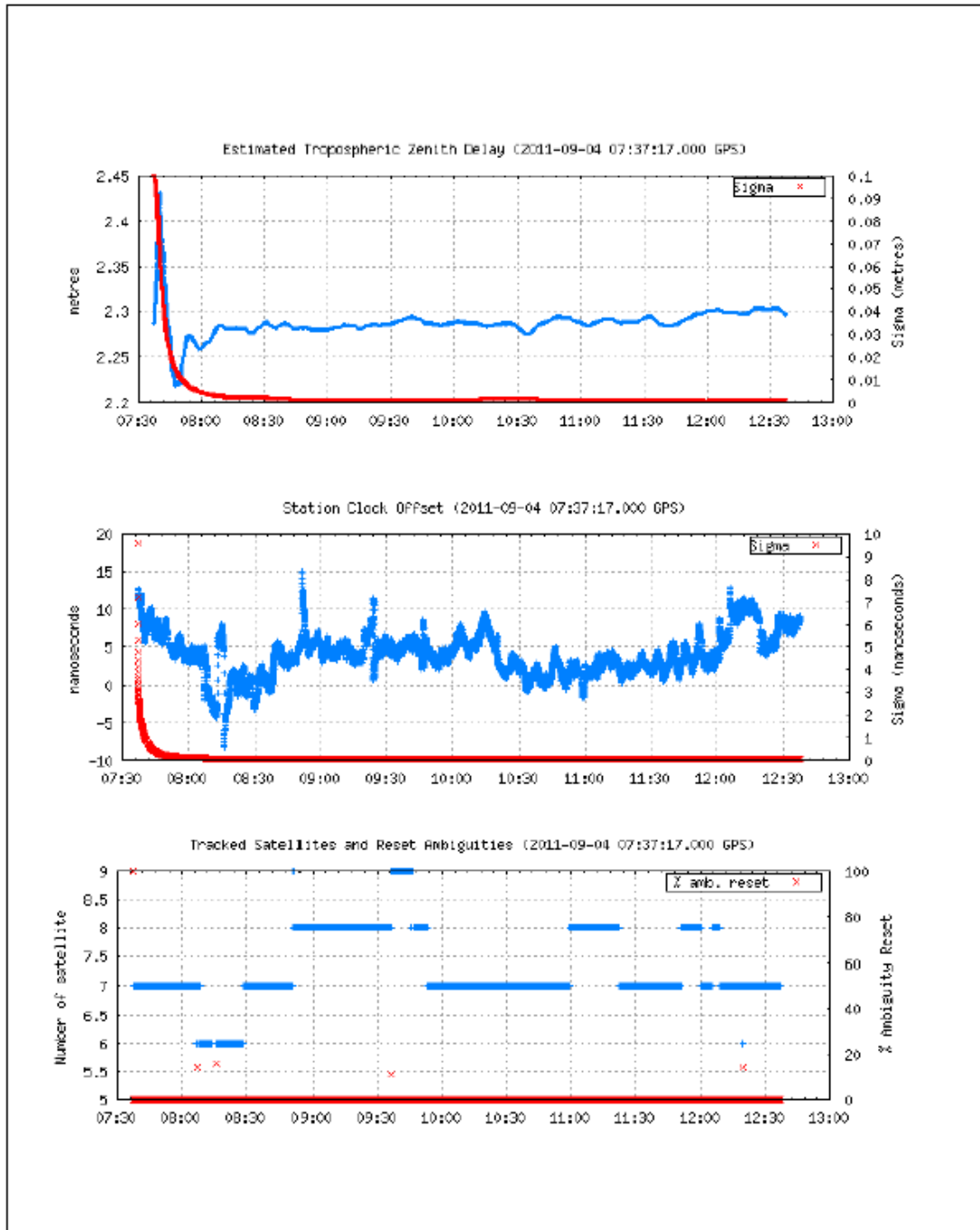
Software Version: 1.05 05211

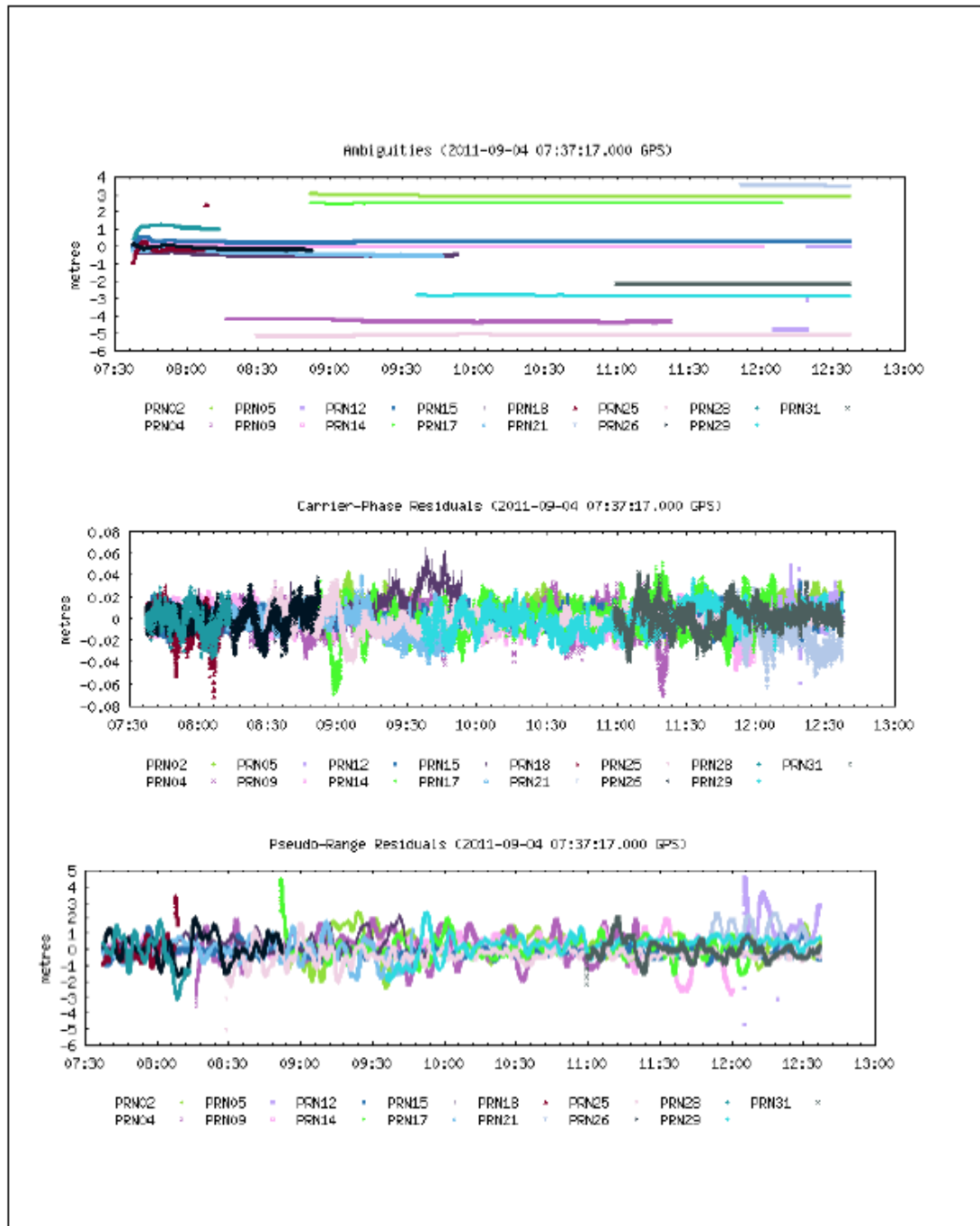












~~~ Disclaimer ~~~

Natural Resources Canada does not assume any liability deemed to have been caused directly or indirectly by any content of its PPP-On-Line positioning service.

If you have any questions, please feel free to contact:

Geodetic Survey Division  
Canada Centre for Remote Sensing  
Natural Resources Canada  
Government of Canada  
615 Booth Street, Room 440  
Ottawa, Ontario K1A 0E9  
Phone: 613-995-4410 FAX: 613-995-3215  
EMail: [information@geod.nrcan.gc.ca](mailto:information@geod.nrcan.gc.ca)



Natural Resources  
Canada

Ressources naturelles  
Canada

Canada

#### A.4.2: Κέντρο επεξεργασίας AUSPOS



## AUSPOS GPS Processing Report

September 14, 2011

This document is a report of the GPS data processing undertaken by the AUSPOS Online GPS Processing Service (version: AUSPOS 2.02). The AUSPOS Online GPS Processing Service uses International GNSS Service (IGS) products (final, rapid, ultra-rapid depending on availability) to compute precise coordinates in ITRF anywhere on Earth and GDA94 within Australia. The Service is designed to process only dual frequency GPS phase data.

An overview of the GPS processing strategy is included in this report.

Please direct any correspondence to [geodesy@ga.gov.au](mailto:geodesy@ga.gov.au)

National Geospatial Reference Systems  
Geoscience Australia  
Cnr Jerrabomberra and Hindmarsh Drive  
GPO Box 378, Canberra, ACT 2601, Australia  
Freecall (Within Australia): 1800 800 173  
Tel: +61 2 6249 9111. Fax +61 2 6249 9929  
Geoscience Australia  
Home Page: <http://www.ga.gov.au>





## 1 User Data

All antenna heights refer to the vertical distance from the Ground Mark to the Antenna Reference Point (ARP).

| Station (s) | Submitted File | Antenna Type | Antenna Height (m) | Start Time          | End Time            |
|-------------|----------------|--------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| 1460        | 14602470.11c   | BRK BRK      | 0.150              | 2011/09/04 07:37:30 | 2011/09/04 12:37:00 |

## 2 Processing Summary



| Date                | User Stations | Reference Stations                              | Orbit Type |
|---------------------|---------------|-------------------------------------------------|------------|
| 2011/09/04 07:37:30 | 1460          | ANKR CASL CRAS CRAS CRAX<br>ISTA NIJO SDFI UOEL | IGS rapid  |

Remark: An IGS Rapid Orbit product has been used in this computation, IGS Rapid orbits are usually of very high quality. However, to ensure you achieve the highest quality coordinates please resubmit approximately 2 weeks after the observation session end to ensure the use of the IGS Final Orbit product.



### 3 Computed Coordinates, ITRF2008

All computed coordinates are based on the IGS realisation of the ITRF2008 reference frame. All the given ITRF2008 coordinates refer to a mean epoch of the site observation data. All coordinates refer to the Ground Mark.

#### 3.1 Cartesian, ITRF2008

| Station | X (m)       | Y (m)       | Z (m)       | ITRF2008 # |
|---------|-------------|-------------|-------------|------------|
| 1460    | 4573266.998 | 1728231.279 | 4083522.387 | 04/09/2011 |
| ANKR    | 4121949.476 | 2652187.885 | 4069023.823 | 04/09/2011 |
| CACL    | 4893378.724 | 772649.922  | 4004182.248 | 04/09/2011 |
| CRAD    | 3783896.984 | 2551404.525 | 4441264.363 | 04/09/2011 |
| CRAS    | 4581690.802 | 556114.968  | 4389360.868 | 04/09/2011 |
| CRAZ    | 4194423.704 | 1162702.817 | 4647245.492 | 04/09/2011 |
| ISTA    | 4208830.193 | 2334850.429 | 4171267.323 | 04/09/2011 |
| NICO    | 4359415.588 | 2874117.140 | 3650777.912 | 04/09/2011 |
| SOFI    | 4319371.970 | 1868687.905 | 4292064.001 | 04/09/2011 |
| UZHL    | 3907587.341 | 1602428.802 | 4763783.820 | 04/09/2011 |

#### 3.2 Geodetic, GRS80 Ellipsoid, ITRF2008

Geoid-ellipsoidal separations, in this section, are computed using a spherical harmonic synthesis of the global EGM2008 geoid. More information on the EGM2008 geoid can be found at <http://earth-info.nga.mil/GandG/wgs84/gravitymod/egm2008/>

| Station | Latitude (DMS) | Longitude (DMS) | Ellipsoidal Height (m) | Derived Above Geoid Height (m) |
|---------|----------------|-----------------|------------------------|--------------------------------|
| 1460    | 40 03 38.39670 | 20 42 05.43396  | 662.252                | 626.312                        |
| ANKR    | 39 53 14.53897 | 32 45 30.49196  | 976.030                | 938.819                        |
| CACL    | 39 08 09.28652 | 8 58 21.91546   | 238.358                | 192.094                        |
| CRAD    | 44 24 47.73772 | 33 59 27.54308  | 365.829                | 341.117                        |
| CRAS    | 43 45 17.05968 | 6 55 14.07004   | 1319.303               | 1268.240                       |
| CRAZ    | 47 04 01.67145 | 15 29 36.53599  | 538.297                | 490.822                        |
| ISTA    | 41 06 16.01369 | 29 01 09.63218  | 147.264                | 109.979                        |
| NICO    | 35 08 27.55442 | 33 23 47.21053  | 190.013                | 161.946                        |
| SOFI    | 42 33 21.94344 | 23 23 41.04462  | 1119.534               | 1074.457                       |
| UZHL    | 48 37 55.12293 | 22 17 51.43445  | 232.013                | 193.394                        |



## 4 Solution Information

### 4.1 Coordinate Precision - Geodetic, One Sigma

| Station | $\sigma$ East (m) | $\sigma$ North (m) | $\sigma$ Up (m) |
|---------|-------------------|--------------------|-----------------|
| 1460    | 0.003             | 0.003              | 0.008           |
| ANKR    | 0.003             | 0.003              | 0.007           |
| CACL    | 0.004             | 0.003              | 0.008           |
| CRAO    | 0.003             | 0.003              | 0.007           |
| CRAS    | 0.003             | 0.003              | 0.007           |
| CRAZ    | 0.003             | 0.003              | 0.007           |
| ISTA    | 0.003             | 0.003              | 0.007           |
| NICO    | 0.003             | 0.003              | 0.007           |
| SOFI    | 0.003             | 0.003              | 0.007           |
| UZHL    | 0.003             | 0.003              | 0.007           |

### 4.2 Ambiguity Resolution - per baseline

| Baseline    | Ambiguities Resolved | Baseline Length (km) |
|-------------|----------------------|----------------------|
| 1460 - SOFI | 59.8 %               | 357.3                |
| ISTA - SOFI | 75.0 %               | 494.1                |
| CRAZ - SOFI | 64.7 %               | 800.1                |
| CACL - CRAS | 50.0 %               | 540.7                |
| CRAZ - UZHL | 59.8 %               | 537.8                |
| CRAS - CRAZ | 80.0 %               | 764.5                |
| ANKR - ISTA | 85.7 %               | 344.5                |
| ISTA - NICO | 78.6 %               | 764.5                |
| CRAO - ISTA | 73.3 %               | 548.1                |
| AVERAGE     | 69.8%                | 572.4                |

Please note for a regional solution, such as used by AUSPOS, an average ambiguity resolution of 50% or better for the network indicates a reliable solution.





