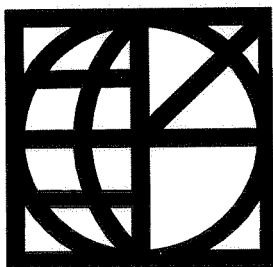


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ **NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY**
OF ATHENS
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ **SCHOOL OF RURAL AND SURVEYING**
ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ **ENGINEERING**
ΚΕΝΤΡΟ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ ΔΙΟΝΥΣΟΥ **DIONYSOS SATELLITE OBSERVATORY**

ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ
ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

ΠΑΥΛΟΣ ΚΑΒΑΛΛΑΡΗΣ



ΖΩΓΡΑΦΟΥ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2013

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κύριο Δημήτρη Παραδείση για την ανάθεση και επίβλεψη της διπλωματικής εργασίας.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους υποψήφιους διδάκτορες Αγγελική Μαρίνου, Ξάνθο Παπανικολάου και Δημήτρη Αναστασίου για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφεραν καθώς και για το χρόνο που αφιέρωσαν προκειμένου να εκπονηθεί η παρούσα διπλωματική εργασία.

Περιεχόμενα

| | |
|--|------|
| Ευχαριστίες | i |
| Περιεχόμενα | ii |
| Περίληψη | v |
| Abstract | vii |
| Περιεχόμενα εικόνων και πινάκων | viii |
| 1. Το Σύστημα GPS και το πρόγραμμα BERNESE 5.0 | 1 |
| 1.1 Γενικά για το GPS | 1 |
| 1.2 Το πρόγραμμα BERNESE 5.0 | 2 |
| 1.3 Αυτόματη επεξεργασία δορυφορικών δεδομένων με το BERNESE 5.0 | 3 |
| 1.4 Το Δίκτυο της υπηρεσίας IGS στην Ευρώπη | 3 |
| 2. Ανάγκη ανάπτυξης λογισμικού αυτόματης επεξεργασίας δεδομένων GPS | 4 |
| 2.1.1 Σύγχρονα δεδομένα στον Ελληνικό χώρο | 4 |
| 2.1.2 Το δίκτυο μόνιμων σταθμών του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών | 5 |
| 2.2 Ανάγκες/Δραστηριότητες του εργαστηρίου | 7 |
| 3. Μηχανή Αυτόματης επεξεργασίας με το Bernese v5.0 | 8 |
| 3.1 Γενικά | 8 |
| 3.2 Δομή και σχεδιασμός | 8 |
| 3.2.1 Προγράμματα μετατροπής ημερομηνιών | 9 |
| 3.2.2 Μεταβλητές των προγραμμάτων μετατροπής ημερομηνιών | 10 |
| 3.2.3 Το πρόγραμμα CRX2RNX | 11 |
| 3.2.4 Το πρόγραμμα prepareauto.sh | 12 |
| 3.2.5 Ποιότητα προϊόντων της λήψης του prepareauto.sh | 14 |
| 3.2.6 Προγράμματα της μηχανής BPE | 15 |
| 3.2.7 Τα αρχεία PCF & .STA | 22 |
| 3.3 Πως δουλεύει η αυτόματη επίλυση | 24 |
| 3.3.1 Στάδιο 1 ^ο (χρήση του προγράμματος prepareauto.sh) | 24 |
| 3.3.2 Στάδιο 2 ^ο (χρήση του BERNESE) | 25 |

| | |
|--|----|
| 3.4 Παρατηρήσεις - Προβλήματα και λύσεις της μηχανής αυτόματης επίλυσης | 27 |
| 4. Εφαρμογή στο δίκτυο της λίμνης Κάρλας | 28 |
| Υλοποίηση συστήματος αναφοράς | 30 |
| Επίλυση ασαφειών | 30 |
| 4.1 Καμπάνια 1 ^η (Ιούλιος 2009) | 33 |
| 4.1.3 Πίνακες αποτελεσμάτων | 35 |
| 4.2 Καμπάνια 2η (Απρίλιος 2010) | 37 |
| 4.2.1 Πίνακες αποτελεσμάτων | 39 |
| 4.3. Καμπάνια 3 ^η (Νοεμβριος 2010) | 41 |
| 4.3.1 Πίνακες αποτελεσμάτων | 43 |
| 4.4 Καμπάνια 4 ^η (Απρίλιος 2011) | 45 |
| 4.4.1 Πίνακες αποτελεσμάτων | 47 |
| 5. Τελικές συγκρίσεις και έλεγχος με τη διπλωματική του Γ. Πιτσικάλη καθώς και με τα αποτελέσματα του εργαστηρίου Δορυφορικής Γεωδαισίας | 49 |
| 5.1.1 Διαφορές από 1 ^η σε 2 ^η καμπάνια (Ιούλιος 2009 – Απρίλιος 2010) | 51 |
| 5.1.2 Διαφορές από 2 ^η σε 3 ^η καμπάνια (Απρίλιος 2010 – Νοέμβριος 2010) | 52 |
| 5.1.3 διαφορές από 3 ^η σε 4 ^η καμπάνια (Νοέμβριος 2010 – Απρίλιος 2011) | 53 |
| 5.2 Έλεγχος με τη διπλωματική του Γ. Πιτσικάλη | 54 |
| 5.3 Διαφορές με τα αποτελέσματα του Κέντρου Δορυφόρων Διονύσου | 58 |
| 5.4 Διαγράμματα μικρομετακινήσεων | 62 |
| 6. Συμπεράσματα | 78 |
| 6.1 Συμπεράσματα για την αυτόματη επεξεργασία | 78 |
| 6.2 Περιθώρια βελτίωσης | 78 |
| 7. Παράρτημα | 79 |
| Βιβλιογραφία | 85 |

Περίληψη

Τις δύο τελευταίες δεκαετίες ο εντοπισμός θέσης μέσω δορυφορικών μετρήσεων έχει αντικαταστήσει σε πολλές περιπτώσεις τις επίγειες μεθόδους. Οι δορυφορικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται από απλές τοπογραφικές εργασίες μέχρι εφαρμογές μεγάλης ακρίβειας. Οι τελευταίες έχουν μεγάλο όγκο πληροφοριών και απαιτούν εξειδικευμένα προγράμματα καθώς επίσης απαιτούν μεγάλη υπολογιστική ισχύ.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής είναι η αυτοματοποίηση της επεξεργασίας δορυφορικών παρατηρήσεων, ώστε να μειωθεί ο χρόνος που απαιτείται για τη διαδικασία αυτή. Χρησιμοποιήθηκαν για το σκοπό αυτό το πρόγραμμα BERNESE v5.0 μαζί με προγράμματα που αναπτύχθηκαν στα πλαίσια της εργασίας αυτής.

Στο πρώτο κεφάλαιο δίνεται μία σύντομη εισαγωγή για το GPS και το λογισμικό επεξεργασίας Bernese v5.0. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα μόνιμα δίκτυα που έχουν ιδρυθεί στην Ελλάδα.

Το τρίτο κεφάλαιο περιλαμβάνει την παρουσίαση των προγραμμάτων που γράφτηκαν, των προγραμμάτων του Bernese και γενικότερα της διαδικασίας της αυτόματης επεξεργασίας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η επίλυση δικτύου που έχει εγκατασταθεί στη λίμνη Κάρλα, στο νομό Μαγνησίας. Πραγματοποιήθηκαν τέσσερις σειρές μετρήσεων από τον Ιούλιο του 2009 μέχρι τον Απρίλιο του 2011 με απόσταση έξι μηνών η μία από την άλλη. Το συγκεκριμένο δίκτυο είχε λυθεί σε προηγούμενη διπλωματική εργασία του φοιτητή της Σ.Α.Τ.Μ. Γεωργίου Πιτσικάλη (Δορυφορικές γεωδαιτικές μετρήσεις για μελέτη μικρομετακινήσεων στην περιοχή της λίμνης Κάρλας, Αθήνα 2011). Ο Γ. Πιτσικάλης είχε χρησιμοποιήσει το ίδιο λογισμικό και έτσι μπορεί να γίνει έλεγχος των αποτελεσμάτων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι διαφορές μεταξύ των αποτελεσμάτων των δύο διπλωματικών, τα διαγράμματα των χρονοσειρών καθώς και οι διαφορές που προκύπτουν με την επίλυση του δικτύου από το Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου του τομέα τοπογραφίας της Σ.Α.Τ.Μ.. Ακόμη γίνεται αναφορά στις διαφορές στον τρόπο επεξεργασίας και στις διαφορές μεταξύ των δεδομένων των δύο διπλωματικών. Τέλικά, οι διαφορές που προέκυψαν με τη διπλωματική του Γ. Πιτσικάλη είναι της τάξης από 0 – 10mm για την οριζοντιογραφία ενώ στα υψόμετρα οι διαφορές είναι της τάξης από 0 - 3cm. Με την επίλυση του Κέντρου Δορυφόρων Διονύσου δεν προέκυψαν

διαφορές. Όπως αναφέρει ο Γ.Πιτσικάλης ορισμένοι σταθμοί δεν είχαν καλές μετρήσεις και γι αυτό παρατηρούνται μεγάλες διαφορές σε αυτά(π.χ. KA06, KA14, KA15, KA18).

Abstract

Over the last 2 decades the positioning, using satellites has replaced ground methods in a lot of occasions. Satellite methods are being used in many occasions ranging from simple topographic tasks to tasks with high precision. The last ones contain a large amount of data, they require sophisticated software and high computing capacity.

The target of this thesis is the automation of the solving process so that it saves valuable time from its user. For this reason the Bernese v.50 software was used as well as some programs which were written.

In the first chapter a short introduction to the GPS, the BERNESE software and the automatic processing is given. In the second chapter a reference is made about the permanent networks in Greece.

The third chapter contains an analytic description of all the programs that were used including the ones that were written.

In the fourth chapter a network in the region of Lake Karla is being solved in the prefecture of Magnesia. Totally 4 series of measurements were carried out, each of which was conducted every 6 months. The region was first studied by a student of the Rural and Surveying Engineering Department named Georgios Pitsikalis. Mr. Pitsikalis used the same software (Bernese) and as a result it was easy to draw comparisons between the two theses.

In the fifth chapter the differences between the two sets of coordinates are being presented as well as the differences with the solution of the network carried out by Dionysos Satellite Observatory. Also the diagrams of the displacements that occurred are being presented. The differences in the results with Mr Pitsikalis thesis vary to 0 – 10mm in the horizontal alignment and 0 – 3cm in the altitudes. There were no differences with the solution made by Dionysos Stellite Observatory. Finally as G.Pitsikalis mentions some stations had problems with the observations and this explains the big differences that occurred (e.g. KA06, KA14, KA15, KA18).

Περιεχόμενα εικόνων και πινάκων

| | |
|--|----|
| Εικόνα 1.1 Οι μόνιμοι σταθμοί της υπηρεσίας IGS στην Ευρώπη..... | 2 |
| Εικόνα 2.1 Το μόνιμο δίκτυο σταθμών GPS του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών..... | 5 |
| Πίνακας 2.1: Οι μόνιμοι σταθμοί του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών..... | 6 |
| Εικόνα 3.1 Διάγραμμα ροής του προγράμματος <i>prepareauto.sh</i> | 14 |
| Εικόνα 3.2 Διάγραμμα ροής των προγραμμάτων της μηχανής BPE..... | 19 |
| Εικόνα 3.3 Τμήμα του αρχείου PCF..... | 21 |
| Εικόνα 3.3-1 Οι δύο καρτέλες της μηχανής BPE..... | 25 |
| Εικόνα 4.1-1 Χάρτης της περιοχής της λίμνης Κάρλας..... | 29 |
| Πίνακας 4.1-1 Έντυπο υπαίθρου 1 ^{ης} καμπάνιας ‘‘Ιούλιος 2009’’ | 34 |
| Πίνακας 4.1-2 Τελικές συντεταγμένες όλων των σταθμών σε μορφή (X,Y,Z) 1 ^{ης} καμπάνιας..... | 35 |
| Πίνακας 4.1-3 Τελικές συντεταγμένες όλων των σταθμών 1 ^{ης} καμπάνιας..... | 36 |
| Πίνακας 4.2-1 Έντυπο υπαίθρου 2 ^{ης} καμπάνιας ‘‘Απρίλιος 2010’’ | 38 |
| Πίνακας 4.2-2 Τελικές συντεταγμένες όλων των σταθμών σε μορφή (X,Y,Z) 2 ^{ης} καμπάνιας..... | 39 |
| Πίνακας 4.2-3 Τελικές συντεταγμένες όλων των σταθμών 2 ^{ης} καμπάνιας..... | 40 |
| Πίνακας 4.3-1 Έντυπο υπαίθρου 3ης καμπάνιας ‘‘Νοέμβριος 2010’’ | 42 |
| Πίνακας 4.3-2 Τελικές συντεταγμένες όλων των σταθμών σε μορφή (X,Y,Z) 3 ^{ης} καμπάνιας..... | 43 |
| Πίνακας 4.3-3 Τελικές συντεταγμένες όλων των σταθμών 3 ^{ης} καμπάνιας..... | 44 |
| Πίνακας 4.4-1 Έντυπο υπαίθρου 4ης καμπάνιας ‘‘Απρίλιος 2011’’ | 46 |
| Πίνακας 4.4-2 Τελικές συντεταγμένες όλων των σταθμών σε μορφή (X,Y,Z) 4 ^{ης} καμπάνιας..... | 47 |
| Πίνακας 4.4-3 Τελικές συντεταγμένες όλων των σταθμών 4 ^{ης} καμπάνιας..... | 48 |
| Πίνακας 5.2-1 Σύγκριση 1 ^{ης} καμπάνιας..... | 54 |
| Πίνακας 5.2-2 Σύγκριση 2 ^{ης} καμπάνιας..... | 55 |
| Πίνακας 5.2-3 Σύγκριση 3 ^{ης} καμπάνιας..... | 56 |

| | |
|--|-----------|
| <i>Πίνακας 5.2-4 Σύγκριση 4^{ης} καμπάνιας.....</i> | <i>57</i> |
| <i>Πίνακας 5.3-1 Διαφορές 1^{ης} καμπάνιας με τα αποτελέσματα του εργαστηρίου δορυφορικής γεωδαισίας</i> | <i>59</i> |
| <i>Πίνακας 5.3-2 Διαφορές 2^{ης} καμπάνιας με τα αποτελέσματα του εργαστηρίου δορυφορικής γεωδαισίας</i> | <i>60</i> |
| <i>Πίνακας 5.3-3 Διαφορές 3^{ης} καμπάνιας με τα αποτελέσματα του εργαστηρίου δορυφορικής γεωδαισίας</i> | <i>61</i> |
| <i>Πίνακας 5.3-4 Διαφορές 4^{ης} καμπάνιας με τα αποτελέσματα του εργαστηρίου δορυφορικής γεωδαισίας</i> | <i>62</i> |