## 5 Computation Standards

### 5.1 Computation System

|                |                                   |
|----------------|-----------------------------------|
| Software       | Bernese GPS Software Version 5.0. |
| GNSS system(s) | GPS only.                         |

### 5.2 Data Preprocessing and Measurement Modelling

|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Data preprocessing                       | Phase preprocessing is undertaken in a baseline by baseline mode using triple-differences. In most cases, cycle slips are fixed by the simultaneous analysis of different linear combinations of L1 and L2. If a cycle slip cannot be fixed reliably, bad data points are removed or new ambiguities are set up. A data screening step on the basis of weighted postfit residuals is also performed, and outliers are removed. |
| Basic observable                         | Carrier phase with an elevation angle cutoff of 10° and a sampling rate of 3 minutes. However, data cleaning is performed a sampling rate of 30 seconds. Elevation dependent weighting is applied according to $1/\sin(e)^2$ where $e$ is the satellite elevation. The code observable is only used for the receiver clock synchronisation.                                                                                    |
| Modelled observable                      | Double differences of the ionosphere-free linear combination.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Ground antenna phase centre calibrations | IGS08 absolute phase-centre variation model is applied.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Tropospheric Model                       | A priori model is the Saastamoinen-based hydrostatic mapped with the dry-Niell.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Tropospheric Estimation                  | Zenith delay corrections are estimated relying on the wet-Niell mapping function in intervals of 2 hour. N-S and E-W horizontal delay parameters are solved for every 24 hours.                                                                                                                                                                                                                                                |
| Tropospheric Mapping Function            | Niell                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Ionosphere                               | First-order effect eliminated by forming the ionosphere-free linear combination of L1 and L2.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Tidal displacements                      | Solid earth tidal displacements are derived from the complete model from the IERS Conventions 2003, but ocean tide loading is not applied.                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Atmospheric loading                      | Not applied                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Satellite centre of mass correction      | IGS08 phase-centre variation model applied                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Satellite phase centre calibration       | IGS08 phase-centre variation model applied                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Satellite trajectories                   | Best available IGS products.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Earth Orientation                        | Best available IGS products.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |



### 5.3 Estimation Process

|                        |                                                                                                                                                        |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Adjustment             | Weighted least-squares algorithm.                                                                                                                      |
| Station coordinates    | Coordinate constraints are applied at the Reference sites with standard deviation of 5mm and 10mm for horizontal and vertical components respectively. |
| Troposphere            | Zenith delay parameters and pairs of horizontal delay gradient parameters are estimated for each station in intervals of 2 hour and 24 hours.          |
| Ionospheric correction | An ionospheric map derived from the contributing reference stations is used to aid ambiguity resolution using the QIF strategy                         |
| Ambiguity              | Ambiguities are resolved in a baseline-by-baseline mode using Quasi-Ionosphere-Free (QIF) approach.                                                    |

### 5.4 Reference Frame

|                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Terrestrial reference frame | IGS08 station coordinates and velocities mapped to the mean epoch of observation.                                                                                                                                                                                                                                            |
| Australian datum            | GDA94 coordinates determined via Helmert transformation from ITRF using the Dawson and Woods (2010) parameters.                                                                                                                                                                                                              |
| Derived AHD                 | For stations within Australia, AUSGeoid09 is used to compute AHD. AUSGeoid09 is the Australia-wide gravimetric quasigeoid model that has been a posteriori fitted to the Australian Height Datum                                                                                                                             |
| Above-geoid heights         | Earth Gravitational Model EGM2008 released by the National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) EGM Development Team is used to compute above-geoid heights. This gravitational model is complete to spherical harmonic degree and order 2159, and contains additional coefficients extending to degree 2190 and order 2159. |

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΠΙΛΥΣΗΣ  
ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΧΡΟΝΟΥ  
ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΓΣΑ'87 ΑΠΟ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΣΤΟ ΠΑΡΚΙΝΓΚ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ**

**Β.1: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΚΑΙ  
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΧΡΟΝΟΥ**

Αποτελέσματα μεθόδων επίλυσης στατικού εντοπισμού και πραγματικού χρόνου στο σύστημα ΕΓΣΑ'87 από το πείραμα στο πάρκινγκ Πολυτεχνειούπολης

| Method            | Point Id    | Easting (m) | Northing (m) | Orth, height (m) | $\Delta X$ (m) | $\Delta Y$ (m) | $\Delta H$ (m) |
|-------------------|-------------|-------------|--------------|------------------|----------------|----------------|----------------|
| <b>STATIC</b>     | ST1         | 480626.098  | 4203418.445  | 178.233          | 0.000          | 0.000          | 0.000          |
|                   | ST2         | 480648.909  | 4203432.545  | 178.955          | 0.000          | 0.000          | 0.000          |
|                   | ST3         | 480623.916  | 4203443.937  | 178.762          | 0.000          | 0.000          | 0.000          |
| <b>SingleBase</b> | RTK105      | 480626.087  | 4203418.434  | 178.255          | 0.011          | 0.012          | -0.022         |
| <b>RTK</b>        | RTK115      | 480626.088  | 4203418.439  | 178.257          | 0.010          | 0.007          | -0.024         |
|                   | RTK130      | 480626.098  | 4203418.430  | 178.271          | 0.000          | 0.015          | -0.038         |
|                   | RTK205      | 480648.909  | 4203432.507  | 178.940          | 0.000          | 0.039          | 0.015          |
|                   | RTK215      | 480648.913  | 4203432.504  | 178.937          | -0.004         | 0.042          | 0.018          |
|                   | RTK230      | 480648.914  | 4203432.505  | 178.937          | -0.004         | 0.040          | 0.018          |
|                   | RTK305      | 480623.920  | 4203443.924  | 178.751          | -0.004         | 0.013          | 0.011          |
|                   | RTK315      | 480623.919  | 4203443.927  | 178.748          | -0.004         | 0.010          | 0.014          |
|                   | RTK330      | 480623.918  | 4203443.932  | 178.753          | -0.002         | 0.005          | 0.009          |
|                   | <b>IMAX</b> | IMAX105     | 480626.092   | 4203418.443      | 178.265        | 0.005          | 0.003          |
| <b>RTK</b>        | IMAX115     | 480626.093  | 4203418.443  | 178.261          | 0.005          | 0.003          | -0.028         |
|                   | IMAX130     | 480626.095  | 4203418.441  | 178.265          | 0.003          | 0.005          | -0.032         |
|                   | IMAX205     | 480648.899  | 4203432.563  | 178.904          | 0.011          | -0.018         | 0.051          |
|                   | IMAX215     | 480648.897  | 4203432.570  | 178.901          | 0.012          | -0.018         | 0.054          |
|                   | IMAX230     | 480648.915  | 4203432.525  | 178.938          | -0.006         | 0.021          | 0.017          |
|                   | IMAX305     | 480623.912  | 4203443.928  | 178.718          | 0.004          | 0.009          | 0.044          |
|                   | IMAX315     | 480623.912  | 4203443.930  | 178.723          | 0.004          | 0.007          | 0.038          |
|                   | IMAX330     | 480623.910  | 4203443.924  | 178.723          | 0.006          | 0.013          | 0.038          |
|                   | <b>VRS</b>  | VRS105      | 480626.071   | 4203418.445      | 178.212        | 0.026          | 0.000          |
| <b>RTK</b>        | VRS115      | 480626.077  | 4203418.443  | 178.221          | 0.021          | 0.002          | 0.012          |
|                   | VRS130      | 480626.078  | 4203418.451  | 178.217          | 0.019          | -0.006         | 0.016          |
|                   | VRS205      | 480648.895  | 4203432.534  | 178.942          | 0.015          | 0.012          | 0.013          |
|                   | VRS215      | 480648.893  | 4203432.533  | 178.936          | 0.016          | 0.013          | 0.019          |
|                   | VRS230      | 480648.900  | 4203432.533  | 178.923          | 0.010          | 0.013          | 0.031          |
|                   | VRS305      | 480623.915  | 4203443.936  | 178.739          | 0.000          | 0.001          | 0.023          |
|                   | VRS315      | 480623.913  | 4203443.934  | 178.729          | 0.003          | 0.003          | 0.033          |
|                   | VRS330      | 480623.903  | 4203443.921  | 178.690          | 0.013          | 0.016          | 0.072          |

Πίνακας Β.1.1: Συντεταγμένες των σημείων και διαφορές συντεταγμένων στατικού εντοπισμού από μεθόδους πραγματικού χρόνου σε σύστημα ΕΓΣΑ'87.

Αποτελέσματα μεθόδων επίλυσης στατικού εντοπισμού και πραγματικού χρόνου στο σύστημα ΕΓΣΑ'87 από το πείραμα στο πάρκινγκ Πολυτεχνειούπολης

|                 | <b>RMS ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΑΠΟ ΣΤΑΤΙΚΟ</b> | <b>Single Base RTK</b> | <b>IMAX RTK</b> | <b>VRS RTK</b> |
|-----------------|---------------------------------|------------------------|-----------------|----------------|
| <b>ΣΗΜΕΙΟ 1</b> | RMS( $\Delta X$ ) (m)           | 0.0103                 | 0.0053          | 0.0273         |
|                 | RMS( $\Delta Y$ ) (m)           | 0.0145                 | 0.0042          | 0.0043         |
|                 | RMS( $\Delta H$ ) (m)           | 0.0356                 | 0.0379          | 0.0199         |
| <b>ΣΗΜΕΙΟ 2</b> | RMS( $\Delta X$ ) (m)           | 0.0040                 | 0.0123          | 0.0171         |
|                 | RMS( $\Delta Y$ ) (m)           | 0.0491                 | 0.0231          | 0.0150         |
|                 | RMS( $\Delta H$ ) (m)           | 0.0209                 | 0.0537          | 0.0275         |
| <b>ΣΗΜΕΙΟ 3</b> | RMS( $\Delta X$ ) (m)           | 0.0043                 | 0.0056          | 0.0091         |
|                 | RMS( $\Delta Y$ ) (m)           | 0.0123                 | 0.0122          | 0.0113         |
|                 | RMS( $\Delta H$ ) (m)           | 0.0138                 | 0.0494          | 0.0582         |

Πίνακας Β.1.2: RMS διαφορών συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ'87 επίλυσης στατικού εντοπισμού από μεθόδους RT ανάλογα με τη μέθοδο μέτρησης.

| <b>ΜΕΘΟΔΟΣ</b>    | <b>ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)</b> | <b>RMS (<math>\Delta X</math>) (m)</b> | <b>RMS (<math>\Delta Y</math>) (m)</b> | <b>RMS (<math>\Delta H</math>) (m)</b> |
|-------------------|-------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
| <b>SingleBase</b> | 5                             | 0.0080                                 | 0.0301                                 | 0.0215                                 |
| <b>RTK</b>        | 15                            | 0.0080                                 | 0.0306                                 | 0.0234                                 |
|                   | 30                            | 0.0035                                 | 0.0306                                 | 0.0303                                 |
| <b>IMAX</b>       | 5                             | 0.0087                                 | 0.0141                                 | 0.0529                                 |
| <b>RTK</b>        | 15                            | 0.0098                                 | 0.0137                                 | 0.0507                                 |
|                   | 30                            | 0.0062                                 | 0.0177                                 | 0.0374                                 |
| <b>VRS</b>        | 5                             | 0.0213                                 | 0.0082                                 | 0.0237                                 |
| <b>RTK</b>        | 15                            | 0.0188                                 | 0.0093                                 | 0.0277                                 |
|                   | 30                            | 0.0176                                 | 0.0147                                 | 0.0566                                 |

Πίνακας Β.1.3: RMS διαφορών συντεταγμένων στατικού εντοπισμού από μεθόδους RT στο ΕΓΣΑ'87 ανάλογα με τη χρονική διάρκεια μέτρησης.



## B.2: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

| ΣΗΜΕΙΟ 1                                       |                                                |                                                |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| $\Delta X(\text{IMAX-Single Base RTK})$<br>(m) | $\Delta Y(\text{IMAX-Single Base RTK})$<br>(m) | $\Delta H(\text{IMAX-Single Base RTK})$<br>(m) |
| 0.006                                          | 0.009                                          | 0.010                                          |
| 0.005                                          | 0.004                                          | 0.003                                          |
| -0.003                                         | 0.011                                          | -0.006                                         |
| $\Delta X(\text{Single Base RTK-VRS})$<br>(m)  | $\Delta Y(\text{Single Base RTK-VRS})$ (m)     | $\Delta H(\text{Single Base RTK-VRS})$<br>(m)  |
| 0.016                                          | -0.012                                         | 0.043                                          |
| 0.011                                          | -0.004                                         | 0.036                                          |
| 0.020                                          | -0.021                                         | 0.053                                          |
| $\Delta X(\text{IMAX-VRS})$ (m)                | $\Delta Y(\text{IMAX-VRS})$ (m)                | $\Delta H(\text{IMAX-VRS})$ (m)                |
| 0.021                                          | -0.003                                         | 0.053                                          |
| 0.016                                          | -0.001                                         | 0.039                                          |
| 0.017                                          | -0.010                                         | 0.048                                          |

Πίνακας B.2.1: Διαφορές συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ'87 μεταξύ των μεθόδων IMAX RTK – Single Base RTK, VRS RTK – Single Base RTK και VRS RTK– IMAX RTK σε σημείο του πάρκινγκ.

| ΣΗΜΕΙΟ 2                                       |                                                |                                                |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| $\Delta X(\text{IMAX-Single Base RTK})$<br>(m) | $\Delta Y(\text{IMAX-Single Base RTK})$<br>(m) | $\Delta H(\text{IMAX-Single Base RTK})$<br>(m) |
| -0.011                                         | 0.057                                          | -0.036                                         |
| -0.016                                         | 0.066                                          | -0.036                                         |
| 0.002                                          | 0.019                                          | 0.019                                          |
| $\Delta X(\text{Single Base RTK-VRS})$<br>(m)  | $\Delta Y(\text{Single Base RTK-VRS})$<br>(m)  | $\Delta H(\text{Single Base RTK-VRS})$<br>(m)  |
| 0.015                                          | -0.027                                         | -0.002                                         |
| 0.020                                          | -0.029                                         | 0.001                                          |
| 0.014                                          | -0.028                                         | 0.013                                          |
| $\Delta X(\text{IMAX-VRS})$ (m)                | $\Delta Y(\text{IMAX-VRS})$ (m)                | $\Delta H(\text{IMAX-VRS})$ (m)                |
| 0.004                                          | 0.029                                          | -0.038                                         |
| 0.004                                          | 0.037                                          | -0.035                                         |
| 0.016                                          | -0.008                                         | 0.015                                          |

Πίνακας B.2.2: Διαφορές συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ'87 μεταξύ των μεθόδων IMAX RTK – Single Base RTK, VRS RTK – Single Base RTK και VRS RTK– IMAX RTK σε σημείο του πάρκινγκ.

Αποτελέσματα μεθόδων επίλυσης στατικού εντοπισμού και πραγματικού χρόνου στο σύστημα ΕΓΣΑ'87 από το πείραμα στο πάρκινγκ Πολυτεχνειούπολης

| <b>ΣΗΜΕΙΟ 3</b>                          |                                         |                                         |
|------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| <b>ΔΧ(IMAX- Single Base RTK)<br/>(m)</b> | <b>ΔΥ(IMAX-Single Base RTK)<br/>(m)</b> | <b>ΔΗ(IMAX-Single Base RTK)<br/>(m)</b> |
| -0.008                                   | 0.005                                   | -0.034                                  |
| -0.008                                   | 0.003                                   | -0.025                                  |
| -0.008                                   | -0.008                                  | -0.030                                  |
| <b>ΔΧ(Single Base RTK-VRS) (m)</b>       | <b>ΔΥ(Single Base RTK-VRS)<br/>(m)</b>  | <b>ΔΗ(Single Base RTK-VRS)<br/>(m)</b>  |
| 0.004                                    | -0.013                                  | 0.012                                   |
| 0.007                                    | -0.007                                  | 0.019                                   |
| 0.015                                    | 0.011                                   | 0.063                                   |
| <b>ΔΧ(IMAX-VRS) (m)</b>                  | <b>ΔΥ(IMAX-VRS) (m)</b>                 | <b>ΔΗ(IMAX-VRS) (m)</b>                 |
| -0.003                                   | -0.008                                  | -0.021                                  |
| -0.001                                   | -0.004                                  | -0.006                                  |
| 0.007                                    | 0.003                                   | 0.034                                   |

Πίνακας Β.2.3: Διαφορές συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ'87 μεταξύ των μεθόδων IMAX RTK – Single Base RTK , VRS RTK – Single Base RTK και VRS RTK– IMAX RTK σε σημείο του πάρκινγκ.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΗΜΕΙΩΝ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΓΣΑ

### Γ.1: ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΗΜΕΙΩΝ ΣΤΟ ΠΑΡΚΙΝΓΚ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ

| Method            | Point ID    | Easting (m) | Northing (m) | Local El. Height (m) |
|-------------------|-------------|-------------|--------------|----------------------|
| <b>STATIC</b>     | ST1         | 480626.886  | 4203418.138  | 185.598              |
|                   | ST2         | 480649.698  | 4203432.238  | 186.320              |
|                   | ST3         | 480624.704  | 4203443.630  | 186.127              |
| <b>SingleBase</b> | RTK105      | 480626.875  | 4203418.126  | 185.621              |
| <b>RTK</b>        | RTK115      | 480626.876  | 4203418.132  | 185.623              |
|                   | RTK130      | 480626.886  | 4203418.123  | 185.636              |
|                   | RTK205      | 480649.698  | 4203432.199  | 186.305              |
|                   | RTK215      | 480649.701  | 4203432.196  | 186.303              |
|                   | RTK230      | 480649.702  | 4203432.198  | 186.302              |
|                   | RTK305      | 480624.708  | 4203443.616  | 186.116              |
|                   | RTK315      | 480624.708  | 4203443.619  | 186.113              |
|                   | RTK330      | 480624.706  | 4203443.625  | 186.118              |
|                   | <b>IMAX</b> | IMAX105     | 480626.881   | 4203418.136          |
| <b>RTK</b>        | IMAX115     | 480626.881  | 4203418.135  | 185.626              |
|                   | IMAX130     | 480626.883  | 4203418.134  | 185.631              |
|                   | IMAX205     | 480649.687  | 4203432.256  | 186.269              |
|                   | IMAX215     | 480649.685  | 4203432.262  | 186.267              |
|                   | IMAX230     | 480649.704  | 4203432.217  | 186.304              |
|                   | IMAX305     | 480624.700  | 4203443.621  | 186.083              |
|                   | IMAX315     | 480624.700  | 4203443.622  | 186.088              |
|                   | IMAX330     | 480624.698  | 4203443.616  | 186.088              |
|                   | <b>VRS</b>  | VRS105      | 480626.859   | 4203418.138          |
| <b>RTK</b>        | VRS115      | 480626.865  | 4203418.136  | 185.587              |
|                   | VRS130      | 480626.866  | 4203418.144  | 185.583              |
|                   | VRS205      | 480649.683  | 4203432.226  | 186.307              |
|                   | VRS215      | 480649.681  | 4203432.225  | 186.302              |
|                   | VRS230      | 480649.688  | 4203432.225  | 186.289              |
|                   | VRS305      | 480624.704  | 4203443.629  | 186.104              |
|                   | VRS315      | 480624.701  | 4203443.626  | 186.094              |
|                   | VRS330      | 480624.691  | 4203443.614  | 186.055              |

Πίνακας Γ.1.1: Συντεταγμένες σημείων για τις μεθόδους στατικού εντοπισμού και πραγματικού χρόνου των σημείων του παρκινγκ Πολυτεχνειούπολης στο σύστημα ΕΓΣΑ.