1. Το Σύστημα GPS και το πρόγραμμα BERNESE 5.0

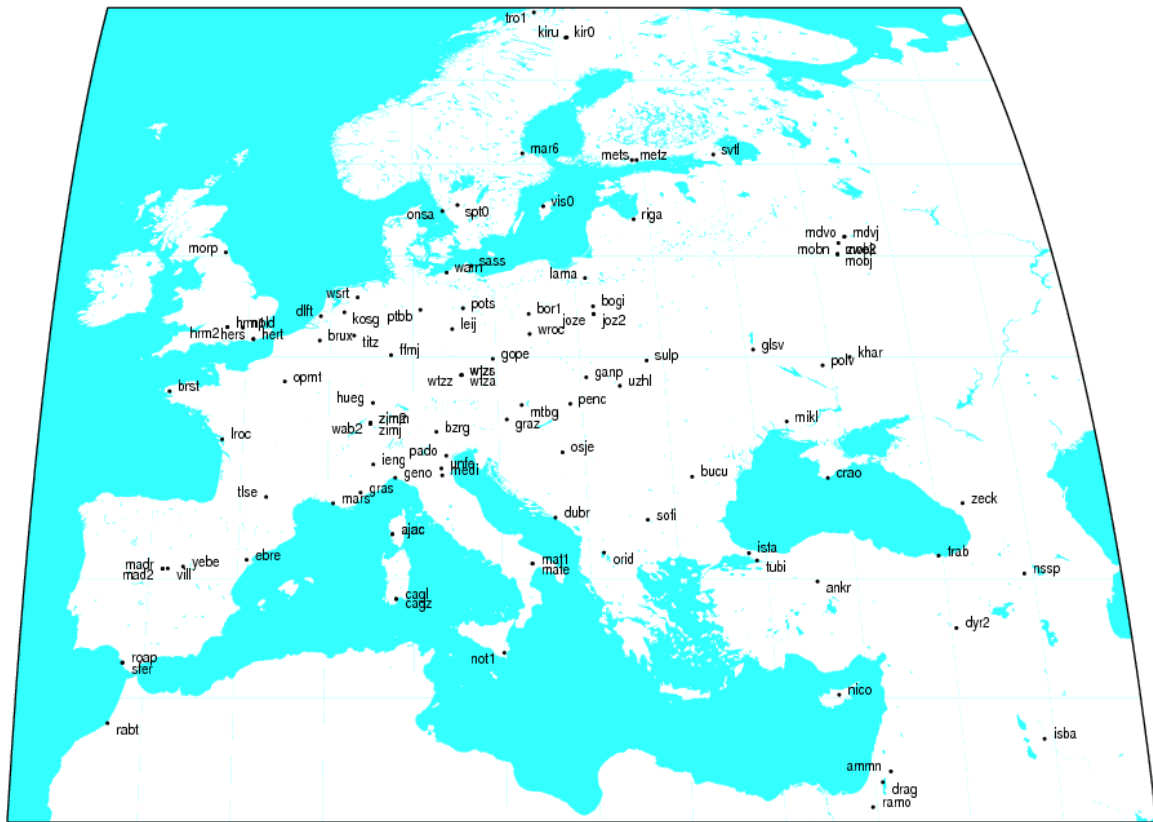
1.1 Γενικά για το GPS

Το Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού (GPS) είναι ένα παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα προσδιορισμού θέσης πάνω στην επιφάνεια της γής, σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή και ανεξαρτήτως καιρικών συνθηκών. Ανήκει στην κατηγορία των συστημάτων GNSS (Global Navigation Satellite System) όπως είναι το Ρωσικό GLONASS (GLObal Navigation Satellite System) και το Ευρωπαϊκό GALILEO.

Το δορυφορικό αυτό σύστημα αρχικά σχεδιάστηκε τη δεκαετία του 1970 και υλοποιήθηκε τη δεκαετία του 1980, για στρατιωτικούς σκοπούς των Η.Π.Α.. Στη συνέχεια πέρασε και σε πολιτική χρήση δίνοντας τη δυνατότητα χρήσης σε εκατομμύρια χρήστες σε όλο τον κόσμο, για διάφορους σκοπούς όπως οι τοπογραφικές και γεωδαιτικές εφαρμογές, η πλοήγηση κτλ.

Ο αριθμός των δορυφόρων που βρίσκονται σε λειτουργία δεν είναι πάντοτε ο ίδιος όμως στόχος είναι κάθε στιγμή να λειτουργούν πάνω από 24 δορυφόροι, έτσι ώστε να υπάρχει ικανοποιητική κάλυψη παντού πάνω στη Γη. Οι τροχιές τους είναι ημιγεωσύγχρονες που σημαίνει ότι εκτελούν μία πλήρη περιφορά γύρω από τη Γη κάθε 12 ώρες και σε υψόμετρο περίπου 20.000Km πάνω από την επιφάνεια της. Κάθε δορυφόρος εκπέμπει ένα σήμα το οποίο βασίζεται σε δύο φέρουσες συχνότητες $L1=1575.42$ MHz και $L2=1227.60$ MHz. Τα δορυφορικά σήματα χρησιμοποιούνται για την μέτρηση της απόστασης από το δορυφόρο μέχρι το δέκτη.

Πολύ συνοπτικά, υπάρχουν δύο τρόποι για να υπολογίσουμε τη θέση με χρήση του GPS, ο απόλυτος και ο σχετικός προσδιορισμός θέσης. Στον απόλυτο η θέση προσδιορίζεται από παρατηρήσεις ενός δέκτη πάνω σε ένα σημείο, ενώ στον σχετικό υπολογίζουμε το μήκος της βάσης μεταξύ του αγνώστου σημείου και ενός γνωστού. Η δεύτερη μέθοδος είναι πολύ πιο ακριβής και είναι αυτή που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική.



IGM 2012 Oct 05 16:45:38

Εικόνα 1.1 Οι μόνιμοι σταθμοί της υπηρεσίας IGS στην Ευρώπη

Figure 1.1 Permanent GPS sites of IGS in Europe

1.2 Το πρόγραμμα BERNESE 5.0

Το BERNESE 5.0 είναι ένα πρόγραμμα που επεξεργάζεται παρατηρήσεις GPS και GLONASS. Δημιουργήθηκε από το πανεπιστήμιο της Βέρνης και προορίζεται για εργασίες που απαιτούν πολύ μεγάλη ακρίβεια, την οποία δεν προσφέρουν τα λεγόμενα εμπορικά προγράμματα. Σε αυτή τη διπλωματική χρησιμοποιήθηκε η έκδοση 5.0.

Το BERNESE 5.0 διαθέτει προδιαγραφές υψηλής ακρίβειας και δίνει τη δυνατότητα για λεπτομερή έλεγχο σε όλα τα βήματα κατά την επεξεργασία. Διαθέτει εργαλεία για επίλυση μεγάλων βάσεων (>2000 Km), δυνατότητα αυτοματοποιημένων

επιλύσεων δικτύων, παρακολούθηση της ιονόσφαιρας και της τροπόσφαιρας, καθώς και συνδυασμένη επεξεργασία μετρήσεων GPS & GLONASS.

Απευθύνεται κυρίως σε επιστήμονες για μελέτη και εκπαίδευση καθώς και για γεωδαιτικές εργασίες υψηλής ακρίβειας.

1.3 Αυτόματη επεξεργασία δορυφορικών δεδομένων με το BERNESE 5.0

Το BERNESE 5.0 δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες του να αυτοματοποιήσουν τη διαδικασία επίλυσης γεωδαιτικών δικτύων. Αυτό σημαίνει πως ο χρήστης μπορεί να φτιάξει μία ακολουθία με τα προγράμματα του BERNESE όπως αυτός επιθυμεί, να την αποθηκεύσει και να την χρησιμοποιεί και σε πολλά άλλα δίκτυα. Ορίζει δηλαδή τον τρόπο και το είδος της επεξεργασίας που επιθυμεί να κάνει το BERNESE πάνω στις μετρήσεις. Μέσω του αρχείου PCF (Process Control File) ορίζει τη σειρά με την οποία θα εκτελεστούν τα προγράμματα και τι αρχεία εισόδου – εξόδου θα χρησιμοποιεί το καθένα πρόγραμμα. Πρόκειται για ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο καθώς εξοικονομεί πολύτιμο χρόνο σε σχέση με τη μη αυτοματοποιημένη επεξεργασία.

1.4 Το Δίκτυο της υπηρεσίας IGS στην Ευρώπη

Το δίκτυο της IGS (International GPS Service, <http://igsb.jpl.nasa.gov>) περιλαμβάνει πάνω από 200 παγκόσμια κατανεμημένους μόνιμους σταθμούς GPS. Το νεότερο μόνιμο δίκτυο EUREF (European Reference Frame, <http://www.euref-iag.org>) είναι ένα τοπικά πυκνωμένο μέρος του δικτύου της IGS, που αποτελείται από περίπου 160 μόνιμους σταθμούς GPS περιλαμβανομένου όλων των Ευρωπαϊκών σταθμών της IGS. Για τα δύο δίκτυα, τα δεδομένα παρατηρήσεων καθώς και οι υπόλοιπες πληροφορίες (όπως συντεταγμένες, ταχύτητες, τύποι δεκτών και κεραιών) βρίσκονται στους υπολογιστές εξυπηρέτησης δικτύου (server) των IGS/EUREF (Hollestein, 2007).

2. Ανάγκη ανάπτυξης λογισμικού αυτόματης επεξεργασίας δεδομένων GPS

Ο μεγάλος όγκος παρατηρήσεων και η ίδρυση μεγάλων γεωδαιτικών δικτύων δημιούργησε την ανάγκη για μια διαδικασία που θα επεξεργάζεται γρήγορα τα δεδομένα αυτά. Το BERNESE έδινε αυτή τη δυνατότητα από τις πρώτες του εκδόσεις, όμως από την έκδοση 4.0 και μετέπειτα ενσωμάτωσε τη μηχανή BPE (Bernese Processing Engine). Πρόκειται για πιο εξελιγμένη μηχανή αυτόματης επεξεργασίας που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική.

Έτσι με τη βοήθεια της αυτόματης επεξεργασίας ο χρόνος για την επίλυση ελαχιστοποιείται και μπορούμε να επιλύουμε τα δίκτυα σε καθημερινή βάση.

2.1.1 Σύγχρονα δεδομένα στον Ελληνικό χώρο

Στην Ελλάδα έχουν εγκατασταθεί διάφοροι σταθμοί από τη δεκαετία του 1990 με σκοπό τη μελέτη των τεκτονικών μετακινήσεων. Κυρίως τα δίκτυα που ιδρύονται εστιάζουν στη περιοχή του Νοτίου Αιγαίου, στα νησιά του Ιονίου, κατά μήκος του Δυτικού Ελληνικού τόξου και την περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου. Από τους πρώτους που ιδρύθηκαν είναι ο σταθμός του Διονύσου (DION) στο Διόνυσο Πεντέλης από το Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου.

Σε συνεργασία του Εργαστηρίου Ανώτερης Γεωδαισίας του ΕΜΠ με αντίστοιχα Πανεπιστήμια του Εξωτερικού είχαν εγκατασταθεί δύο δίκτυα μόνιμων σταθμών GPS. Το πρώτο σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο της Οξφόρδης κάλυπτε τη περιοχή του δυτικού Ελληνικού τόξου και του νοτίου Αιγαίου.

Επίσης σε συνεργασία με το Ινστιτούτο IPGP της Γαλλίας είχαν εγκατασταθεί σταθμοί στη περιοχή του Κορινθιακού κόλπου.

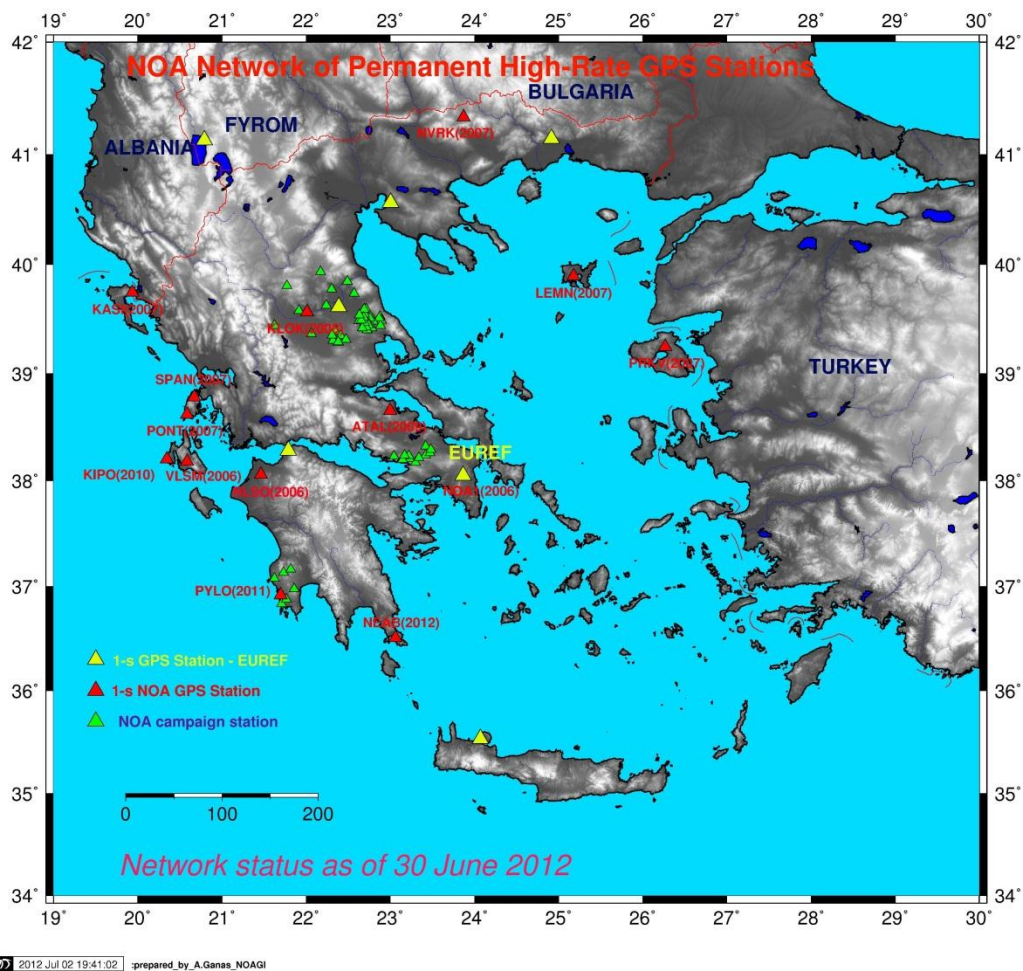
Το δίκτυο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών είναι το πιο πρόσφατα εγκατεστημένο δίκτυο που καλύπτει κύρια τη περιοχή των νησιών του Ιονίου αλλά και του βορείου Αιγαίου.

2.1.2 Το δίκτυο μόνιμων σταθμών του Εθνικού Αστεροσκοπείου

Αθηνών

Το δίκτυο GPS σταθμών του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών δημιουργήθηκε στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού προγράμματος PREVIEW.