Γ.2: ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΗΜΕΙΩΝ ΣΤΟ ΓΗΠΕΔΟ ΤΕΝΝΙΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ ΠΟΛΗΣ

| ΜΕΘΟΔΟΣ: VRS RTK |             |              |                      | ΜΕΘΟΔΟΣ: Single Base RTK |             |              |                      |
|------------------|-------------|--------------|----------------------|--------------------------|-------------|--------------|----------------------|
| Point Id         | Easting (m) | Northing (m) | Local El. height (m) | Point Id                 | Easting (m) | Northing (m) | Local El. height (m) |
| GVR51            | 480313.818  | 4203309.154  | 173.479              | GRTK1                    | 480313.831  | 4203309.142  | 173.437              |
| GVR52            | 480312.951  | 4203308.173  | 173.433              | GRTK2                    | 480312.974  | 4203308.164  | 173.468              |
| GVR53            | 480309.260  | 4203304.080  | 173.383              | GRTK3                    | 480309.285  | 4203304.073  | 173.392              |
| GVR54            | 480305.548  | 4203299.985  | 173.317              | GRTK4                    | 480305.569  | 4203299.970  | 173.320              |
| GVR55            | 480304.669  | 4203298.994  | 173.322              | GRTK5                    | 480304.703  | 4203298.988  | 173.270              |
| GVR56            | 480308.910  | 4203311.773  | 173.445              | GRTK6                    | 480308.906  | 4203311.774  | 173.439              |
| GVR57            | 480305.216  | 4203307.681  | 173.392              | GRTK7                    | 480305.242  | 4203307.684  | 173.372              |
| GVR58            | 480301.550  | 4203303.608  | 173.350              | GRTK8                    | 480301.571  | 4203303.583  | 173.312              |
| GVR59            | 480304.677  | 4203316.851  | 173.423              | GRTK9                    | 480304.703  | 4203316.854  | 173.418              |
| GVR510           | 480300.378  | 4203312.116  | 173.405              | GRTK10                   | 480300.403  | 4203312.120  | 173.371              |
| GVR511           | 480296.036  | 4203307.204  | 173.339              | GRTK11                   | 480296.053  | 4203307.198  | 173.300              |
| GVR512           | 480292.033  | 4203312.152  | 173.346              | GRTK12                   | 480292.041  | 4203312.144  | 173.303              |
| GVR513           | 480295.802  | 4203316.349  | 173.403              | GRTK13                   | 480295.822  | 4203316.355  | 173.376              |
| GVR514           | 480299.382  | 4203320.333  | 173.446              | GRTK14                   | 480299.381  | 4203320.326  | 173.439              |
| GVR515           | 480296.261  | 4203324.963  | 173.391              | GRTK15                   | 480296.247  | 4203324.934  | 173.438              |
| GVR516           | 480295.372  | 4203323.960  | 173.456              | GRTK16                   | 480295.376  | 4203323.966  | 173.444              |
| GVR517           | 480291.792  | 4203320.017  | 173.401              | GRTK17                   | 480291.810  | 4203320.022  | 173.374              |
| GVR518           | 480287.961  | 4203315.763  | 173.350              | GRTK18                   | 480287.972  | 4203315.761  | 173.324              |
| GVR519           | 480287.084  | 4203314.774  | 173.408              | GRTK19                   | 480287.072  | 4203314.766  | 173.321              |
| GVR522           | 480319.273  | 4203307.069  | 173.484              |                          |             |              |                      |
| GVR523           | 480307.389  | 4203293.666  | 173.441              |                          |             |              |                      |
| GVR524           | 480281.621  | 4203316.850  | 173.280              |                          |             |              |                      |
| GVR525           | 480293.440  | 4203330.196  | 173.555              |                          |             |              |                      |
| GVR5F1           | 480311.823  | 4203313.361  | 173.534              | GRTKF1                   | 480311.818  | 4203313.384  | 173.439              |
| GVR5F2           | 480289.315  | 4203310.173  | 173.425              |                          |             |              |                      |
| GVR5K1           | 480312.473  | 4203312.453  | 173.339              |                          |             |              |                      |
| GVR5K2           | 480300.282  | 4203323.428  | 173.471              |                          |             |              |                      |
| GVR5K3           | 480288.867  | 4203310.531  | 173.353              |                          |             |              |                      |
| GVR5K4           | 480301.069  | 4203299.532  | 173.428              | GRTKK4                   | 480301.082  | 4203299.547  | 173.362              |

Πίνακας Γ.2.1: Συντεταγμένες σημείων αποτύπωσης μετρημένων με VRS RTK και Single Base RTK σε σύστημα ΕΓΣΑ.

Γ.3 ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΠΟΥ ΑΠΕΧΟΥΝ 5, 15 ΚΑΙ 50 km ΑΠΟ ΣΤΟ ΣΤΑΘΜΟ ΤΗΣ METRICANET ΣΤΑ ΙΩΑΝΝΙΝΑ

| <b>METHOD</b>     | <b>Point ID</b> | <b>Easting (m)</b> | <b>Northing (m)</b> | <b>Local El. Height (m)</b> |
|-------------------|-----------------|--------------------|---------------------|-----------------------------|
| <b>STATIC</b>     | STI1            | 231907.709         | 4390520.638         | 526.860                     |
|                   | STI2            | 220908.897         | 4408749.848         | 665.651                     |
|                   | STI3            | 218511.213         | 4439357.564         | 626.730                     |
| <b>SingleBase</b> | RTKI105         | 231907.709         | 4390520.639         | 526.868                     |
| <b>RTK</b>        | RTKI115         | 231907.708         | 4390520.640         | 526.856                     |
|                   | RTKI130         | 231907.707         | 4390520.636         | 526.859                     |
|                   | RTKI205         | 220908.901         | 4408749.852         | 665.685                     |
|                   | RTKI215         | 220908.826         | 4408749.620         | 665.794                     |
|                   | RTKI230         | 220908.903         | 4408749.887         | 665.669                     |
|                   | RTKI305         | 218511.197         | 4439357.557         | 626.777                     |
|                   | RTKI315         | 218511.191         | 4439357.570         | 626.743                     |
|                   | RTKI330         | 218511.184         | 4439357.586         | 626.729                     |
| <b>IMAX</b>       | IMAXI105        | 231907.710         | 4390520.647         | 526.866                     |
| <b>RTK</b>        | IMAIX115        | 231907.705         | 4390520.647         | 526.874                     |
|                   | IMAXI130        | 231907.707         | 4390520.647         | 526.881                     |
|                   | IMAXI305        | 218511.211         | 4439357.543         | 626.759                     |
|                   | IMAXI315        | 218511.207         | 4439357.549         | 626.765                     |
|                   | IMAXI330        | 218511.204         | 4439357.552         | 626.768                     |
| <b>VRS</b>        | VRSI105         | 231907.697         | 4390520.624         | 526.822                     |
| <b>RTK</b>        | VRSI115         | 231907.702         | 4390520.622         | 526.909                     |
|                   | VRSI130         | 231907.716         | 4390520.655         | 526.893                     |
|                   | VRSI305         | 218511.19          | 4439357.602         | 626.686                     |
|                   | VRSI315         | 218511.203         | 4439357.521         | 626.674                     |
|                   | VRSI330         | 218511.234         | 4439357.593         | 626.777                     |

Πίνακας Γ.3.1: Συντεταγμένες σημείων που απέχουν 5, 15 και 50 km από το σταθμό της Metricanet στα Ιωάννινα για τις μεθόδους στατικού εντοπισμού και πραγματικού χρόνου στο σύστημα ΕΓΣΑ.

Γ.4: ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΗΜΕΙΩΝ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΓΙΑΝΝΙΩΤΙΚΟ ΣΑΛΟΝΙ

| <b>Point Id</b> | <b>Easting (m)</b> | <b>Northing (m)</b> | <b>Local El. Height (m)</b> |
|-----------------|--------------------|---------------------|-----------------------------|
| RTK1            | 230019.536         | 4392258.417         | 486.672                     |
| RTK2            | 230020.223         | 4392258.570         | 486.390                     |
| RTK3            | 230020.860         | 4392258.744         | 486.122                     |
| RTK4            | 230021.494         | 4392258.906         | 485.815                     |
| RTK5            | 230022.134         | 4392259.204         | 485.514                     |
| RTK6            | 230024.566         | 4392263.918         | 485.482                     |
| RTK7            | 230024.367         | 4392264.586         | 485.666                     |
| RTK8            | 230024.136         | 4392265.221         | 486.082                     |
| RTK9            | 230023.887         | 4392265.852         | 486.403                     |
| RTK10           | 230021.611         | 4392265.396         | 488.115                     |
| RTK11           | 230023.462         | 4392266.892         | 487.048                     |
| RTK13           | 230032.165         | 4392261.554         | 486.373                     |
| RTK14           | 230031.486         | 4392261.413         | 486.107                     |
| RTK16           | 230029.902         | 4392261.748         | 485.508                     |
| RTK17           | 230019.870         | 4392262.889         | 486.724                     |
| RTK18           | 230017.478         | 4392261.955         | 488.102                     |
| RTK19           | 230019.905         | 4392263.852         | 487.051                     |
| RTK22           | 230030.431         | 4392265.434         | 486.860                     |
| RTK24           | 230025.897         | 4392259.986         | 485.223                     |

Πίνακας Γ.4.1: Συντεταγμένες σημείων αποτύπωσης μετρημένων με Single Base RTK σε σύστημα ΕΓΣΑ.

Γ.5: ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΗΜΕΙΩΝ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΓΙΑΝΝΙΩΤΙΚΟ ΣΑΛΟΝΙ

| Point Id | Easting (m) | Northing (m) | Local El. Height (m) |
|----------|-------------|--------------|----------------------|
| RTK1     | 229955.187  | 4392213.417  | 484.258              |
| RTK2     | 229942.841  | 4392206.907  | 484.026              |
| RTK3     | 229942.565  | 4392217.483  | 484.241              |
| RTK4     | 229952.588  | 4392220.544  | 484.233              |
| IMAX1    | 229955.179  | 4392213.423  | 484.248              |
| IMAX2    | 229942.840  | 4392206.913  | 484.001              |
| IMAX3    | 229942.556  | 4392217.477  | 484.212              |
| IMAX4    | 229952.592  | 4392220.548  | 484.208              |
| VRS1     | 229955.184  | 4392213.409  | 484.248              |
| VRS2     | 229942.836  | 4392206.906  | 483.982              |
| VRS3     | 229942.556  | 4392217.475  | 484.204              |
| VRS4     | 229952.589  | 4392220.544  | 484.225              |

Πίνακας Γ.5.1: Συντεταγμένες σημείων αποτύπωσης μετρημένων με Single Base RTK, VRS RTK και IMAX RTK σε σύστημα ΕΓΣΑ.

Μετρηθέντα σημεία και συντεταγμένες σημείων αποτύπωσης γηπέδου με γεωδαιτικό σταθμό (στάσεις προσδιορισμένες από επίλυση στατικού εντοπισμού και με μεθόδους Single Base RTK και VRS RTK)

---

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ: ΜΕΤΡΗΘΕΝΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΚΑΙ  
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΗΜΕΙΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΓΗΠΕΔΟΥ ΜΕ  
ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (ΣΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΑΠΟ  
ΕΠΙΛΥΣΗ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟΥΣ  
SINGLE BASE RTK ΚΑΙ VRS RTK)**

Δ.1: ΜΕΤΡΗΘΕΝΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΗΜΕΙΩΝ  
ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΓΗΠΕΔΟΥ ΜΕ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (ΣΤΑΣΕΙΣ  
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΑΠΟ ΕΠΙΛΥΣΗ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ)

| ΣΤΑΣΗ | G1 (m)      |
|-------|-------------|
| X     | 480313.042  |
| Y     | 4203309.468 |
| H     | 166.046     |

| ΣΗΜΕΙΟ<br>ΜΗΔΕΝΙΣΜΟΥ | G2 (m)      |
|----------------------|-------------|
| X                    | 480303.889  |
| Y                    | 4203299.300 |

|                  |            |
|------------------|------------|
| Ύψος<br>οργάνου: | 1.305<br>m |
| Ύψος<br>στοχου:  | 1.445<br>m |

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| γωνία<br>διεύθυνσης:   | 46.6590 <sup>g</sup>  |
| μετά το<br>θεμελιώδες: | 246.6590 <sup>g</sup> |

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| Συντελεστής Κλίμακας (Σ.Κ.): | 0.9996 |
|------------------------------|--------|



Μετρηθέντα σημεία και συντεταγμένες σημείων αποτύπωσης γηπέδου με γεωδαιτικό σταθμό (στάσεις προσδιορισμένες από επίλυση στατικού εντοπισμού και με μεθόδους Single Base RTK και VRS RTK

| Σημείο | Οριζόντια<br>γωνία (g) | Κατακόρυφη<br>γωνία (g) | Κεκλιμένη<br>απόσταση<br>(m) | Οριζόντια<br>απόσταση<br>(m) | αΣσημείο<br>(g) |
|--------|------------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|
| 4      | 0.010                  | 99.980                  | 12.359                       | 12.359                       | 246.669         |
| 3      | 399.846                | 99.424                  | 6.822                        | 6.822                        | 646.505         |
| 6      | 84.516                 | 98.669                  | 5.572                        | 5.571                        | 331.175         |
| 9      | 97.935                 | 99.426                  | 11.951                       | 11.951                       | 344.594         |
| 19     | 66.565                 | 99.996                  | 27.325                       | 27.325                       | 313.224         |
| 12     | 62.065                 | 99.999                  | 21.984                       | 21.984                       | 308.724         |
| 13     | 77.566                 | 99.818                  | 19.394                       | 19.394                       | 324.225         |
| 10     | 67.191                 | 99.719                  | 13.759                       | 13.759                       | 313.850         |
| 11     | 46.417                 | 100.019                 | 17.889                       | 17.889                       | 293.076         |
| 14     | 95.260                 | 99.575                  | 18.258                       | 18.258                       | 341.919         |
| 15     | 99.964                 | 99.670                  | 23.619                       | 23.619                       | 346.623         |
| 16     | 96.432                 | 99.697                  | 23.658                       | 23.658                       | 343.091         |
| 17     | 82.544                 | 99.845                  | 24.553                       | 24.553                       | 329.203         |
| 18     | 69.299                 | 99.965                  | 26.689                       | 26.689                       | 315.958         |
| 7      | 42.535                 | 99.614                  | 8.730                        | 8.730                        | 289.194         |
| 8      | 26.255                 | 99.961                  | 13.478                       | 13.478                       | 272.914         |
| K1     | 128.336                | 96.480                  | 3.561                        | 3.556                        | 374.995         |
| Φ1     | 125.318                | 98.118                  | 4.657                        | 4.655                        | 371.977         |
| K2     | 104.955                | 99.310                  | 19.697                       | 19.696                       | 351.614         |
| K3     | 56.882                 | 99.860                  | 25.003                       | 25.003                       | 303.541         |
| Φ2     | 56.095                 | 99.983                  | 24.528                       | 24.528                       | 302.754         |
| K4     | 12.264                 | 99.828                  | 15.953                       | 15.953                       | 258.923         |
| Φ3     | 10.294                 | 99.999                  | 15.831                       | 15.831                       | 256.953         |
| 22     | 276.950                | 98.057                  | 5.859                        | 5.856                        | 523.609         |
| 24     | 68.362                 | 99.888                  | 33.108                       | 33.108                       | 315.021         |
| 25     | 104.491                | 99.613                  | 29.297                       | 29.296                       | 351.150         |
| 23     | 378.314                | 99.837                  | 16.805                       | 16.805                       | 624.973         |

Πίνακας Δ.1.1: Μετρηθέντα σημεία των σημείων αποτύπωσης του γηπέδου με γεωδαιτικό σταθμό (συντεταγμένες στάσεων από επίλυση στατικού εντοπισμού).

Μετρηθέντα σημεία και συντεταγμένες σημείων αποτύπωσης γηπέδου με γεωδαιτικό σταθμό (στάσεις προσδιορισμένες από επίλυση στατικού εντοπισμού και με μεθόδους Single Base RTK και VRS RTK

---

| Σημείο | X (m)      | Y (m)       | H (m)   |
|--------|------------|-------------|---------|
| 4      | 480304.775 | 4203300.288 | 165.910 |
| 3      | 480308.492 | 4203304.389 | 165.968 |
| 6      | 480308.128 | 4203312.088 | 166.022 |
| 9      | 480303.909 | 4203317.168 | 166.014 |
| 19     | 480286.315 | 4203315.101 | 165.908 |
| 12     | 480291.273 | 4203312.470 | 165.906 |
| 13     | 480295.043 | 4203316.668 | 165.961 |
| 10     | 480299.613 | 4203312.437 | 165.967 |
| 11     | 480295.266 | 4203307.527 | 165.901 |
| 14     | 480298.608 | 4203320.636 | 166.028 |
| 15     | 480295.486 | 4203325.254 | 166.028 |
| 16     | 480294.608 | 4203324.281 | 166.019 |
| 17     | 480291.036 | 4203320.336 | 165.966 |
| 18     | 480287.198 | 4203316.086 | 165.921 |
| 7      | 480304.441 | 4203307.994 | 165.959 |
| 8      | 480300.771 | 4203303.908 | 165.914 |
| K1     | 480311.682 | 4203312.752 | 166.103 |
| Φ1     | 480311.060 | 4203313.678 | 166.044 |
| K2     | 480299.478 | 4203323.738 | 166.119 |
| K3     | 480288.088 | 4203310.858 | 165.961 |
| Φ2     | 480288.547 | 4203310.529 | 165.913 |
| K4     | 480300.302 | 4203299.878 | 165.949 |
| Φ3     | 480300.700 | 4203299.565 | 165.906 |
| 22     | 480318.498 | 4203307.347 | 166.085 |
| 24     | 480280.865 | 4203317.205 | 165.964 |
| 25     | 480292.712 | 4203330.546 | 166.084 |
| 23     | 480306.620 | 4203293.946 | 165.949 |

Πίνακας Δ.1.2: Συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ'87 σημείων αποτύπωσης του γηπέδου με γεωδαιτικό σταθμό (συντεταγμένες στάσεων από επίλυση στατικού εντοπισμού).

Μετρηθέντα σημεία και συντεταγμένες σημείων αποτύπωσης γηπέδου με γεωδαιτικό σταθμό (στάσεις προσδιορισμένες από επίλυση στατικού εντοπισμού και με μεθόδους Single Base RTK και VRS RTK)

---

Δ.2: ΜΕΤΡΗΘΕΝΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΗΜΕΙΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΓΗΠΕΔΟΥ ΜΕ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (ΣΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟ SINGLE BASE RTK)

| ΣΤΑΣΗ | GRTK1 (m)   |
|-------|-------------|
| X     | 480313.044  |
| Y     | 4203309.448 |
| H     | 166.074     |

| ΣΗΜΕΙΟ ΜΗΔΕΝΙΣΜΟΥ | GRTK5 (m)   |
|-------------------|-------------|
| X                 | 480303.916  |
| Y                 | 4203299.294 |

|                  |            |
|------------------|------------|
| Ύψος<br>οργάνου: | 1.305<br>m |
| Ύψος<br>στοχου:  | 1.445<br>m |

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| γωνία<br>διεύθυνσης:   | 46.6120 <sup>g</sup>  |
| μετά το<br>θεμελιώδες: | 246.6120 <sup>g</sup> |

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| Συντελεστής Κλίμακας (Σ.Κ.): | 0.9996 |
|------------------------------|--------|

Μετρηθέντα σημεία και συντεταγμένες σημείων αποτύπωσης γηπέδου με γεωδαιτικό σταθμό (στάσεις προσδιορισμένες από επίλυση στατικού εντοπισμού και με μεθόδους Single Base RTK και VRS RTK

| Σημείο | Οριζόντια γωνία (g) | Κατακόρυφη γωνία (g) | Κεκλιμένη απόσταση (m) | Οριζόντια απόσταση (m) | αΣσημείο (g) |
|--------|---------------------|----------------------|------------------------|------------------------|--------------|
| 4      | 0.010               | 99.980               | 12.359                 | 12.359                 | 246.622      |
| 3      | 399.846             | 99.424               | 6.822                  | 6.822                  | 646.458      |
| 6      | 84.516              | 98.669               | 5.572                  | 5.571                  | 331.128      |
| 9      | 97.935              | 99.426               | 11.951                 | 11.951                 | 344.547      |
| 19     | 66.565              | 99.996               | 27.325                 | 27.325                 | 313.177      |
| 12     | 62.065              | 99.999               | 21.984                 | 21.984                 | 308.677      |
| 13     | 77.566              | 99.818               | 19.394                 | 19.394                 | 324.178      |
| 10     | 67.191              | 99.719               | 13.759                 | 13.759                 | 313.803      |
| 11     | 46.417              | 100.019              | 17.889                 | 17.889                 | 293.029      |
| 14     | 95.260              | 99.575               | 18.258                 | 18.258                 | 341.872      |
| 15     | 99.964              | 99.670               | 23.619                 | 23.619                 | 346.576      |
| 16     | 96.432              | 99.697               | 23.658                 | 23.658                 | 343.044      |
| 17     | 82.544              | 99.845               | 24.553                 | 24.553                 | 329.156      |
| 18     | 69.299              | 99.965               | 26.689                 | 26.689                 | 315.911      |
| 7      | 42.535              | 99.614               | 8.730                  | 8.730                  | 289.147      |
| 8      | 26.255              | 99.961               | 13.478                 | 13.478                 | 272.867      |
| K1     | 128.336             | 96.480               | 3.561                  | 3.556                  | 374.948      |
| Φ1     | 125.318             | 98.118               | 4.657                  | 4.655                  | 371.930      |
| K2     | 104.955             | 99.310               | 19.697                 | 19.696                 | 351.567      |
| K3     | 56.882              | 99.860               | 25.003                 | 25.003                 | 303.494      |
| Φ2     | 56.095              | 99.983               | 24.528                 | 24.528                 | 302.707      |
| K4     | 12.264              | 99.828               | 15.953                 | 15.953                 | 258.876      |
| Φ3     | 10.294              | 99.999               | 15.831                 | 15.831                 | 256.906      |
| 22     | 276.950             | 98.057               | 5.859                  | 5.856                  | 523.562      |
| 24     | 68.362              | 99.888               | 33.108                 | 33.108                 | 314.974      |
| 25     | 104.491             | 99.613               | 29.297                 | 29.296                 | 351.103      |
| 23     | 378.314             | 99.837               | 16.805                 | 16.805                 | 624.926      |

Πίνακας Δ.2.1: Μετρηθέντα σημεία των σημείων αποτύπωσης του γηπέδου με γεωδαιτικό σταθμό (συντεταγμένες στάσεων από μέθοδο Single Base RTK).

Μετρηθέντα σημεία και συντεταγμένες σημείων αποτύπωσης γηπέδου με γεωδαιτικό σταθμό (στάσεις προσδιορισμένες από επίλυση στατικού εντοπισμού και με μεθόδους Single Base RTK και VRS RTK

---

| Σημείο | X (m)      | Y (m)       | H (m)   |
|--------|------------|-------------|---------|
| 4      | 480304.784 | 4203300.262 | 165.938 |
| 3      | 480308.497 | 4203304.366 | 165.996 |
| 6      | 480308.128 | 4203312.064 | 166.050 |
| 9      | 480303.905 | 4203317.142 | 166.042 |
| 19     | 480286.313 | 4203315.061 | 165.936 |
| 12     | 480291.272 | 4203312.434 | 165.934 |
| 13     | 480295.039 | 4203316.635 | 165.989 |
| 10     | 480299.612 | 4203312.407 | 165.995 |
| 11     | 480295.269 | 4203307.494 | 165.929 |
| 14     | 480298.601 | 4203320.605 | 166.056 |
| 15     | 480295.476 | 4203325.221 | 166.056 |
| 16     | 480294.598 | 4203324.247 | 166.047 |
| 17     | 480291.030 | 4203320.300 | 165.994 |
| 18     | 480287.194 | 4203316.047 | 165.949 |
| 7      | 480304.444 | 4203307.968 | 165.987 |
| 8      | 480300.776 | 4203303.878 | 165.942 |
| K1     | 480311.681 | 4203312.731 | 166.131 |
| F1     | 480311.058 | 4203313.656 | 166.072 |
| K2     | 480299.469 | 4203323.708 | 166.147 |
| K3     | 480288.088 | 4203310.819 | 165.989 |
| F2     | 480288.548 | 4203310.490 | 165.941 |
| K4     | 480300.310 | 4203299.849 | 165.977 |
| F3     | 480300.708 | 4203299.536 | 165.934 |
| 22     | 480318.501 | 4203307.331 | 166.113 |
| 24     | 480280.860 | 4203317.161 | 165.992 |
| 25     | 480292.698 | 4203330.511 | 166.112 |
| 23     | 480306.633 | 4203293.921 | 165.977 |

Πίνακας Δ.2.2: Συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ'87 σημείων αποτύπωσης του γηπέδου με γεωδαιτικό σταθμό (συντεταγμένες στάσεων από μέθοδο Single Base RTK).

Μετρηθέντα σημεία και συντεταγμένες σημείων αποτύπωσης γηπέδου με γεωδαιτικό σταθμό (στάσεις προσδιορισμένες από επίλυση στατικού εντοπισμού και με μεθόδους Single Base RTK και VRS RTK)

---

Δ.3: ΜΕΤΡΗΘΕΝΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΗΜΕΙΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΓΗΠΕΔΟΥ ΜΕ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (ΣΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟ VRS RTK)

| ΣΤΑΣΗ | GVRS1 (m)   |
|-------|-------------|
| X     | 480313.031  |
| Y     | 4203309.460 |
| H     | 166.117     |

| ΣΗΜΕΙΟ ΜΗΔΕΝΙΣΜΟΥ | GVRS5 (m)   |
|-------------------|-------------|
| X                 | 480303.882  |
| Y                 | 4203299.301 |

|                  |            |
|------------------|------------|
| Ύψος<br>οργάνου: | 1.305<br>m |
| Ύψος<br>στοχου:  | 1.445<br>m |

|                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|
| γωνία διεύθυνσης      | 46.6697 <sup>g</sup>  |
| μετά το<br>θεμελιώδες | 246.6697 <sup>g</sup> |

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| Συντελεστής Κλίμακας (Σ.Κ.): | 0.9996 |
|------------------------------|--------|

Μετρηθέντα σημεία και συντεταγμένες σημείων αποτύπωσης γηπέδου με γεωδαιτικό σταθμό (στάσεις προσδιορισμένες από επίλυση στατικού εντοπισμού και με μεθόδους Single Base RTK και VRS RTK

| Σημείο | Οριζόντια γωνία (g) | Κατακόρυφη γωνία (g) | Κεκλιμένη απόσταση (m) | Οριζόντια απόσταση (m) | αΣσημείο (g) |
|--------|---------------------|----------------------|------------------------|------------------------|--------------|
| 4      | 0.010               | 99.980               | 12.359                 | 12.359                 | 246.680      |
| 3      | 399.846             | 99.424               | 6.822                  | 6.822                  | 646.516      |
| 6      | 84.516              | 98.669               | 5.572                  | 5.571                  | 331.186      |
| 9      | 97.935              | 99.426               | 11.951                 | 11.951                 | 344.605      |
| 19     | 66.565              | 99.996               | 27.325                 | 27.325                 | 313.235      |
| 12     | 62.065              | 99.999               | 21.984                 | 21.984                 | 308.735      |
| 13     | 77.566              | 99.818               | 19.394                 | 19.394                 | 324.236      |
| 10     | 67.191              | 99.719               | 13.759                 | 13.759                 | 313.861      |
| 11     | 46.417              | 100.019              | 17.889                 | 17.889                 | 293.087      |
| 14     | 95.260              | 99.575               | 18.258                 | 18.258                 | 341.930      |
| 15     | 99.964              | 99.670               | 23.619                 | 23.619                 | 346.634      |
| 16     | 96.432              | 99.697               | 23.658                 | 23.658                 | 343.102      |
| 17     | 82.544              | 99.845               | 24.553                 | 24.553                 | 329.214      |
| 18     | 69.299              | 99.965               | 26.689                 | 26.689                 | 315.969      |
| 7      | 42.535              | 99.614               | 8.730                  | 8.730                  | 289.205      |
| 8      | 26.255              | 99.961               | 13.478                 | 13.478                 | 272.925      |
| K1     | 128.336             | 96.480               | 3.561                  | 3.556                  | 375.006      |
| Φ1     | 125.318             | 98.118               | 4.657                  | 4.655                  | 371.988      |
| K2     | 104.955             | 99.310               | 19.697                 | 19.696                 | 351.625      |
| K3     | 56.882              | 99.860               | 25.003                 | 25.003                 | 303.552      |
| Φ2     | 56.095              | 99.983               | 24.528                 | 24.528                 | 302.765      |
| K4     | 12.264              | 99.828               | 15.953                 | 15.953                 | 258.934      |
| Φ3     | 10.294              | 99.999               | 15.831                 | 15.831                 | 256.964      |
| 22     | 276.950             | 98.057               | 5.859                  | 5.856                  | 523.620      |
| 24     | 68.362              | 99.888               | 33.108                 | 33.108                 | 315.032      |
| 25     | 104.491             | 99.613               | 29.297                 | 29.296                 | 351.161      |
| 23     | 378.314             | 99.837               | 16.805                 | 16.805                 | 624.984      |

Πίνακας Δ.3.1: Μετρηθέντα σημεία των σημείων αποτύπωσης του γηπέδου με γεωδαιτικό σταθμό (συντεταγμένες στάσεων από μέθοδο VRS RTK).

Μετρηθέντα σημεία και συντεταγμένες σημείων αποτύπωσης γηπέδου με γεωδαιτικό σταθμό (στάσεις προσδιορισμένες από επίλυση στατικού εντοπισμού και με μεθόδους Single Base RTK και VRS RTK

---

| Σημείο | X (m)      | Y (m)       | H (m)   |
|--------|------------|-------------|---------|
| 4      | 480304.762 | 4203300.281 | 165.981 |
| 3      | 480308.480 | 4203304.382 | 166.039 |
| 6      | 480308.117 | 4203312.080 | 166.093 |
| 9      | 480303.899 | 4203317.162 | 166.085 |
| 19     | 480286.305 | 4203315.098 | 165.979 |
| 12     | 480291.262 | 4203312.466 | 165.977 |
| 13     | 480295.032 | 4203316.663 | 166.032 |
| 10     | 480299.602 | 4203312.431 | 166.038 |
| 11     | 480295.254 | 4203307.522 | 165.972 |
| 14     | 480298.598 | 4203320.630 | 166.099 |
| 15     | 480295.477 | 4203325.249 | 166.099 |
| 16     | 480294.599 | 4203324.276 | 166.090 |
| 17     | 480291.027 | 4203320.332 | 166.037 |
| 18     | 480287.187 | 4203316.082 | 165.992 |
| 7      | 480304.430 | 4203307.988 | 166.030 |
| 8      | 480300.758 | 4203303.902 | 165.985 |
| K1     | 480311.671 | 4203312.744 | 166.174 |
| Φ1     | 480311.049 | 4203313.670 | 166.115 |
| K2     | 480299.469 | 4203323.732 | 166.190 |
| K3     | 480288.077 | 4203310.854 | 166.032 |
| Φ2     | 480288.536 | 4203310.525 | 165.984 |
| K4     | 480300.288 | 4203299.872 | 166.020 |
| Φ3     | 480300.686 | 4203299.559 | 165.977 |
| 22     | 480318.486 | 4203307.338 | 166.156 |
| 24     | 480280.854 | 4203317.202 | 166.035 |
| 25     | 480292.704 | 4203330.542 | 166.155 |
| 23     | 480306.606 | 4203293.939 | 166.020 |

Πίνακας Δ.3.2: Συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ'87 σημείων αποτύπωσης του γηπέδου με γεωδαιτικό σταθμό (συντεταγμένες στάσεων από μέθοδο VRS RTK).



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΤΑΧΥΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟΥΣ RTK

### Ε.1: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΗΜΕΙΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΓΗΠΕΔΟΥ ΤΕΝΝΙΣ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟΥΣ SINGLE BASE RTK ΚΑΙ VRS RTK

| Point ID | GDOP | HDOP | PDOP | VDOP | Hζ. Akribεια (m) | V. akribεια (m) | 3D Quality (m) | Συνολικός Αριθμός δορυφόρων (=GPS+GLONASS) |
|----------|------|------|------|------|------------------|-----------------|----------------|--------------------------------------------|
| GRTK1    | 4.5  | 1.3  | 3.6  | 3.4  | 0.0071           | 0.0186          | 0.0199         | 11(=6+5)                                   |
| GRTK2    | 2.5  | 1.2  | 2.1  | 1.7  | 0.0086           | 0.0114          | 0.0143         | 14(=8+6)                                   |
| GRTK3    | 2.5  | 1.2  | 2.1  | 1.7  | 0.0094           | 0.0127          | 0.0158         | 13(=7+6)                                   |
| GRTK4    | 2.5  | 1.2  | 2.1  | 1.7  | 0.0091           | 0.0126          | 0.0155         | 13(=7+6)                                   |
| GRTK5    | 2.5  | 1.2  | 2.1  | 1.7  | 0.0112           | 0.0158          | 0.0193         | 13(=7+6)                                   |
| GRTK6    | 2.5  | 1.2  | 2.1  | 1.7  | 0.0072           | 0.0099          | 0.0122         | 13(=7+6)                                   |
| GRTK7    | 2.5  | 1.2  | 2.1  | 1.7  | 0.0068           | 0.0093          | 0.0115         | 13(=7+6)                                   |
| GRTK8    | 2.5  | 1.2  | 2.1  | 1.7  | 0.0097           | 0.0135          | 0.0166         | 13(=7+6)                                   |
| GRTK9    | 3.7  | 1.9  | 3.1  | 2.4  | 0.0112           | 0.0138          | 0.0177         | 14(=8+6)                                   |
| GRTK10   | 2.5  | 1.2  | 2.1  | 1.7  | 0.0092           | 0.0130          | 0.0159         | 14(=8+6)                                   |
| GRTK11   | 2.5  | 1.2  | 2.1  | 1.7  | 0.0117           | 0.0157          | 0.0196         | 14(=8+6)                                   |
| GRTK12   | 2.5  | 1.2  | 2.1  | 1.7  | 0.0102           | 0.0145          | 0.0178         | 13(=7+6)                                   |
| GRTK13   | 2.0  | 1.1  | 1.8  | 1.4  | 0.0079           | 0.0111          | 0.0136         | 14(=8+6)                                   |
| GRTK14   | 2.5  | 1.2  | 2.1  | 1.7  | 0.0080           | 0.0117          | 0.0142         | 14(=8+6)                                   |
| GRTK15   | 2.5  | 1.2  | 2.1  | 1.7  | 0.0077           | 0.0109          | 0.0133         | 13(=7+6)                                   |
| GRTK16   | 2.5  | 1.2  | 2.1  | 1.7  | 0.0110           | 0.0163          | 0.0197         | 14(=8+6)                                   |
| GRTK17   | 2.0  | 1.1  | 1.8  | 1.4  | 0.0076           | 0.0110          | 0.0134         | 14(=8+6)                                   |
| GRTK18   | 2.5  | 1.2  | 2.1  | 1.7  | 0.0074           | 0.0109          | 0.0132         | 13(=7+6)                                   |
| GRTK19   | 2.5  | 1.2  | 2.1  | 1.7  | 0.0168           | 0.0242          | 0.0295         | 12(=7+5)                                   |
| GRTKF1   | 3.6  | 1.4  | 3.0  | 2.6  | 0.0080           | 0.0138          | 0.0160         | 12(=7+5)                                   |
| GRTKK4   | 3.7  | 1.4  | 3.0  | 2.7  | 0.0177           | 0.0326          | 0.0371         | 13(=7+6)                                   |

Πίνακας Ε.1.1: Στατιστικά στοιχεία των διανυσμάτων των σημείων αποτύπωσης του γηπέδου με την τεχνική (Single Base) RTK.