Σκοπός είναι η διερεύνηση των μετακινήσεων της δυτικής Ελλάδας για διάστημα 5 χρόνων, από το 2006 έως το 2010. Το Αστεροσκοπείο άρχισε την εγκατάσταση των σταθμών το Φεβρουάριο του 2006 συμπεριλαμβανομένου και του μόνιμου σταθμού στην Αττική, NOA1.



Εικόνα 2.1 Το μόνιμο δίκτυο σταθμών GPS του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών. Τα σημεία με κίτρινο χρώμα συμμετέχουν στην υλοποίηση του Ευρωπαϊκού δικτύου EUREF.

Figure 2.1 The permanent network of National Observatory of Athens. Stations with yellow color participate in European EUREF network.



NOA GPS permanent network: Description of each individual station as of 24 August 2011

| No | SITE | Location | DATE ¹ | Latitude ² | Longitude | Elevation ³ | Lithology | Antenna type | Receiver S/N | Receiver Type |
|----|------|-------------------------|-------------------|-----------------------|----------------|------------------------|-----------|--------------|---------------|------------------|
| 1 | VLSM | Valsamata, Cephalonia | 14/02/06 | 38 10 36.57729 | 20 35 19.11740 | 437.857 | Limestone | AX 1202 GG | 462019 | LEICA GRX1200PRO |
| 2 | NOA1 | Pendeli, Attica | 13/03/06 | 38 02 49.42865 | 23 51 50.51878 | 537.812 | Marble | AT504 LEIS | 462590 | LEICA GRX1200PRO |
| 3 | RLS_ | Riolos Achaia | 29/07/06 | 38 03 21.00536 | 21 27 53.07259 | 132.896 | Sandstone | AX 1202 GG | 452163 | LEICA GRX1200PRO |
| 4 | PONT | Poniti Lefkas | 15/02/07 | 38 37 08.33042 | 20 35 06.66228 | 48.527 | Limestone | AX 1202 GG | 462661 | LEICA GRX1200PRO |
| 6 | KASI | Kassiopi Corfu | 01/04/07 | 39 44 46.92506 | 19 56 07.95572 | 103.851 | Limestone | AX 1202 GG | 465462 | LEICA GRX1200PRO |
| 5 | SPAN | Spanohori Lefkas | 22/05/07 | 38 46 52.69841 | 20 40 25.11708 | 447.857 | Schist | AX 1202 GG | 465460 | LEICA GRX1200PRO |
| 7 | LEMN | Lemnos (Agarionos) | 16/06/07 | 39 53 50.02428 | 25 10 50.05172 | 104.555 | Andesite | AX 1202 GG | 351610 | LEICA GRX1200PRO |
| 8 | PRKV | Agia Paraskevi (Lesvos) | 30/06/07 | 39 14 44.52574 | 26 15 54.04156 | 169.346 | Andesite | AX 1202 GG | 465459 | LEICA GRX1200PRO |
| 9 | NVRK | Nevrokopion Drama | 12/07/07 | 41 20 12.76080 | 23 52 11.18640 | 579.000 | Sandstone | AX 1202 GG | 351602 | LEICA GRX1200PRO |
| 10 | KLOK | Klokotos (Thessaly) | 17/07/08 | 39 33 53.07722 | 22 00 51.78134 | 137.457 | | AT504 LEIS | 463363 | LEICA GRX1200PRO |
| 11 | ATAL | Atalanti (Fthiotis) | 27/03/09 | 38 39 11.00898 | 22 59 57.67584 | 135.130 | Alluvium | NOV533 | IR120030 4026 | ASHTech UZ-12 |
| 12 | KIPO | Kipouria (Cephalonia) | 31/8/10 | 38 12 11.46877 | 20 20 54.06252 | 128.197 | Limestone | AX 1203+GNSS | 120160 | GMX902 GG |
| 13 | PYLO | Pylos (Messinia) | 24/8/11 | 36 54 51.02581 | 21 41 43.10394 | 39.114 | Limestone | AS10 | 1700407 | GR10 |

¹Date of first observation

²Geographic Coordinate in WGS84 (preliminary solution)

³Elevation in m (ellipsoidal height)

Contacts:

Dr Athanassios Ganas, Senior Researcher NOA, Tel: +30 210 3490186 aganas@gein.noa.gr

Dr George Drakatos, Research Director NOA, Tel: +30 210 3490164 g.drakatos@gein.noa.gr

1

Πίνακας 2.1: Οι μόνιμοι σταθμοί του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (www.gein.noa.gr/gps.html).

Table 2.1: Continuous GPS network of National Observatory of Athens.

Ο ρυθμός καταγραφής είναι στο 1s (1Hz) και διαβιβάζουν τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σε κεντρικό υπολογιστή του Αστεροσκοπείου στην Αθήνα. Τα δεδομένα στέλνονται από τους σταθμούς κάθε μία ώρα σε συμπιεσμένα αρχεία διαδικής μορφής (binary) και αποθηκεύονται στο κεντρικό υπολογιστή του Αστεροσκοπείου.

Επίσης συλλέγονται δεδομένα 5 φορές το δευτερόλεπτο (5Hz) σε μία επανεγγράψιμη μνήμη σε όλους τους δέκτες τα οποία μπορούν να ανακτηθούν ύστερα από κάποιο μεγάλο σεισμό ώστε να ενισχύσουν τη σεισμολογική μελέτη μέσω των μετρήσεων GPS. Τα δεδομένα υψηλής ακριβείας (1Hz) μπορούν επίσης να είναι χρήσιμα στη πρόωρη προειδοποίηση για κάποιο σεισμό, τον περιορισμό των ζημιών και να αυξήσουν την ευαισθησία στις στιγμιαίες πρόσκαιρες

μετακινήσεις. (WEB: <http://www.gein.noa.gr/gps.html> (Δ. Αναστασίου, ΑΘΗΝΑ, 2009)

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική από το Εθνικό Αστεροσκοπείο είχαν ρυθμό καταγραφής κάθε 30 δευτερόλεπτα.

2.2 Ανάγκες/Δραστηριότητες του εργαστηρίου

Το κέντρο δορυφόρων Διονύσου του Ε.Μ.Π. έχει αναλάβει την επίλυση των μόνιμων δικτύων που βρίσκονται στην Ελλάδα ανα τακτά χρονικά διαστήματα.

Ακόμη στις δραστηριότητές του συμπεριλαμβάνεται και η εγκατάσταση και η επεξεργασία μετρήσεων μη μόνιμων σταθμών όταν υπάρχει ανάγκη υπολογισμού μετατοπίσεων. Πχ σε περιοχές μετά από ένα σεισμό (Γρεβενά), ή σε περιοχές που παρατηρούνται καθιζήσεις (Κάρλα).

Όπως αναφέρθηκε η αυτόματη επίλυση χρησιμεύει στην επίλυση τέτοιων δικτύων.

3. Μηχανή Αυτόματης επεξεργασίας με το Bernese v5.0

3.1 Γενικά

Τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότερα μόνιμα δίκτυα GPS έχουν ιδρυθεί σε διάφορες περιοχές στον κόσμο. Ο μεγάλος όγκος πληροφοριών που συλλέγεται καθημερινά από τέτοιου είδους δίκτυα απαιτεί αυτοματοποιημένες διαδικασίες για την επεξεργασία τους. Για το λόγο αυτό το BERNESE περιλαμβάνει τη μηχανή BPE (Bernese processing engine) η οποία δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να αυτοματοποιήσει τη διαδικασία επίλυσης.