Στατιστικά στοιχεία που αφορούν τον προσδιορισμό συντεταγμένων ταχυμετρικών σημείων με μεθόδους RTK

| Point ID | GDOP | HDOP | PDOP | VDOP | Hz. Ακρίβεια (m) | V. ακρίβεια (m) | 3D Quality (m) | Συνολικός Αριθμός δορυφόρων (=GPS+GLONASS) |
|----------|------|------|------|------|------------------|-----------------|----------------|--------------------------------------------|
| GQRS1    | 5.8  | 1.8  | 4.6  | 4.2  | 0.0091           | 0.0213          | 0.0231         | 12(=6+6)                                   |
| GQRS2    | 2.4  | 1.1  | 2.0  | 1.7  | 0.0084           | 0.0155          | 0.0176         | 13(=7+6)                                   |
| GQRS3    | 2.4  | 1.1  | 2.0  | 1.7  | 0.0109           | 0.0201          | 0.0229         | 13(=7+6)                                   |
| GQRS4    | 2.4  | 1.1  | 2.0  | 1.7  | 0.0083           | 0.0176          | 0.0194         | 13(=7+6)                                   |
| GQRS5    | 2.5  | 1.1  | 2.1  | 1.8  | 0.0134           | 0.0250          | 0.0284         | 13(=7+6)                                   |
| GQRS6    | 2.5  | 1.1  | 2.1  | 1.8  | 0.0113           | 0.0228          | 0.0255         | 13(=7+6)                                   |
| GQRS7    | 2.5  | 1.1  | 2.1  | 1.8  | 0.0111           | 0.0208          | 0.0236         | 13(=7+6)                                   |
| GQRS8    | 2.5  | 1.1  | 2.1  | 1.8  | 0.0122           | 0.0231          | 0.0261         | 13(=7+6)                                   |
| GQRS9    | 2.5  | 1.1  | 2.1  | 1.8  | 0.0113           | 0.0214          | 0.0242         | 12(=7+5)                                   |
| GQRS10   | 2.5  | 1.1  | 2.1  | 1.8  | 0.0103           | 0.0198          | 0.0223         | 13(=7+6)                                   |
| GQRS11   | 2.5  | 1.1  | 2.1  | 1.8  | 0.0073           | 0.0140          | 0.0158         | 13(=7+6)                                   |
| GQRS12   | 2.5  | 1.1  | 2.1  | 1.8  | 0.0116           | 0.0224          | 0.0252         | 12(=7+5)                                   |
| GQRS13   | 2.5  | 1.1  | 2.1  | 1.8  | 0.0075           | 0.0146          | 0.0164         | 12(=7+5)                                   |
| GQRS14   | 2.5  | 1.1  | 2.1  | 1.8  | 0.0080           | 0.0156          | 0.0175         | 12(=7+5)                                   |
| GQRS15   | 3.7  | 1.6  | 3.1  | 2.6  | 0.0139           | 0.0294          | 0.0325         | 11(=6+5)                                   |
| GQRS16   | 2.5  | 1.1  | 2.1  | 1.8  | 0.0104           | 0.0206          | 0.0230         | 12(=7+5)                                   |
| GQRS17   | 4.7  | 1.5  | 3.8  | 3.5  | 0.0109           | 0.0264          | 0.0286         | 11(=6+5)                                   |
| GQRS18   | 2.6  | 1.1  | 2.2  | 1.9  | 0.0092           | 0.0182          | 0.0204         | 13(=7+6)                                   |
| GQRS19   | 4.7  | 1.5  | 3.8  | 3.5  | 0.0199           | 0.0485          | 0.0525         | 11(=6+5)                                   |
| GQRS22   | 4.2  | 1.4  | 3.4  | 3.1  | 0.0221           | 0.0541          | 0.0584         | 12(=7+5)                                   |
| GQRS23   | 8.6  | 1.7  | 6.7  | 6.5  | 0.0224           | 0.0839          | 0.0868         | 11(=7+4)                                   |
| GQRS24   | 8.6  | 1.7  | 6.8  | 6.6  | 0.0141           | 0.0530          | 0.0549         | 10(=6+4)                                   |
| GQRS25   | 8.6  | 1.7  | 6.8  | 6.6  | 0.0216           | 0.0816          | 0.0844         | 10(=5+5)                                   |
| GQRSF1   | 7.6  | 1.7  | 6.2  | 6.9  | 0.0184           | 0.0835          | 0.8382         | 12(=7+5)                                   |
| GQRSF2   | 7.7  | 1.7  | 6.0  | 5.8  | 0.0115           | 0.0381          | 0.0398         | 10(=6+4)                                   |
| GQRSK1   | 7.3  | 1.7  | 5.8  | 5.5  | 0.0165           | 0.0517          | 0.0543         | 13(=7+6)                                   |
| GQRSK2   | 6.1  | 2.8  | 5.0  | 4.1  | 0.0342           | 0.0606          | 0.0696         | 12(=7+5)                                   |
| GQRSK3   | 4.8  | 1.6  | 3.9  | 3.6  | 0.0233           | 0.0586          | 0.0631         | 12(=7+5)                                   |
| GQRSK4   | 7.8  | 1.7  | 6.1  | 5.9  | 0.0190           | 0.0638          | 0.0665         | 12(=6+6)                                   |

Πίνακας Ε.1.2: Στατιστικά στοιχεία των διανυσμάτων των σημείων αποτύπωσης του γηπέδου με την τεχνική VRS RTK.

Ε.2: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΗΜΕΙΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ  
ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΓΙΑΝΝΙΩΤΙΚΟ ΣΑΛΟΝΙ

| Point Id | Easting (m) | Northing (m) | Orth, height (m) | HDOP | VDOP | PDOP | GDOP | 3D Quality (m) | Συνολικός Αριθμός δορυφόρων (=GPS+GLONASS) |
|----------|-------------|--------------|------------------|------|------|------|------|----------------|--------------------------------------------|
| RTK1     | 230017.529  | 4392257.325  | 488.047          | 1.2  | 2.2  | 2.5  | 2.9  | 0.0196         | 12(=7+5)                                   |
| RTK2     | 230018.215  | 4392257.478  | 487.765          | 1.2  | 2.2  | 2.5  | 2.9  | 0.0245         | 12(=7+5)                                   |
| RTK3     | 230018.852  | 4392257.652  | 487.497          | 1.2  | 2.2  | 2.5  | 2.9  | 0.0211         | 12(=7+5)                                   |
| RTK4     | 230019.487  | 4392257.814  | 487.191          | 1.2  | 2.2  | 2.5  | 2.9  | 0.0298         | 12(=7+5)                                   |
| RTK5     | 230020.126  | 4392258.111  | 486.889          | 1.2  | 2.2  | 2.5  | 2.9  | 0.025          | 11(=7+4)                                   |
| RTK6     | 230022.559  | 4392262.826  | 486.856          | 2.7  | 5.6  | 6.2  | 7.5  | 0.0331         | 10(=6+4)                                   |
| RTK7     | 230022.360  | 4392263.494  | 487.041          | 4.8  | 13.0 | 13.9 | 17.1 | 0.0624         | 9(=5+4)                                    |
| RTK8     | 230022.129  | 4392264.129  | 487.457          | 2.6  | 5.5  | 6.1  | 7.4  | 0.0371         | 11(=6+5)                                   |
| RTK9     | 230021.879  | 4392264.759  | 487.778          | 2.5  | 5.5  | 6    | 7.3  | 0.0399         | 10(=6+4)                                   |
| RTK10    | 230021.611  | 4392265.396  | 488.115          | 2.4  | 5.4  | 5.9  | 7.2  | 0.0041         | 10(=6+4)                                   |
| RTK11    | 230021.455  | 4392265.799  | 488.423          | 1.2  | 2.2  | 2.5  | 2.9  | 0.0226         | 11(=7+4)                                   |
| RTK13    | 230030.158  | 4392260.462  | 487.748          | 2.1  | 5.4  | 5.8  | 7.1  | 0.0356         | 10(=6+4)                                   |
| RTK14    | 230029.478  | 4392260.330  | 487.482          | 1.3  | 2.2  | 2.6  | 3.0  | 0.0376         | 11(=6+5)                                   |
| RTK16    | 230027.894  | 4392260.656  | 486.883          | 1.3  | 2.2  | 2.6  | 3.0  | 0.0286         | 12(=6+6)                                   |
| RTK17    | 230017.862  | 4392261.797  | 488.099          | 2.1  | 10.3 | 10.5 | 13.3 | 0.0299         | 8(=5+3)                                    |
| RTK18    | 230017.478  | 4392261.955  | 488.102          | 2.5  | 6.1  | 6.6  | 8.3  | 0.0338         | 7(=5+2)                                    |
| RTK19    | 230017.898  | 4392262.760  | 488.426          | 1.6  | 5.8  | 6    | 7.5  | 0.021          | 9(=6+3)                                    |
| RTK22    | 230028.424  | 4392264.342  | 488.235          | 1.4  | 2.2  | 2.6  | 3.1  | 0.0491         | 10(=6+4)                                   |
| RTK24    | 230023.889  | 4392258.893  | 486.598          | 1.4  | 2.3  | 2.7  | 3.2  | 0.0227         | 10(=6+4)                                   |

Πίνακας Ε.2.1: Στατιστικά στοιχεία των διανυσμάτων των σημείων αποτύπωσης του αμφιθεατρικού χώρου με την τεχνική (Single Base) RTK.

Στατιστικά στοιχεία που αφορούν τον προσδιορισμό συντεταγμένων ταχυμετρικών σημείων με μεθόδους RTK

Ε.3: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΗΜΕΙΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΓΙΑΝΝΙΩΤΙΚΟ ΣΑΛΟΝΙ

| Point Id | Easting (m) | Northing (m) | Orth. height (m) | HDOP | VDOP | PDOP | GDOP | 3D Quality (m) | Συνολικός Αριθμός δορυφόρων (=GPS+GLONASS) |
|----------|-------------|--------------|------------------|------|------|------|------|----------------|--------------------------------------------|
| RTK1     | 229953.180  | 4392212.325  | 485.636          | 1.4  | 1.9  | 2.4  | 2.8  | 0.0137         | 13(=7+6)                                   |
| RTK2     | 229940.834  | 4392205.814  | 485.405          | 1.4  | 1.8  | 2.3  | 2.7  | 0.0155         | 13(=7+6)                                   |
| RTK3     | 229940.557  | 4392216.391  | 485.619          | 1.4  | 1.8  | 2.3  | 2.7  | 0.0158         | 13(=7+6)                                   |
| RTK4     | 229950.581  | 4392219.451  | 485.611          | 1.4  | 1.8  | 2.3  | 2.7  | 0.0145         | 12(=7+5)                                   |
| IMAX1    | 229953.172  | 4392212.330  | 485.626          | 1.5  | 1.9  | 2.4  | 2.9  | 0.0126         | 14(=8+6)                                   |
| IMAX2    | 229940.833  | 4392205.820  | 485.380          | 1.5  | 2.0  | 2.5  | 3.0  | 0.0163         | 10(=6+4)                                   |
| IMAX3    | 229940.549  | 4392216.385  | 485.590          | 1.5  | 2.0  | 2.5  | 3.0  | 0.0152         | 10(=6+4)                                   |
| IMAX4    | 229950.584  | 4392219.455  | 485.585          | 1.5  | 2.0  | 2.5  | 3.0  | 0.0077         | 10(=7+3)                                   |
| VRS1     | 229953.177  | 4392212.316  | 485.626          | 1.5  | 1.9  | 2.4  | 2.8  | 0.0162         | 10(=6+4)                                   |
| VRS2     | 229940.829  | 4392205.813  | 485.360          | 1.5  | 1.9  | 2.4  | 2.9  | 0.0186         | 10(=6+4)                                   |
| VRS3     | 229940.548  | 4392216.382  | 485.582          | 1.5  | 1.9  | 2.4  | 2.9  | 0.0169         | 10(=6+4)                                   |
| VRS4     | 229950.582  | 4392219.451  | 485.603          | 1.5  | 1.9  | 2.4  | 2.8  | 0.0151         | 10(=7+3)                                   |

Πίνακας Ε.3.1: Στατιστικά στοιχεία των διανυσμάτων των σημείων αποτύπωσης της τεχνητής λίμνης με τις τεχνικές (Single Base) RTK, IMAX RTK και VRS RTK.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ  
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΓΗΠΕΔΟΥ ΤΕΝΝΙΣ  
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΜΕ GPS ΚΑΙ TOTAL STATION**

**ΣΤ.1: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ  
ΓΗΠΕΔΟΥ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟΥΣ SINGLE BASE RTK ΚΑΙ VRS RTK**

| ΜΕΘΟΔΟΣ: VRS RTK |             |              |                  | ΜΕΘΟΔΟΣ: Single Base RTK |             |              |                  |
|------------------|-------------|--------------|------------------|--------------------------|-------------|--------------|------------------|
| Point Id         | Easting (m) | Northing (m) | Orth. height (m) | Point Id                 | Easting (m) | Northing (m) | Orth. height (m) |
| GVR51            | 480313,031  | 4203309,460  | 166,117          | GRTK1                    | 480313,044  | 4203309,448  | 166,074          |
| GVR52            | 480312,164  | 4203308,479  | 166,070          | GRTK2                    | 480312,188  | 4203308,470  | 166,105          |
| GVR53            | 480308,473  | 4203304,387  | 166,020          | GRTK3                    | 480308,498  | 4203304,379  | 166,029          |
| GVR54            | 480304,761  | 4203300,291  | 165,954          | GRTK4                    | 480304,782  | 4203300,277  | 165,957          |
| GVR55            | 480303,882  | 4203299,301  | 165,959          | GRTK5                    | 480303,916  | 4203299,294  | 165,907          |
| GVR56            | 480308,123  | 4203312,079  | 166,082          | GRTK6                    | 480308,119  | 4203312,080  | 166,076          |
| GVR57            | 480304,429  | 4203307,987  | 166,030          | GRTK7                    | 480304,455  | 4203307,990  | 166,010          |
| GVR58            | 480300,763  | 4203303,914  | 165,988          | GRTK8                    | 480300,785  | 4203303,889  | 165,950          |
| GVR59            | 480303,891  | 4203317,157  | 166,061          | GRTK9                    | 480303,916  | 4203317,160  | 166,056          |
| GVR510           | 480299,591  | 4203312,422  | 166,043          | GRTK10                   | 480299,617  | 4203312,426  | 166,008          |
| GVR511           | 480295,249  | 4203307,510  | 165,977          | GRTK11                   | 480295,266  | 4203307,504  | 165,937          |
| GVR512           | 480291,246  | 4203312,458  | 165,983          | GRTK12                   | 480291,254  | 4203312,451  | 165,941          |
| GVR513           | 480295,015  | 4203316,655  | 166,040          | GRTK13                   | 480295,035  | 4203316,661  | 166,014          |
| GVR514           | 480298,595  | 4203320,639  | 166,084          | GRTK14                   | 480298,594  | 4203320,632  | 166,077          |
| GVR515           | 480295,474  | 4203325,269  | 166,028          | GRTK15                   | 480295,460  | 4203325,240  | 166,076          |
| GVR516           | 480294,586  | 4203324,267  | 166,094          | GRTK16                   | 480294,589  | 4203324,272  | 166,082          |
| GVR517           | 480291,005  | 4203320,323  | 166,039          | GRTK17                   | 480291,023  | 4203320,328  | 166,012          |
| GVR518           | 480287,175  | 4203316,069  | 165,988          | GRTK18                   | 480287,185  | 4203316,067  | 165,962          |
| GVR519           | 480286,297  | 4203315,080  | 166,046          | GRTK19                   | 480286,285  | 4203315,073  | 165,959          |
| GVR522           | 480318,486  | 4203307,375  | 166,121          |                          |             |              |                  |
| GVR523           | 480306,602  | 4203293,972  | 166,078          |                          |             |              |                  |
| GVR524           | 480280,835  | 4203317,156  | 165,918          |                          |             |              |                  |
| GVR525           | 480292,653  | 4203330,502  | 166,193          |                          |             |              |                  |
| GVR5F1           | 480311,036  | 4203313,667  | 166,171          | GRTKF1                   | 480311,031  | 4203313,690  | 166,076          |
| GVR5F2           | 480288,528  | 4203310,479  | 166,063          |                          |             |              |                  |
| GVR5K1           | 480311,686  | 4203312,759  | 165,976          |                          |             |              |                  |
| GVR5K2           | 480299,496  | 4203323,734  | 166,108          |                          |             |              |                  |
| GVR5K3           | 480288,080  | 4203310,837  | 165,991          |                          |             |              |                  |
| GVR5K4           | 480300,282  | 4203299,838  | 166,065          | GRTKK4                   | 480300,295  | 4203299,854  | 166,000          |

Πίνακας ΣΤ.1.1: Συντεταγμένες σημείων αποτύπωσης του γηπέδου, μετρημένων με VRS RTK και Single Base RTK σε σύστημα ΕΓΣΑ'87.

Σύγκριση συντεταγμένων χαρακτηριστικών σημείων γηπέδου τέννις προσδιορισμένες με GPS και Total Station

---

| Point Id | $\Delta X$ (m) | $\Delta Y$ (m) | $\Delta H$ (m) |
|----------|----------------|----------------|----------------|
| 1        | -0.013         | 0.012          | 0.043          |
| 2        | -0.023         | 0.009          | -0.035         |
| 3        | -0.025         | 0.008          | -0.008         |
| 4        | -0.021         | 0.014          | -0.003         |
| 5        | -0.034         | 0.007          | 0.052          |
| 6        | 0.004          | 0.000          | 0.006          |
| 7        | -0.026         | -0.003         | 0.020          |
| 8        | -0.022         | 0.026          | 0.038          |
| 9        | -0.025         | -0.003         | 0.005          |
| 10       | -0.025         | -0.004         | 0.035          |
| 11       | -0.017         | 0.007          | 0.039          |
| 12       | -0.008         | 0.007          | 0.042          |
| 13       | -0.020         | -0.006         | 0.026          |
| 14       | 0.000          | 0.006          | 0.007          |
| 15       | 0.013          | 0.030          | -0.047         |
| 16       | -0.018         | -0.006         | 0.013          |
| 17       | -0.018         | -0.005         | 0.027          |
| 18       | -0.011         | 0.001          | 0.027          |
| 19       | 0.012          | 0.008          | 0.086          |
| F1       | 0.006          | -0.023         | 0.095          |
| K4       | -0.013         | -0.015         | 0.065          |

Πίνακας ΣΤ.1.2: Διαφορές συντεταγμένων των σημείων του γηπέδου τέννις που αποτυπώθηκαν με τις μεθόδους VRS RTK και Single Base RTK.

| RMS( $\Delta X$ )<br>(m) | RMS( $\Delta Y$ )<br>(m) | RMS( $\Delta H$ )<br>(m) |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 0.0198                   | 0.0114                   | 0.0306                   |

Πίνακας ΣΤ.1.3: RMS διαφορών συντεταγμένων των σημείων του γηπέδου τέννις που αποτυπώθηκαν με τις μεθόδους VRS RTK και Single Base RTK.

ΣΤ.2: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΜΕ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (ΣΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΜΕ ΕΠΙΛΥΣΗ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ) ΚΑΙ SINGLE BASE RTK

| STATIC + TOTAL STATION |             |              |                  | Single Base RTK |             |              |                  |
|------------------------|-------------|--------------|------------------|-----------------|-------------|--------------|------------------|
| Point Id               | Easting (m) | Northing (m) | Orth, height (m) | Point Id        | Easting (m) | Northing (m) | Orth, height (m) |
| G1                     | 480313,042  | 4203309,468  | 166,046          | GRTK1           | 480313,044  | 4203309,448  | 166,074          |
| G2                     | 480303,889  | 4203299,230  | 165,941          | GRTK5           | 480303,916  | 4203299,294  | 165,907          |
|                        |             |              |                  |                 |             |              |                  |
| 4                      | 480304,776  | 4203300,288  | 165,910          | GRTK4           | 480304,782  | 4203300,277  | 165,957          |
| 3                      | 480308,492  | 4203304,389  | 165,970          | GRTK3           | 480308,498  | 4203304,379  | 166,029          |
| 6                      | 480308,128  | 4203312,088  | 166,020          | GRTK6           | 480308,119  | 4203312,080  | 166,076          |
| 9                      | 480303,909  | 4203317,168  | 166,010          | GRTK9           | 480303,916  | 4203317,160  | 166,056          |
| 19                     | 480286,315  | 4203315,101  | 165,910          | GRTK19          | 480286,285  | 4203315,073  | 165,959          |
| 12                     | 480291,273  | 4203312,470  | 165,910          | GRTK12          | 480291,254  | 4203312,451  | 165,941          |
| 13                     | 480295,043  | 4203316,669  | 165,960          | GRTK13          | 480295,035  | 4203316,661  | 166,014          |
| 10                     | 480299,613  | 4203312,437  | 165,970          | GRTK10          | 480299,617  | 4203312,426  | 166,008          |
| 11                     | 480295,266  | 4203307,527  | 165,900          | GRTK11          | 480295,266  | 4203307,504  | 165,937          |
| 14                     | 480298,608  | 4203320,636  | 166,030          | GRTK14          | 480298,594  | 4203320,632  | 166,077          |
| 15                     | 480295,486  | 4203325,254  | 166,030          | GRTK15          | 480295,460  | 4203325,240  | 166,076          |
| 16                     | 480294,608  | 4203324,281  | 166,020          | GRTK16          | 480294,589  | 4203324,272  | 166,082          |
| 17                     | 480291,036  | 4203320,336  | 165,970          | GRTK17          | 480291,023  | 4203320,328  | 166,012          |
| 18                     | 480287,198  | 4203316,086  | 165,920          | GRTK18          | 480287,185  | 4203316,067  | 165,962          |
| 7                      | 480304,441  | 4203307,994  | 165,960          | GRTK7           | 480304,455  | 4203307,990  | 166,010          |
| 8                      | 480300,771  | 4203303,908  | 165,910          | GRTK8           | 480300,785  | 4203303,889  | 165,950          |
| K1                     | 480311,682  | 4203312,752  | 166,100          |                 |             |              |                  |
| Φ1                     | 480311,060  | 4203313,678  | 166,040          | GRTKF1          | 480311,031  | 4203313,690  | 166,076          |
| K2                     | 480299,478  | 4203323,738  | 166,120          |                 |             |              |                  |
| K3                     | 480288,088  | 4203310,858  | 165,960          |                 |             |              |                  |
| Φ2                     | 480288,547  | 4203310,529  | 165,910          |                 |             |              |                  |
| K4                     | 480300,302  | 4203299,878  | 165,950          | GRTKK4          | 480300,295  | 4203299,854  | 166,000          |
| Φ3                     | 480300,670  | 4203299,565  | 165,910          |                 |             |              |                  |
| 22                     | 480318,498  | 4203307,347  | 166,080          |                 |             |              |                  |
| 24                     | 480280,865  | 4203317,205  | 165,960          |                 |             |              |                  |
| 25                     | 480292,712  | 4203330,546  | 166,080          |                 |             |              |                  |
| 23                     | 480306,621  | 4203293,946  | 165,950          |                 |             |              |                  |
|                        |             |              |                  | GRTK2           | 480312,188  | 4203308,470  | 166,105          |

Πίνακας ΣΤ.2.1: Συντεταγμένες σημείων μετρημένων με total station (και κορυφές με στατικό εντοπισμό) και Single Base RTK.

Σύγκριση συντεταγμένων χαρακτηριστικών σημείων γηπέδου τέννις προσδιορισμένες με GPS και Total Station

| Point Id | $\Delta X$ (m) | $\Delta Y$ (m) | $\Delta H$ (m) |
|----------|----------------|----------------|----------------|
| G1-GRTK1 | -0.001         | 0.020          | -0.028         |
| G2-GRTK5 | -0.028         | 0.006          | 0.034          |
|          |                |                |                |
| 4        | -0.007         | 0.011          | -0.047         |
| 3        | -0.005         | 0.010          | -0.059         |
| 6        | 0.009          | 0.008          | -0.056         |
| 9        | -0.007         | 0.008          | -0.046         |
| 19       | 0.030          | 0.029          | -0.049         |
| 12       | 0.019          | 0.020          | -0.031         |
| 13       | 0.008          | 0.007          | -0.054         |
| 10       | -0.003         | 0.011          | -0.038         |
| 11       | 0.000          | 0.024          | -0.037         |
| 14       | 0.013          | 0.003          | -0.047         |
| 15       | 0.026          | 0.014          | -0.046         |
| 16       | 0.019          | 0.008          | -0.062         |
| 17       | 0.014          | 0.008          | -0.042         |
| 18       | 0.013          | 0.019          | -0.042         |
| 7        | -0.013         | 0.004          | -0.050         |
| 8        | -0.014         | 0.019          | -0.040         |
| Φ1       | 0.029          | 0.012          | -0.036         |
| K4       | 0.007          | 0.025          | -0.050         |

Πίνακας ΣΤ.2.2: Διαφορές συντεταγμένων των σημείων του γηπέδου τέννις που αποτυπώθηκαν με total station (και κορυφές με στατικό εντοπισμό) και Single Base RTK.

| RMS( $\Delta X$ )<br>(m) | RMS( $\Delta Y$ )<br>(m) | RMS( $\Delta H$ )<br>(m) |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 0.0164                   | 0.0155                   | 0.0466                   |

Πίνακας ΣΤ.2.3: RMS διαφορών συντεταγμένων των σημείων του γηπέδου τέννις που αποτυπώθηκαν με total station (και κορυφές με στατικό εντοπισμό) και Single Base RTK.



ΣΤ.3: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΜΕ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (ΣΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΜΕ ΕΠΙΛΥΣΗ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ) ΚΑΙ VRS RTK

| Point Id | Easting (m) | Northing (m) | Orth, height (m) | Point Id | Easting (m) | Northing (m) | Orth, height (m) |
|----------|-------------|--------------|------------------|----------|-------------|--------------|------------------|
| G1       | 480313,042  | 4203309,468  | 166,046          | GVR51    | 480313.031  | 4203309.460  | 166.117          |
| G2       | 480303,889  | 4203299,230  | 165,941          | GVR55    | 480303.882  | 4203299.301  | 165.959          |
|          |             |              |                  |          |             |              |                  |
| 4        | 480304,776  | 4203300,288  | 165,910          | GVR54    | 480304.761  | 4203300.290  | 165.954          |
| 3        | 480308,492  | 4203304,389  | 165,970          | GVR53    | 480308.473  | 4203304.387  | 166.020          |
| 6        | 480308,128  | 4203312,088  | 166,020          | GVR56    | 480308.123  | 4203312.079  | 166.082          |
| 9        | 480303,909  | 4203317,168  | 166,010          | GVR59    | 480303.890  | 4203317.157  | 166.061          |
| 19       | 480286,315  | 4203315,101  | 165,910          | GVR519   | 480286.297  | 4203315.080  | 166.046          |
| 12       | 480291,273  | 4203312,470  | 165,910          | GVR512   | 480291.246  | 4203312.458  | 165.983          |
| 13       | 480295,043  | 4203316,669  | 165,960          | GVR513   | 480295.015  | 4203316.655  | 166.040          |
| 10       | 480299,613  | 4203312,437  | 165,970          | GVR510   | 480299.591  | 4203312.422  | 166.043          |
| 11       | 480295,266  | 4203307,527  | 165,900          | GVR511   | 480295.249  | 4203307.510  | 165.977          |
| 14       | 480298,608  | 4203320,636  | 166,030          | GVR514   | 480298.595  | 4203320.639  | 166.084          |
| 15       | 480295,486  | 4203325,254  | 166,030          | GVR515   | 480295.474  | 4203325.269  | 166.028          |
| 16       | 480294,608  | 4203324,281  | 166,020          | GVR516   | 480294.586  | 4203324.267  | 166.094          |
| 17       | 480291,036  | 4203320,336  | 165,970          | GVR517   | 480291.005  | 4203320.323  | 166.039          |
| 18       | 480287,198  | 4203316,086  | 165,920          | GVR518   | 480287.175  | 4203316.069  | 165.988          |
| 7        | 480304,441  | 4203307,994  | 165,960          | GVR57    | 480304.429  | 4203307.987  | 166.030          |
| 8        | 480300,771  | 4203303,908  | 165,910          | GVR58    | 480300.763  | 4203303.914  | 165.988          |
| K1       | 480311,682  | 4203312,752  | 166,100          | GVR5K1   | 480311.686  | 4203312.759  | 165.976          |
| Φ1       | 480311,060  | 4203313,678  | 166,040          | GVR5F1   | 480311.036  | 4203313.667  | 166.171          |
| K2       | 480299,478  | 4203323,738  | 166,120          | GVR5K2   | 480299.496  | 4203323.734  | 166.108          |
| K3       | 480288,088  | 4203310,858  | 165,960          | GVR5K3   | 480288.080  | 4203310.837  | 165.991          |
| Φ2       | 480288,547  | 4203310,529  | 165,910          | GVR5F2   | 480288.528  | 4203310.479  | 166.063          |
| K4       | 480300,302  | 4203299,878  | 165,950          | GVR5K4   | 480300.282  | 4203299.838  | 166.065          |
| Φ3       | 480300,670  | 4203299,565  | 165,910          |          |             |              |                  |
| 22       | 480318,498  | 4203307,347  | 166,080          | GVR522   | 480318.486  | 4203307.375  | 166.121          |
| 24       | 480280,865  | 4203317,205  | 165,960          | GVR524   | 480280.835  | 4203317.156  | 165.918          |
| 25       | 480292,712  | 4203330,546  | 166,080          | GVR525   | 480292.653  | 4203330.502  | 166.193          |
| 23       | 480306,621  | 4203293,946  | 165,950          | GVR523   | 480306.602  | 4203293.972  | 166.078          |
|          |             |              |                  | GVR52    | 480312.164  | 4203308.479  | 166.070          |

Πίνακας ΣΤ.3.1: Συντεταγμένες σημείων μετρημένων με total station (και κορυφές με στατικό εντοπισμό) και VRS RTK.

Σύγκριση συντεταγμένων χαρακτηριστικών σημείων γηπέδου τέννις προσδιορισμένες με GPS και Total Station

| Point Id | $\Delta X$ (m) | $\Delta Y$ (m) | $\Delta H$ (m) |
|----------|----------------|----------------|----------------|
| G1-GVRS1 | 0.012          | 0.008          | -0.071         |
| G2-GVRS5 | 0.007          | -0.001         | -0.018         |
|          |                |                |                |
| 4        | 0.014          | -0.003         | -0.044         |
| 3        | 0.019          | 0.003          | -0.050         |
| 6        | 0.005          | 0.005          | -0.062         |
| 9        | 0.019          | 0.019          | -0.051         |
| 19       | 0.018          | 0.021          | -0.136         |
| 12       | 0.027          | 0.013          | -0.073         |
| 13       | 0.028          | 0.013          | -0.080         |
| 10       | 0.022          | 0.015          | -0.073         |
| 11       | 0.017          | 0.017          | -0.077         |
| 14       | 0.013          | -0.003         | -0.054         |
| 15       | 0.013          | -0.015         | 0.002          |
| 16       | 0.022          | 0.014          | -0.074         |
| 17       | 0.031          | 0.013          | -0.069         |
| 18       | 0.023          | 0.017          | -0.068         |
| 7        | 0.013          | 0.007          | -0.070         |
| 8        | 0.008          | -0.007         | -0.078         |
| K1       | -0.004         | -0.007         | 0.124          |
| F1       | 0.023          | 0.004          | -0.131         |
| K2       | -0.017         | 0.021          | 0.012          |
| K3       | 0.008          | 0.021          | -0.031         |
| F2       | 0.019          | 0.050          | -0.153         |
| K4       | 0.019          | 0.040          | -0.115         |
|          |                |                |                |
| 22       | 0.012          | -0.028         | -0.041         |
| 24       | 0.030          | 0.049          | 0.042          |
| 25       | 0.059          | 0.045          | -0.113         |
| 23       | 0.018          | -0.026         | -0.128         |

Πίνακας ΣΤ.3.2: Διαφορές συντεταγμένων των σημείων του γηπέδου τέννις που αποτυπώθηκαν με total station (και κορυφές με στατικό εντοπισμό) και VRS RTK.

| RMS( $\Delta X$ )<br>(m) | RMS( $\Delta Y$ )<br>(m) | RMS( $\Delta H$ )<br>(m) |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 0.0218                   | 0.0225                   | 0.0837                   |

Πίνακας ΣΤ.3.3: RMS διαφορών συντεταγμένων των σημείων του γηπέδου τέννις που αποτυπώθηκαν με total station (και κορυφές με στατικό εντοπισμό) και VRS RTK.

ΣΤ.4: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΜΕ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (ΣΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟ SINGLE BASE RTK) ΚΑΙ SINGLE BASE RTK

| Single Base RTK + TOTAL STATION |             |              |                  | Single Base RTK |             |              |                  |
|---------------------------------|-------------|--------------|------------------|-----------------|-------------|--------------|------------------|
| Point Id                        | Easting (m) | Northing (m) | Orth, height (m) | Point Id        | Easting (m) | Northing (m) | Orth, height (m) |
| GRTK1                           | 480313,044  | 4203309,448  | 166,074          | GRTK1           | 480313,044  | 4203309,448  | 166,074          |
| GRTK5                           | 480303,916  | 4203299,294  | 165,907          | GRTK5           | 480303,916  | 4203299,294  | 165,907          |
|                                 |             |              |                  |                 |             |              |                  |
| 4                               | 480304.784  | 4203300.262  | 165.940          | GRTK4           | 480304,782  | 4203300,277  | 165,957          |
| 3                               | 480308.497  | 4203304.366  | 166.000          | GRTK3           | 480308,498  | 4203304,379  | 166,029          |
| 6                               | 480308.128  | 4203312.064  | 166.050          | GRTK6           | 480308,119  | 4203312,080  | 166,076          |
| 9                               | 480303.905  | 4203317.142  | 166.040          | GRTK9           | 480303,916  | 4203317,160  | 166,056          |
| 19                              | 480286.313  | 4203315.062  | 165.940          | GRTK19          | 480286,285  | 4203315,073  | 165,959          |
| 12                              | 480291.272  | 4203312.434  | 165.930          | GRTK12          | 480291,254  | 4203312,451  | 165,941          |
| 13                              | 480295.039  | 4203316.635  | 165.990          | GRTK13          | 480295,035  | 4203316,661  | 166,014          |
| 10                              | 480299.612  | 4203312.407  | 165.990          | GRTK10          | 480299,617  | 4203312,426  | 166,008          |
| 11                              | 480295.269  | 4203307.494  | 165.930          | GRTK11          | 480295,266  | 4203307,504  | 165,937          |
| 14                              | 480298.601  | 4203320.605  | 166.060          | GRTK14          | 480298,594  | 4203320,632  | 166,077          |
| 15                              | 480295.476  | 4203325.221  | 166.060          | GRTK15          | 480295,460  | 4203325,240  | 166,076          |
| 16                              | 480294.598  | 4203324.247  | 166.050          | GRTK16          | 480294,589  | 4203324,272  | 166,082          |
| 17                              | 480291.030  | 4203320.300  | 165.990          | GRTK17          | 480291,023  | 4203320,328  | 166,012          |
| 18                              | 480287.194  | 4203316.047  | 165.950          | GRTK18          | 480287,185  | 4203316,067  | 165,962          |
| 7                               | 480304.444  | 4203307.968  | 165.990          | GRTK7           | 480304,455  | 4203307,990  | 166,010          |
| 8                               | 480300.776  | 4203303.878  | 165.940          | GRTK8           | 480300,785  | 4203303,889  | 165,950          |
| K1                              | 480311.681  | 4203312.731  | 166.130          |                 |             |              |                  |
| Φ1                              | 480311.058  | 4203313.656  | 166.070          | GRTKF1          | 480311,031  | 4203313,690  | 166,076          |
| K2                              | 480299.469  | 4203323.708  | 166.150          |                 |             |              |                  |
| K3                              | 480288.088  | 4203310.819  | 165.990          |                 |             |              |                  |
| Φ2                              | 480288.548  | 4203310.490  | 165.940          |                 |             |              |                  |
| K4                              | 480300.310  | 4203299.849  | 165.980          | GRTKK4          | 480300,295  | 4203299,854  | 166,000          |
| Φ3                              | 480300.708  | 4203299.536  | 165.930          |                 |             |              |                  |
| 22                              | 480318.501  | 4203307.331  | 166.110          |                 |             |              |                  |
| 24                              | 480280.860  | 4203317.161  | 165.990          |                 |             |              |                  |
| 25                              | 480292.698  | 4203330.511  | 166.110          |                 |             |              |                  |
| 23                              | 480306.633  | 4203293.921  | 165.980          |                 |             |              |                  |
|                                 |             |              |                  | GRTK2           | 480312,188  | 4203308,470  | 166,105          |

Πίνακας ΣΤ.4.1: Συντεταγμένες σημείων μετρημένων με total station (και κορυφές με Single Base RTK) και Single Base RTK.