Η πρώτη έκδοση του BERNESE που περιελάμβανε τη μηχανή BPE ήταν η v4.0. Αυτό το εργαλείο αρχικά σχεδιάστηκε για να επεξεργάζεται μόνιμα δίκτυα όμως ένας έμπειρος χρήστης μπορεί να το εντάξει και σε άλλες περιπτώσεις. Η μεγάλη χρησιμότητα του φαίνεται στο ότι χρησιμοποιείται στο CODE Analysis center (Center for Orbit Determination in Europe) της IGS (International GNSS Service) από το 1995 για την επεξεργασία του παγκόσμιου μόνιμου δικτύου GPS και ακόμη χρησιμοποιείται από την GSI, την γεωγραφική υπηρεσία της Ιαπωνίας για την επεξεργασία του μόνιμου δικτύου της.

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο η αυτόματη επεξεργασία μπορεί να εφαρμοστεί στα μόνιμα δίκτυα στην Ελλάδα αλλά και σε μικρότερα δίκτυα όπως αυτό της λίμνης Κάρλας που εξετάζεται στο τέταρτο κεφάλαιο.

Η εισαγωγή και αποθήκευση παραμέτρων μαζί με τα προγράμματα μετατροπής ημερομηνιών και το πρόγραμμα *prepareauto.sh* που κατεβάζει τα αρχεία εισόδου για να ξεκινήσει η αυτόματη επεξεργασία, αποτελούν το βασικό κομμάτι της διπλωματικής εργασίας.

3.2 Δομή και σχεδιασμός

Η αυτόματη επεξεργασία αποτελείται από δύο μέρη:

- I. Από το πρόγραμμα *prepareauto.sh* και τα προγράμματα μετατροπής ημερομηνιών.
- II. Από τα προγράμματα του BERNESE, τα οποία περαμετροποιήθηκαν κατάλληλα.

Να σημειωθεί πως ο χρήστης πρώτα θα πρέπει να δημιουργήσει μια καινούργια καμπάνια στο BERNESE. Με τη δημιουργία της καμπάνιας το BERNESE κατασκευάζει τους εξής φακέλους στη διεύθυνση /home/GPSDATA :

- ATM – περιέχει τις πληροφορίες για την ιονόσφαιρα και την τροπόσφαιρα
- RAW – αποθηκεύονται τα αρχεία RINEX πριν επεξεργαστούν
- OBS – αποθηκεύονται οι παρατηρήσεις κώδικα και φάσης
- STA – περιέχει αρχεία με συντεταγμένες
- OUT – αποθηκεύονται αρχεία με πληροφορίες μετά την εκτέλεση κάθε προγράμματος

3.2.1 Προγράμματα μετατροπής ημερομηνιών

Σκοπός των προγραμμάτων αυτών είναι η μετατροπή ημερομηνιών από ένα σύστημα ημερολογιακής μέτρησης σε κάποιο άλλο. Τα προγράμματα αυτά δεν εκτελούνται απευθείας από τον χρήστη αλλά τα “καλεί” το prepareauto.sh. Τα ημερολογιακά συστήματα που χρησιμοποιούνται αναλύονται παρακάτω :

- gpsweek : αναφέρεται στην εβδομάδα GPS. Η πρώτη εβδομάδα GPS ξεκίνησε από την 6^η Ιανουαρίου 1980 δηλαδή από τότε που τέθηκε σε εφαρμογή το GPS.
- julian date (Ιουλιανό ημερολόγιο) : αναφέρεται σε συνεχόμενη μέτρηση ημερών από την 24^η Νοεμβρίου 4713 π.Χ.
- mjd (modified Julian date) : πρόκειται για συνεχόμενη μέτρηση ημερών από τις 17 Νοεμβρίου 1858 δηλαδή την 2400000.5^η ημέρα του Ιουλιανού ημερολογίου.

Το πρώτο πρόγραμμα που χρησιμοποιείται είναι το year2gpsweek.py και είναι αυτό που μετατρέπει της δοθείσες ημερομηνίες σε ημερομηνίες της μορφής GPS week (εβδομάδας GPS). Είναι ένα πρόγραμμα γραμμένο σε γλώσσα python.

Το δεύτερο πρόγραμμα είναι το yd2month.py . Επίσης γραμμένο σε python και υπολογίζει το μήνα στον οποίο αντιστοιχεί η ημέρα που δίνουμε στο πρόγραμμα σαν δεδομένο.

Το τρίτο πρόγραμμα είναι το `gd2dom.py` που υπολογίζει τη μέρα του μήνα στην οποία αντιστοιχούν οι ημερομηνίες που δώσαμε.

Τέλος το `dayofgps.py` υπολογίζει τη μέρα της εβδομάδας GPS. Π.χ. εβδομάδα 1050 και ημέρα 5 της εβδομάδας αυτής. Να σημειωθεί ότι οι ημέρες στην εβδομάδα GPS ξεκινούν από το 0 που αντιστοιχεί στην Κυριακή έως 6 που είναι το Σάββατο.

3.2.2 Μεταβλητές των προγραμμάτων μετατροπής ημερομηνιών

Προκειμένου τα παραπάνω προγράμματα να δώσουν τελικά αποτελέσματα χρησιμοποιούνται οι παρακάτω μεταβλητές:

Σταθερές :

- `jan6` : η μεταβλητή αυτή αναφέρεται στην 6^η Ιανουαρίου 1980. Είναι η ημέρα που ξεκίνησε η λειτουργία του GPS και κάθε εβδομάδα από τότε αναφέρεται σαν GPS week. Έχει τιμή 44244.0 η οποία είναι η 6^η Ιανουαρίου του 1980 όταν τη μετράμε με βάση το modified Julian date (τροποποιημένη Ιουλιανή ημερομηνία).
- `mjd` (modified Julian date) : πρόκειται για συνεχόμενη μέτρηση ημερών από τις 17 Νοεμβρίου 1858 δηλαδή την 2400000.5^η ημέρα του Ιουλιανού ημερολογίου.
- `spd` : μεταβλητή η οποία ισούται με 86400 δηλαδή τα δευτερόλεπτα που έχει μία ημέρα.

Μεταβλητές :

- `year` : σαν τιμή παίρνει τη χρονιά που δίνεται.

- `day1` : σαν τιμή παίρνει τον αύξοντα αριθμό ημέρας που δίνει ο χρήστης. Απο αυτή την ημέρα θα αρχίσει να γίνεται λήψη αρχείων.
- `day2` : σαν τιμή παίρνει τον αύξοντα αριθμό ημέρας που δίνει ο χρήστης προκειμένου να τερματιστεί η λήψη αρχείων.
- `gpsweek` : σαν τιμή παίρνει την εβδομάδα GPS που υπολογίστηκε.
- `month` : η τιμή αυτής της μεταβλητής αναφέρεται στον μήνα που αντιστοιχούν οι τιμές των μεταβλητών `day1` και `day2`. Παίρνει τιμές απο 01 έως 12.
- `dow` : σαν τιμή παίρνει τον αύξοντα αριθμο ημέρας της εβδομάδας GPS που υπολογίστηκε προηγουμένως, δηλαδή απο 1 έως 7.

3.2.3 Το πρόγραμμα CRX2RNX

Όταν το πρόγραμμα `prepareauto.sh` κάνει λήψη των αρχείων με τις παρατηρήσεις των σταθμών του εξωτερικού, αυτά για να μην καταλαμβάνουν μεγάλο όγκο είναι συμπιεσμένα σε μια μορφή συμπίεσης που ονομάζεται Hattanaka. Προκειμένου να αποσυμπιεστούν έτσι ώστε να τα αναγνωρίζει το BERNESE χρησιμοποιείται το πρόγραμμα CRX2RNX.

3.2.4 Το πρόγραμμα prepareauto.sh

Αποτελεί το βασικό πρόγραμμα και κάνει όλη την προεπεξεργασία πριν από την χρησιμοποίηση του BERNESE. Είναι γραμμένο σε γλώσσα προγραμματισμού bash. Το prepareauto.sh εκτελείται σε περιβάλλον Linux και χρησιμοποιεί τις μεταβλητές που χρησιμοποιούν τα προγράμματα μετατροπής ημερομηνιών.