| Point Id | $\Delta X$ (m) | $\Delta Y$ (m) | $\Delta H$ (m) |
|----------|----------------|----------------|----------------|
| GRTK1    | 0.000          | 0.000          | 0.000          |
| GRTK5    | 0.000          | 0.000          | 0.000          |
|          |                |                |                |
| 4        | 0.001          | -0.015         | -0.017         |
| 3        | 0.000          | -0.013         | -0.029         |
| 6        | 0.009          | -0.016         | -0.026         |
| 9        | -0.011         | -0.018         | -0.016         |
| 19       | 0.027          | -0.011         | -0.019         |
| 12       | 0.018          | -0.016         | -0.011         |
| 13       | 0.004          | -0.026         | -0.024         |
| 10       | -0.004         | -0.019         | -0.018         |
| 11       | 0.003          | -0.010         | -0.007         |
| 14       | 0.006          | -0.027         | -0.017         |
| 15       | 0.016          | -0.019         | -0.016         |
| 16       | 0.009          | -0.025         | -0.032         |
| 17       | 0.007          | -0.029         | -0.022         |
| 18       | 0.009          | -0.021         | -0.012         |
| 7        | -0.011         | -0.023         | -0.020         |
| 8        | -0.008         | -0.010         | -0.010         |
| Φ1       | 0.027          | -0.034         | -0.006         |
| Κ4       | 0.015          | -0.005         | -0.020         |

Πίνακας ΣΤ.4.2: Διαφορές συντεταγμένων των σημείων του γηπέδου τέννις που αποτυπώθηκαν με total station (και κορυφές με Single Base RTK) και Single Base RTK.

| RMS( $\Delta X$ )<br>(m) | RMS( $\Delta Y$ )<br>(m) | RMS( $\Delta H$ )<br>(m) |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 0.0125                   | 0.0196                   | 0.0186                   |

Πίνακας ΣΤ.4.3: RMS διαφορών συντεταγμένων των σημείων του γηπέδου τέννις που αποτυπώθηκαν με total station (και κορυφές με Single Base RTK) και Single Base RTK.

ΣΤ.5: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΜΕ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (ΣΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟ SINGLE BASE RTK) ΚΑΙ VRS RTK

| Single Base RTK + TOTAL STATION |             |              |                  | VRS RTK  |             |              |                  |
|---------------------------------|-------------|--------------|------------------|----------|-------------|--------------|------------------|
| Point Id                        | Easting (m) | Northing (m) | Orth, height (m) | Point Id | Easting (m) | Northing (m) | Orth, height (m) |
| GRTK1                           | 480313.044  | 4203309.448  | 166.074          | GVR51    | 480313.031  | 4203309.460  | 166.117          |
| GRTK5                           | 480303.916  | 4203299.294  | 165.907          | GVR55    | 480303.882  | 4203299.301  | 165.959          |
|                                 |             |              |                  |          |             |              |                  |
| 4                               | 480304.784  | 4203300.262  | 165.940          | GVR54    | 480304.761  | 4203300.290  | 165.954          |
| 3                               | 480308.497  | 4203304.366  | 166.000          | GVR53    | 480308.473  | 4203304.387  | 166.020          |
| 6                               | 480308.128  | 4203312.064  | 166.050          | GVR56    | 480308.123  | 4203312.079  | 166.082          |
| 9                               | 480303.905  | 4203317.142  | 166.040          | GVR59    | 480303.890  | 4203317.157  | 166.061          |
| 19                              | 480286.313  | 4203315.062  | 165.940          | GVR519   | 480286.297  | 4203315.080  | 166.046          |
| 12                              | 480291.272  | 4203312.434  | 165.930          | GVR512   | 480291.246  | 4203312.458  | 165.983          |
| 13                              | 480295.039  | 4203316.635  | 165.990          | GVR513   | 480295.015  | 4203316.655  | 166.040          |
| 10                              | 480299.612  | 4203312.407  | 165.990          | GVR510   | 480299.591  | 4203312.422  | 166.043          |
| 11                              | 480295.269  | 4203307.494  | 165.930          | GVR511   | 480295.249  | 4203307.510  | 165.977          |
| 14                              | 480298.601  | 4203320.605  | 166.060          | GVR514   | 480298.595  | 4203320.639  | 166.084          |
| 15                              | 480295.476  | 4203325.221  | 166.060          | GVR515   | 480295.474  | 4203325.269  | 166.028          |
| 16                              | 480294.598  | 4203324.247  | 166.050          | GVR516   | 480294.586  | 4203324.267  | 166.094          |
| 17                              | 480291.030  | 4203320.300  | 165.990          | GVR517   | 480291.005  | 4203320.323  | 166.039          |
| 18                              | 480287.194  | 4203316.047  | 165.950          | GVR518   | 480287.175  | 4203316.069  | 165.988          |
| 7                               | 480304.444  | 4203307.968  | 165.990          | GVR57    | 480304.429  | 4203307.987  | 166.030          |
| 8                               | 480300.776  | 4203303.878  | 165.940          | GVR58    | 480300.763  | 4203303.914  | 165.988          |
| K1                              | 480311.681  | 4203312.731  | 166.130          | GVR5K1   | 480311.686  | 4203312.759  | 165.976          |
| Φ1                              | 480311.058  | 4203313.656  | 166.070          | GVR5F1   | 480311.036  | 4203313.667  | 166.171          |
| K2                              | 480299.469  | 4203323.708  | 166.150          | GVR5K2   | 480299.496  | 4203323.734  | 166.108          |
| K3                              | 480288.088  | 4203310.819  | 165.990          | GVR5K3   | 480288.080  | 4203310.837  | 165.991          |
| Φ2                              | 480288.548  | 4203310.490  | 165.940          | GVR5F2   | 480288.528  | 4203310.479  | 166.063          |
| K4                              | 480300.310  | 4203299.849  | 165.980          | GVR5K4   | 480300.282  | 4203299.838  | 166.065          |
| Φ3                              | 480300.708  | 4203299.536  | 165.930          |          |             |              |                  |
| 22                              | 480318.501  | 4203307.331  | 166.110          | GVR522   | 480318.486  | 4203307.375  | 166.121          |
| 24                              | 480280.860  | 4203317.161  | 165.990          | GVR524   | 480280.835  | 4203317.156  | 165.918          |
| 25                              | 480292.698  | 4203330.511  | 166.110          | GVR525   | 480292.653  | 4203330.502  | 166.193          |
| 23                              | 480306.633  | 4203293.921  | 165.980          | GVR523   | 480306.602  | 4203293.972  | 166.078          |
|                                 |             |              |                  | GVR52    | 480312.164  | 4203308.479  | 166.070          |

Πίνακας ΣΤ.5.1: Συντεταγμένες σημείων μετρημένων με total station (και κορυφές με Single Base RTK) και VRS RTK.

Σύγκριση συντεταγμένων χαρακτηριστικών σημείων γηπέδου τέννις προσδιορισμένες με GPS και Total Station

| Point Id | $\Delta X$ (m) | $\Delta Y$ (m) | $\Delta H$ (m) |
|----------|----------------|----------------|----------------|
| GRTK1    | 0.013          | -0.012         | -0.043         |
| GRTK5    | 0.034          | -0.007         | -0.052         |
|          |                |                |                |
| 4        | 0.022          | -0.029         | -0.014         |
| 3        | 0.024          | -0.021         | -0.020         |
| 6        | 0.005          | -0.016         | -0.032         |
| 9        | 0.014          | -0.015         | -0.021         |
| 19       | 0.015          | -0.019         | -0.106         |
| 12       | 0.026          | -0.024         | -0.053         |
| 13       | 0.024          | -0.020         | -0.050         |
| 10       | 0.021          | -0.015         | -0.053         |
| 11       | 0.020          | -0.016         | -0.047         |
| 14       | 0.006          | -0.034         | -0.024         |
| 15       | 0.002          | -0.048         | 0.032          |
| 16       | 0.013          | -0.020         | -0.044         |
| 17       | 0.025          | -0.023         | -0.048         |
| 18       | 0.020          | -0.022         | -0.038         |
| 7        | 0.015          | -0.019         | -0.040         |
| 8        | 0.013          | -0.036         | -0.048         |
| K1       | -0.005         | -0.028         | 0.154          |
| Φ1       | 0.021          | -0.010         | -0.101         |
| K2       | -0.027         | -0.026         | 0.042          |
| K3       | 0.009          | -0.018         | -0.001         |
| Φ2       | 0.019          | 0.011          | -0.123         |
| K4       | 0.028          | 0.010          | -0.085         |
| 22       | 0.015          | -0.044         | -0.011         |
| 24       | 0.026          | 0.005          | 0.072          |
| 25       | 0.045          | 0.009          | -0.083         |
| 23       | 0.031          | -0.051         | -0.098         |

Πίνακας ΣΤ.5.2: Διαφορές συντεταγμένων των σημείων του γηπέδου τέννις που αποτυπώθηκαν με total station (και κορυφές με Single Base RTK) και VRS RTK.

| RMS( $\Delta X$ )<br>(m) | RMS( $\Delta Y$ )<br>(m) | RMS( $\Delta H$ )<br>(m) |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 0.0218                   | 0.0252                   | 0.06                     |

Πίνακας ΣΤ.5.3: RMS διαφορών συντεταγμένων των σημείων του γηπέδου τέννις που αποτυπώθηκαν με total station (και κορυφές με Single Base RTK) και VRS RTK.

ΣΤ.6: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΜΕ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (ΣΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟ VRS RTK) ΚΑΙ VRS RTK

| VRS RTK + TOTAL STATION |             |              |                  | VRS RTK  |             |              |                  |
|-------------------------|-------------|--------------|------------------|----------|-------------|--------------|------------------|
| Point Id                | Easting (m) | Northing (m) | Orth, height (m) | Point Id | Easting (m) | Northing (m) | Orth, height (m) |
| GVR51                   | 480313.031  | 4203309.460  | 166.117          | GVR51    | 480313.031  | 4203309.460  | 166.117          |
| GVR55                   | 480303.882  | 4203299.301  | 165.959          | GVR55    | 480303.882  | 4203299.301  | 165.959          |
|                         |             |              |                  |          |             |              |                  |
| 4                       | 480304.762  | 4203300.281  | 165.981          | GVR54    | 480304.761  | 4203300.290  | 165.954          |
| 3                       | 480308.480  | 4203304.382  | 166.039          | GVR53    | 480308.473  | 4203304.387  | 166.020          |
| 6                       | 480308.117  | 4203312.080  | 166.093          | GVR56    | 480308.123  | 4203312.079  | 166.082          |
| 9                       | 480303.899  | 4203317.162  | 166.085          | GVR59    | 480303.890  | 4203317.157  | 166.061          |
| 19                      | 480286.305  | 4203315.098  | 165.979          | GVR519   | 480286.297  | 4203315.080  | 166.046          |
| 12                      | 480291.262  | 4203312.466  | 165.977          | GVR512   | 480291.246  | 4203312.458  | 165.983          |
| 13                      | 480295.032  | 4203316.664  | 166.032          | GVR513   | 480295.015  | 4203316.655  | 166.040          |
| 10                      | 480299.602  | 4203312.431  | 166.038          | GVR510   | 480299.591  | 4203312.422  | 166.043          |
| 11                      | 480295.254  | 4203307.522  | 165.972          | GVR511   | 480295.249  | 4203307.510  | 165.977          |
| 14                      | 480298.598  | 4203320.630  | 166.099          | GVR514   | 480298.595  | 4203320.639  | 166.084          |
| 15                      | 480295.477  | 4203325.249  | 166.099          | GVR515   | 480295.474  | 4203325.269  | 166.028          |
| 16                      | 480294.599  | 4203324.276  | 166.090          | GVR516   | 480294.586  | 4203324.267  | 166.094          |
| 17                      | 480291.027  | 4203320.332  | 166.037          | GVR517   | 480291.005  | 4203320.323  | 166.039          |
| 18                      | 480287.187  | 4203316.082  | 165.992          | GVR518   | 480287.175  | 4203316.069  | 165.988          |
| 7                       | 480304.430  | 4203307.988  | 166.030          | GVR57    | 480304.429  | 4203307.987  | 166.030          |
| 8                       | 480300.758  | 4203303.902  | 165.985          | GVR58    | 480300.763  | 4203303.914  | 165.988          |
| K1                      | 480311.671  | 4203312.744  | 166.174          | GVR5K1   | 480311.686  | 4203312.759  | 165.976          |
| Φ1                      | 480311.049  | 4203313.670  | 166.115          | GVR5F1   | 480311.036  | 4203313.667  | 166.171          |
| K2                      | 480299.469  | 4203323.733  | 166.190          | GVR5K2   | 480299.496  | 4203323.734  | 166.108          |
| K3                      | 480288.077  | 4203310.854  | 166.032          | GVR5K3   | 480288.080  | 4203310.837  | 165.991          |
| Φ2                      | 480288.536  | 4203310.525  | 165.984          | GVR5F2   | 480288.528  | 4203310.479  | 166.063          |
| K4                      | 480300.289  | 4203299.872  | 166.020          | GVR5K4   | 480300.282  | 4203299.838  | 166.065          |
| Φ3                      | 480300.686  | 4203299.559  | 165.977          |          |             |              |                  |
| 22                      | 480318.486  | 4203307.338  | 166.156          | GVR522   | 480318.486  | 4203307.375  | 166.121          |
| 24                      | 480280.854  | 4203317.202  | 166.035          | GVR524   | 480280.835  | 4203317.156  | 165.918          |
| 25                      | 480292.704  | 4203330.542  | 166.155          | GVR525   | 480292.653  | 4203330.502  | 166.193          |
| 23                      | 480306.606  | 4203293.939  | 166.020          | GVR523   | 480306.602  | 4203293.972  | 166.078          |
|                         |             |              |                  | GVR52    | 480312.164  | 4203308.479  | 166.070          |

Πίνακας ΣΤ.6.1: Συντεταγμένες σημείων μετρημένων με total station (και κορυφές με VRS RTK) και VRS RTK.

| Point Id | $\Delta X$ (m) | $\Delta Y$ (m) | $\Delta H$ (m) |
|----------|----------------|----------------|----------------|
| GVR51    | 0.000          | 0.000          | 0.000          |
| GVR55    | 0.000          | 0.000          | 0.000          |
|          |                |                |                |
| 4        | 0.001          | 0.010          | 0.027          |
| 3        | 0.007          | 0.005          | 0.019          |
| 6        | 0.006          | 0.001          | 0.011          |
| 9        | 0.008          | 0.005          | 0.024          |
| 19       | 0.008          | 0.018          | 0.066          |
| 12       | 0.016          | 0.008          | 0.006          |
| 13       | 0.018          | 0.008          | 0.008          |
| 10       | 0.011          | 0.009          | 0.005          |
| 11       | 0.005          | 0.012          | 0.005          |
| 14       | 0.003          | 0.009          | 0.015          |
| 15       | 0.004          | 0.020          | 0.071          |
| 16       | 0.013          | 0.009          | 0.004          |
| 17       | 0.022          | 0.009          | 0.001          |
| 18       | 0.013          | 0.014          | 0.004          |
| 7        | 0.001          | 0.001          | 0.000          |
| 8        | 0.005          | 0.013          | 0.003          |
| K1       | 0.015          | 0.015          | 0.198          |
| Φ1       | 0.012          | 0.003          | 0.056          |
| K2       | 0.027          | 0.002          | 0.082          |
| K3       | 0.003          | 0.017          | 0.041          |
| Φ2       | 0.007          | 0.046          | 0.079          |
| K4       | 0.006          | 0.034          | 0.045          |
| 22       | 0.000          | 0.037          | 0.035          |
| 24       | 0.020          | 0.046          | 0.117          |
| 25       | 0.051          | 0.040          | 0.038          |
| 23       | 0.004          | 0.033          | 0.058          |

Πίνακας ΣΤ.6.2: Διαφορές συντεταγμένων των σημείων του γηπέδου τέννις που αποτυπώθηκαν με total station (και κορυφές με VRS RTK) και VRS RTK.

| RMS( $\Delta X$ )<br>(m) | RMS( $\Delta Y$ )<br>(m) | RMS( $\Delta H$ )<br>(m) |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 0.0148                   | 0.0209                   | 0.0578                   |

Πίνακας ΣΤ.6.3: RMS διαφορών συντεταγμένων των σημείων του γηπέδου τέννις που αποτυπώθηκαν με total station (και κορυφές με VRS RTK) και VRS RTK.