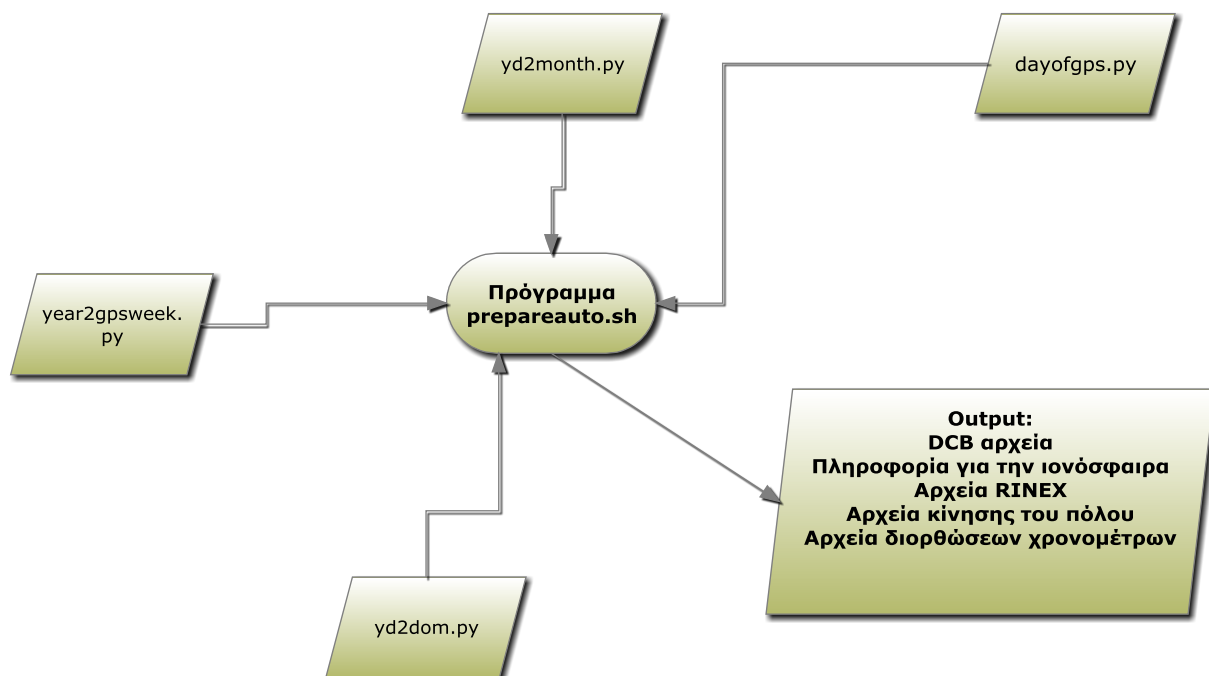
Οι ημερομηνίες στο πρόγραμμα prepareauto.sh δίνονται στην εξής μορφή: yyyy doy1 doy2 , που σημαίνει ότι το πρόγραμμα θα κατεβάσει τα αρχεία που αντιστοιχούν στο έτος που του δόθηκε (yyyy) από την ημέρα doy1 έως και την ημέρα doy2. Αυτό επίσης σημαίνει πως οι ημερομηνίες που δίνονται πρέπει να αφορούν την ίδια χρονιά. Παρακάτω περιγράφονται οι βασικές λειτουργίες του :

Βασικές λειτουργίες του prepareauto.sh :

- ✧ Καλεί τα προγράμματα μετατροπής ημερομηνιών.
- ✧ Ελέγχει εάν οι φάκελοι στους οποίους πρόκειται να αποθηκεύσει τα δεδομένα υπάρχουν στον υπολογιστή. Εάν δεν υπάρχουν τότε τερματίζεται το πρόγραμμα. Οι φάκελοι που αποθηκεύει τα αρχεία δημιουργούνται από το BERNESE μόλις ο χρήστης κατασκευάσει μία καμπάνια. Αυτό το βήμα αναλύεται στο κεφάλαιο 3.3 .
- ✧ Κάνει λήψη απο το ίντερνετ δεδομένα για τις τροχιές των δορυφόρων GPS. Τα αρχεία βρίσκονται σε ιστοσελίδα της CDDIS (Crustal Dynamics Data Information System) (<ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/pub/gps/products>) . Τα αρχεία έχουν τη μορφή IGSwwwwd.PRE όπου wwww είναι η εβδομάδα GPS και d η ημέρα της εβδομάδας.
- ✧ Κάνει λήψη των αρχείων για την κίνηση του πόλου της Γής. Τα αρχεία βρίσκονται σε ιστοσελίδα της CDDIS (<ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/pub/gps/products>) . Τα αρχεία έχουν τη μορφή IGSwwwwd.ERP όπου wwww είναι η εβδομάδα GPS και d η ημέρα της εβδομάδας.
- ✧ Κάνει λήψη των αρχείων DCB (Differential Code Biases) . Βρίσκονται στην ιστοσελίδα του Πανεπιστημίου της Βέρνης <ftp://ftp.unibe.ch/aiub/CODE> .

Ο χρήστης θα τα βρεί αποθηκευμένα με τη μορφή CODγγmm.DCB όπου γγ είναι η χρονιά σε διψήφια μορφή και mm ο μήνας με βάση τις τιμές που δόθηκαν στο πρόγραμμα. Το αρχείο CODγγmm.DCB προκύπτει από την ένωση δύο αρχείων, των P1C1γγmm.DCB και P1P2γγmm.DCB. Η ένωση γίνεται από το πρόγραμμα prepareauto.sh μετά την αποσυμπίεση με ταυτόχρονη διαγραφή των αρχικών αρχείων.

- ✧ Κάνει λήψη των αρχείων με πληροφορίες για την ιονόσφαιρα. Βρίσκονται στην ιστοσελίδα του Πανεπιστημίου της Βέρνης <ftp://ftp.unibe.ch/aiub/CODE> . Έχουν τη μορφή IONwwwwd.ION όπου wwwwd είναι η εβδομάδα GPS και η ημέρα της εβδομάδας.
- ✧ Κάνει λήψη των αρχείων RINEX των επιλεγμένων σταθμών GPS. Τα αρχεία βρίσκονται σε ιστοσελίδα της CDDIS (<ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/pub/gps/>) . Όταν αποθηκεύονται έχουν τη μορφή sssddd0.γγO όπου ssss είναι το όνομα του σταθμού ddd είναι η ημέρα που είχε δοθεί, γγ είναι η χρονιά μαζί με το χαρακτήρα "O" που σημαίνει πως το αρχείο περιέχει παρατηρήσεις (Observations).
- ✧ Αποσυμπιέζει όλα τα παραπάνω αρχεία και ειδικότερα τα αρχεία RINEX τα αποσυμπιέζει δύο φορές μία από τη μορφή .Z και μία καλώντας το πρόγραμμα CRX2RNX.



Εικόνα 3.1 Διάγραμμα ροής του προγράμματος *prepareauto.sh*

Figure 3.1 Flow chart of *prepareauto.sh*

3.2.5 Ποιότητα προϊόντων της λήψης του *prepareauto.sh*

Η πλειοψηφία των προϊόντων που κάνει λήψη το συγκεκριμένο πρόγραμμα είναι της υπηρεσίας IGS. Αυτή η υπηρεσία, αρχειοθετεί και διαμοιράζει δεδομένα παρατηρήσεων GPS και GLONASS, τα οποία συλλέγει από διάφορες υπηρεσίες όπως π.χ. η CODE. Το *prepareauto.sh* διαλέγει τα τελικά προϊόντα τα οποία απαιτούν και το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα για να παραχθούν.