ΣΤ.7: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΜΕ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (ΣΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟ VRS RTK) ΚΑΙ SINGLE BASE RTK

| VRS RTK + TOTAL STATION |             |              |                  | Single Base RTK |             |              |                  |
|-------------------------|-------------|--------------|------------------|-----------------|-------------|--------------|------------------|
| Point Id                | Easting (m) | Northing (m) | Orth, height (m) | Point Id        | Easting (m) | Northing (m) | Orth, height (m) |
| GVR51                   | 480313.031  | 4203309.460  | 166.117          | GRTK1           | 480313,044  | 4203309,448  | 166,074          |
| GVR55                   | 480303.882  | 4203299.301  | 165.959          | GRTK5           | 480303,916  | 4203299,294  | 165,907          |
|                         |             |              |                  |                 |             |              |                  |
| 4                       | 480304.762  | 4203300.281  | 165.981          | GRTK4           | 480304,782  | 4203300,277  | 165,957          |
| 3                       | 480308.480  | 4203304.382  | 166.039          | GRTK3           | 480308,498  | 4203304,379  | 166,029          |
| 6                       | 480308.117  | 4203312.080  | 166.093          | GRTK6           | 480308,119  | 4203312,080  | 166,076          |
| 9                       | 480303.899  | 4203317.162  | 166.085          | GRTK9           | 480303,916  | 4203317,160  | 166,056          |
| 19                      | 480286.305  | 4203315.098  | 165.979          | GRTK19          | 480286,285  | 4203315,073  | 165,959          |
| 12                      | 480291.262  | 4203312.466  | 165.977          | GRTK12          | 480291,254  | 4203312,451  | 165,941          |
| 13                      | 480295.032  | 4203316.664  | 166.032          | GRTK13          | 480295,035  | 4203316,661  | 166,014          |
| 10                      | 480299.602  | 4203312.431  | 166.038          | GRTK10          | 480299,617  | 4203312,426  | 166,008          |
| 11                      | 480295.254  | 4203307.522  | 165.972          | GRTK11          | 480295,266  | 4203307,504  | 165,937          |
| 14                      | 480298.598  | 4203320.630  | 166.099          | GRTK14          | 480298,594  | 4203320,632  | 166,077          |
| 15                      | 480295.477  | 4203325.249  | 166.099          | GRTK15          | 480295,460  | 4203325,240  | 166,076          |
| 16                      | 480294.599  | 4203324.276  | 166.090          | GRTK16          | 480294,589  | 4203324,272  | 166,082          |
| 17                      | 480291.027  | 4203320.332  | 166.037          | GRTK17          | 480291,023  | 4203320,328  | 166,012          |
| 18                      | 480287.187  | 4203316.082  | 165.992          | GRTK18          | 480287,185  | 4203316,067  | 165,962          |
| 7                       | 480304.430  | 4203307.988  | 166.030          | GRTK7           | 480304,455  | 4203307,990  | 166,010          |
| 8                       | 480300.758  | 4203303.902  | 165.985          | GRTK8           | 480300,785  | 4203303,889  | 165,950          |
| K1                      | 480311.671  | 4203312.744  | 166.174          |                 |             |              |                  |
| Φ1                      | 480311.049  | 4203313.670  | 166.115          | GRTKF1          | 480311,031  | 4203313,690  | 166,076          |
| K2                      | 480299.469  | 4203323.733  | 166.190          |                 |             |              |                  |
| K3                      | 480288.077  | 4203310.854  | 166.032          |                 |             |              |                  |
| Φ2                      | 480288.536  | 4203310.525  | 165.984          |                 |             |              |                  |
| K4                      | 480300.289  | 4203299.872  | 166.020          | GRTKK4          | 480300,295  | 4203299,854  | 166,000          |
| Φ3                      | 480300.686  | 4203299.559  | 165.977          |                 |             |              |                  |
| 22                      | 480318.486  | 4203307.338  | 166.156          |                 |             |              |                  |
| 24                      | 480280.854  | 4203317.202  | 166.035          |                 |             |              |                  |
| 25                      | 480292.704  | 4203330.542  | 166.155          |                 |             |              |                  |
| 23                      | 480306.606  | 4203293.939  | 166.020          |                 |             |              |                  |
|                         |             |              |                  | GRTK2           | 480312,188  | 4203308,470  | 166,105          |

Πίνακας ΣΤ.7.1: Συντεταγμένες σημείων μετρημένων με total station (και κορυφές με VRS RTK) και Single Base RTK.

Σύγκριση συντεταγμένων χαρακτηριστικών σημείων γηπέδου τέννις προσδιορισμένες με GPS και Total Station

---

| Point Id | $\Delta X$ (m) | $\Delta Y$ (m) | $\Delta H$ (m) |
|----------|----------------|----------------|----------------|
| GVR51    | -0.013         | 0.012          | 0.043          |
| GVR55    | -0.034         | 0.007          | 0.052          |
|          |                |                |                |
| 4        | -0.020         | 0.005          | 0.024          |
| 3        | -0.018         | 0.003          | 0.010          |
| 6        | -0.002         | 0.001          | 0.017          |
| 9        | -0.017         | 0.002          | 0.029          |
| 19       | 0.019          | 0.025          | 0.020          |
| 12       | 0.008          | 0.015          | 0.036          |
| 13       | -0.003         | 0.002          | 0.018          |
| 10       | -0.015         | 0.005          | 0.030          |
| 11       | -0.012         | 0.018          | 0.035          |
| 14       | 0.003          | -0.002         | 0.022          |
| 15       | 0.017          | 0.009          | 0.023          |
| 16       | 0.010          | 0.003          | 0.008          |
| 17       | 0.004          | 0.003          | 0.025          |
| 18       | 0.002          | 0.015          | 0.030          |
| 7        | -0.025         | -0.003         | 0.020          |
| 8        | -0.026         | 0.013          | 0.035          |
| Φ1       | 0.018          | -0.020         | 0.039          |
| Κ4       | -0.007         | 0.019          | 0.020          |

Πίνακας ΣΤ.7.2: Διαφορές συντεταγμένων των σημείων του γηπέδου τέννις που αποτυπώθηκαν με total station (και κορυφές με VRS RTK) και Single Base RTK.

| RMS( $\Delta X$ )<br>(m) | RMS( $\Delta Y$ )<br>(m) | RMS( $\Delta H$ )<br>(m) |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 0.0167                   | 0.012                    | 0.0297                   |

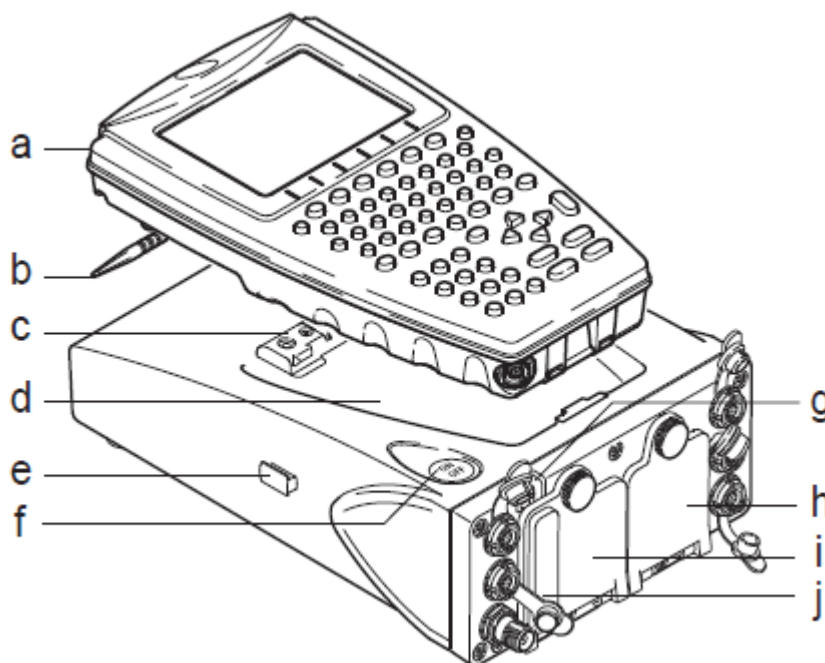
Πίνακας ΣΤ.7.3: RMS διαφορών συντεταγμένων των σημείων του γηπέδου τέννις που αποτυπώθηκαν με total station (και κορυφές με VRS RTK) και Single Base RTK.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ: ΣΥΝΘΕΣΗ ΔΕΚΤΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΟΤΕΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ

### Z.1: ΣΥΝΘΕΣΗ ΔΕΚΤΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΟΤΕΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ

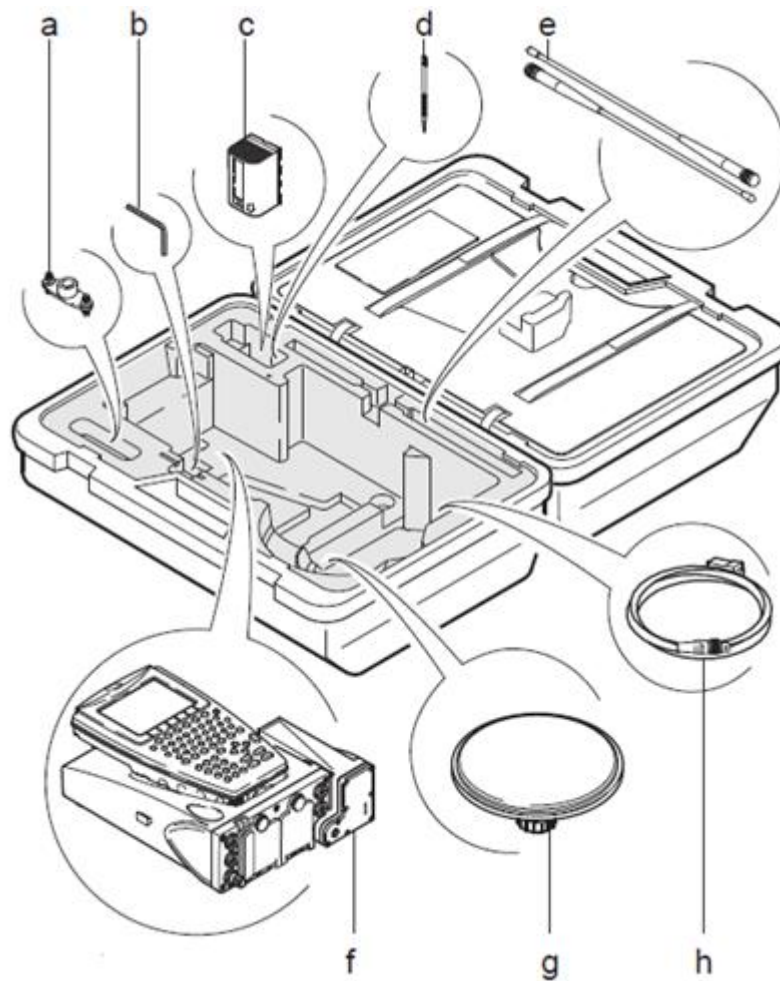
Ο δέκτης GPS 1200+ φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί και αποτελείται από τα ακόλουθα μέρη:

- a) Χειριστήριο
- b) Προσφερόμενη ακίδα
- c) Επαφές με κλιπ για σύνδεση του χειριστηρίου χωρίς καλώδια
- d) Εσοχή για χειριστήριο
- e) Οδηγός ράγας τοποθέτησης μέσω κλιπ
- f) ON/OFF πλήκτρο
- g) Δείκτες φωτοδιόδου LED
- h) Υποδοχή μπαταρίας 2 η θύρα δικτύου (NET)
- i) Υποδοχή μπαταρίας 1
- j) Υποδοχή κάρτας CompactFlash



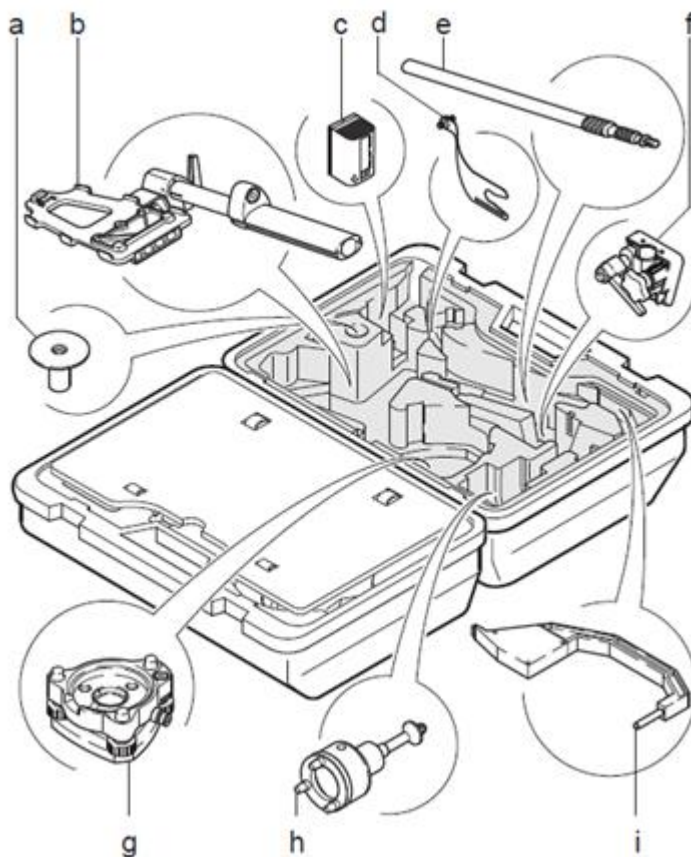
Εικόνα Z.1.1: Σύνθεση του δέκτη (Πηγή: Leica Geosystems. Εγχειρίδιο χρήσης GPS 1200+).

Ο δέκτης συνοδεύεται και από κάποια παρελκόμενα τα οποία απεικονίζονται στις εικόνες που ακολουθούν:



Εικόνα Z.1.2 Παραδοτέα εξαρτήματα (Πηγή: Leica Geosystems. Εγχειρίδιο χρήσης GPS 1200+).

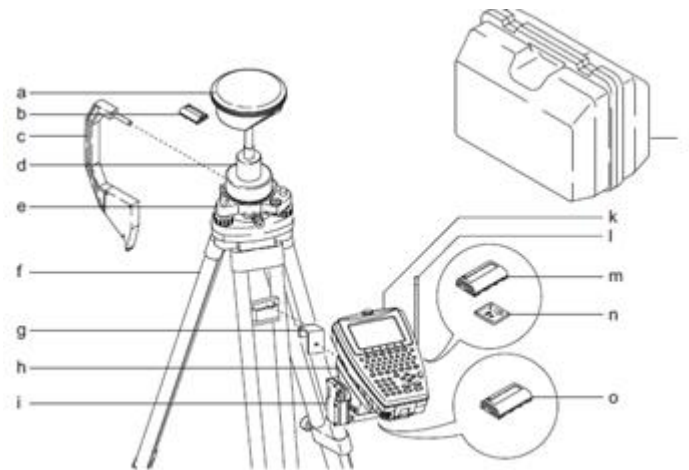
- a) Διπλός βραχίονας για τις κεραίες
- b) Κλειδί Allen
- c) GEB221 εσωτερική μπαταρία
- d) Προσφερόμενη ακίδα
- e) Κεραίες συσκευών
- f) Δέκτης με χειριστήριο και συσκευή ειδικά για ασύρματο
- g) Κεραία και αντάπτορας
- h) Καλώδια



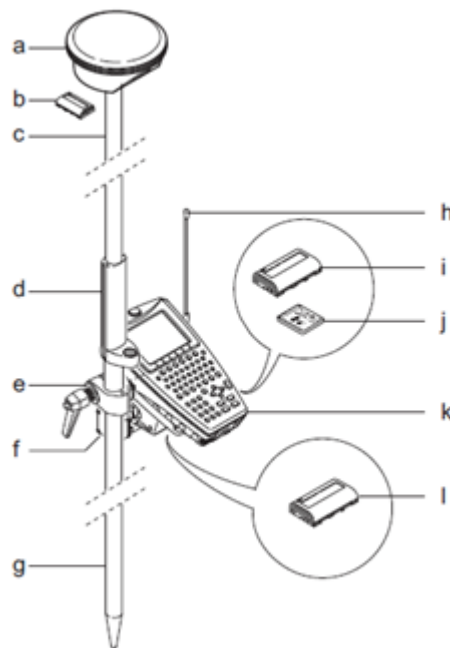
Εικόνα Z.1.3: Παραδοτέα εξαρτήματα (Πηγή: Leica Geosystems. Εγχειρίδιο χρήσης GPS 1200+).

- a) Βάση για τηλεσκοπική ράβδο
- b) Εξάρτημα στήριξης του χειριστηρίου σε στυλεό με λαβή στυλεού
- c) GEB221 εσωτερική μπαταρία
- d) GAD33 βραχίονας 15 cm
- e) Τηλεσκοπική ράβδος
- f) Εξάρτημα στήριξης του δέκτη και σε στυλεό
- g) Τρικόγλιο
- h) Φορέας στήριξης
- i) Υψομετρητής ακρίβειας (Height Hooke)

Στις εικόνες Z.1.4 και Z.1.5 παρουσιάζεται εγκατεστημένος ο εξοπλισμός που αναφέρεται παραπάνω σε τρίποδα και σε κατάφωτο.



Εικόνα Z.1.4: Εγκατεστημένος εξοπλισμός σε τρίποδα (Πηγή: Leica Geosystems. Εγχειρίδιο χρήσης GPS 1200+).



Εικόνα Z.1.5: Εγκατεστημένος εξοπλισμός σε κατάφωτο (Πηγή: Leica Geosystems. Εγχειρίδιο χρήσης GPS 1200+).