Πιο συγκεκριμένα τα τελικά αποτελέσματα παράγονται σε 12 έως 18 ημέρες και έχουν ακρίβεια για την κίνηση του πόλου περίπου 4.5 mm/μέρα και για τις εφημερίδες των δορυφόρων περίπου 2.5 cm.

Τέλος να σημειωθεί ότι το κάθε αρχείο που κάνει λήψη το πρόγραμμα *prepareauto.sh* αναλύεται εκτενώς στο παρακάτω κεφάλαιο καθώς εκεί φαίνεται που χρησιμοποιείται το καθένα.

3.2.6 Προγράμματα της μηχανής BPE

Τα παρακάτω προγράμματα του BERNESE είναι αυτά που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία της αυτόματης επεξεργασίας. Όλα παραμετροποιήθηκαν και αποθηκεύτηκαν κατάλληλα, ώστε να μην χρειάζεται ο χρήστης να επέμβει κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας.

COOVEL

Πρόκειται για το πρώτο πρόγραμμα που χρησιμοποιεί η αυτόματη επίλυση και σκοπός του είναι να κάνει αναγωγή συντεταγμένων στην εποχή που μελετείται. Δέχεται δύο αρχεία, ένα αρχείο με συντεταγμένες στο σύστημα αναφοράς που επιλέγουμε και ένα αρχείο με τις ταχύτητες των σταθμών ως προς το σύστημα αυτό. Σαν αποτέλεσμα δίνει ένα αρχείο με τη μορφή APRyyddd0.CRD (όπου yy είναι η χρονιά, ddd η ημέρα των παρατηρήσεων και ένα μηδέν στο τέλος) το οποίο βρίσκεται στο φάκελο STA. Να σημειωθεί ότι αυτές τις συντεταγμένες των σταθμών τις κρατάμε σταθερές καθ' όλη τη διάρκεια της επεξεργασίας.

RXOBV3

Αυτό το πρόγραμμα μετατρέπει τα αρχεία με τις παρατηρήσεις από μορφή RINEX σε δυαδική (binary) μορφή. Ενώ τα αρχικά RINEX βρίσκονται στο φάκελο RAW τα αποτελέσματα του προγράμματος πηγαίνουν στον OBS. Κάθε αρχείο RINEX το αναλύει σε 4 αρχεία 2 με βάση τις μετρήσεις του κώδικα και 2 με βάση τη μετρηση της φάσης.

Ακόμη δημιουργεί ένα αρχείο της μορφής RXOyyddd0.CRD το οποίο περιλαμβάνει τις συντεταγμένες των σταθμών του δικτύου, οι οποίες προέρχονται απευθείας από τα αρχεία RINEX χωρίς καμία επεξεργασία.

CRDMERGE

Το CRDMERGE χρησιμοποιείται για την ένωση δύο αρχείων συντεταγμένων. Στην αυτόματη επεξεργασία εκτελείται τρεις φορές, μία μετά το προηγούμενο πρόγραμμα

RXOBV3, μία μετα την επίλυση του δικτύου από μετρήσεις κώδικα και τελευταία μετά το MAUPRP που εντοπίζει απώλειες κύκλων. Κάθε φορά ενώνει το αρχείο με τις συντεταγμένες των σταθμών που υλοποιούν το σύστημα αναφοράς με τις προσωρινές συντεταγμένες του τοπικού δικτύου.

POLUPD

Σαν αρχείο εισόδου αυτό το πρόγραμμα δέχεται το αρχείο για την κίνηση του πόλου (.ERP) και βρίσκεται στο φάκελο ORB. Το αρχείο περιέχει πληροφορίες σε ευδομαδιαία βάση και το πρόγραμμα δημιουργεί ένα καινούργιο αρχείο που περιέχει την κίνηση του πόλου σε καθημερινή βάση. Το αρχείο εξόδου έχει τη μορφή IGSwwwwd.ERP όπου wwwwd είναι η εβδομάδα GPS και η ημέρα της εβδομάδας.

PRETAB

Το πρόγραμμα PRETAB μετασχηματίζει τις τροχιές των δορυφόρων από το γήινο σύστημα σε ουράνιο σύστημα αναφοράς. Τα αρχεία εισόδου είναι το αρχείο της κίνησης του πόλου και το αρχείο με τις ακριβείς συντεταγμένες των δορυφόρων. Δημιουργεί το αρχείο IGSwwwwd.TAB όπου wwwwd είναι η χρονία και η ημέρα της χρονιάς που επεξεργάζεται.

ORBGEN

Το ORBGEN σχηματίζει τις τυποποιημένες τροχιές (standard orbits), χρησιμοποιώντας τις θέσεις των δορυφόρων από το προηγούμενο πρόγραμμα ως ψευδοαποστάσεις για μία επίλυση με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων. Δημιουργεί ένα αρχείο με κατάληξη .STD. Το αρχείο .STD περιέχει και τα τυπικά σφάλματα για κάθε δορυφόρο.

CODSPP

Υπολογίζει διορθώσεις για το χρονόμετρο του δέκτη χρησιμοποιώντας μετρήσεις κώδικα. Ακόμη μπορεί να φτιάξει ένα αρχείο συντεταγμένων με ελαφρώς βελτιωμένες συντεταγμένες. Το αρχείο αυτό είναι το CODByydd0.CDR όπου yyddd είναι η χρονιά και η ημέρα παρατήρησης. Ακόμη στο φάκελο OUT δημιουργεί ένα αρχείο CODSPP.OUT όπου ο χρήστης μπορεί να ελέγξει την επεξεργασία των παρατηρήσεων.

Να σημειωθεί πως το BERNESE χωρίζει τα σημεία που πρόκειται να επεξεργαστούν σε ομάδες των τριών και στη συνέχεια δημιουργεί ένα αρχείο συντεταγμένων για κάθε ομάδα. Τελικά ενώνονται όλα αυτά τα αρχεία στο CODByydd.CRD

SNGDIF

Το πρόγραμμα sngdif δημιουργεί απλές διαφορές και τις αποθηκεύει σε αρχεία. Το πρόγραμμα μπορεί να δημιουργεί απλές διαφορές για μετρήσεις τόσο του κώδικα όσο και της φάσης. Συνήθως μόνο οι απλές διαφορές της φάσης χρησιμοποιούνται για περαιτέρω επεξεργασία. Σαν αρχεία εισόδου δέχεται τα αρχεία των μηδενικών διαφορών και ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται είναι ο OBSERVATION MAX δηλαδή επιλέγει να δημιουργήσει βάσεις με βάση τους σταθμούς με τις περισσότερες κοινές παρατηρήσεις. Στον φάκελο OUT ο χρήστης θα βρεί αρχεία της μορφής π.χ. SNGDIF.001 όπου θα δει τα αρχεία με τις απλές διαφορές.

MAUPRP

Το συγκεκριμένο πρόγραμμα δέχεται σαν είσοδο τα αρχεία με τις απλές διαφορές που υπολογίστηκαν από το SNGDIF. Ακόμη ελέγχει τις παρατηρήσεις κοιτάζοντας για απώλειες κύκλων. Οι βάσεις και εδώ αναλύονται σε ομάδες των τριών και για κάθε ομάδα δημιουργείται ένα αρχείο συντεταγμένων στο φάκελο STA. Ύστερα όλα τα αρχεία αυτά ενώνονται σε ένα ενιαίο αρχείο συντεταγμένων με τη μορφή TEMPyyddd.CRD .

GPSEST

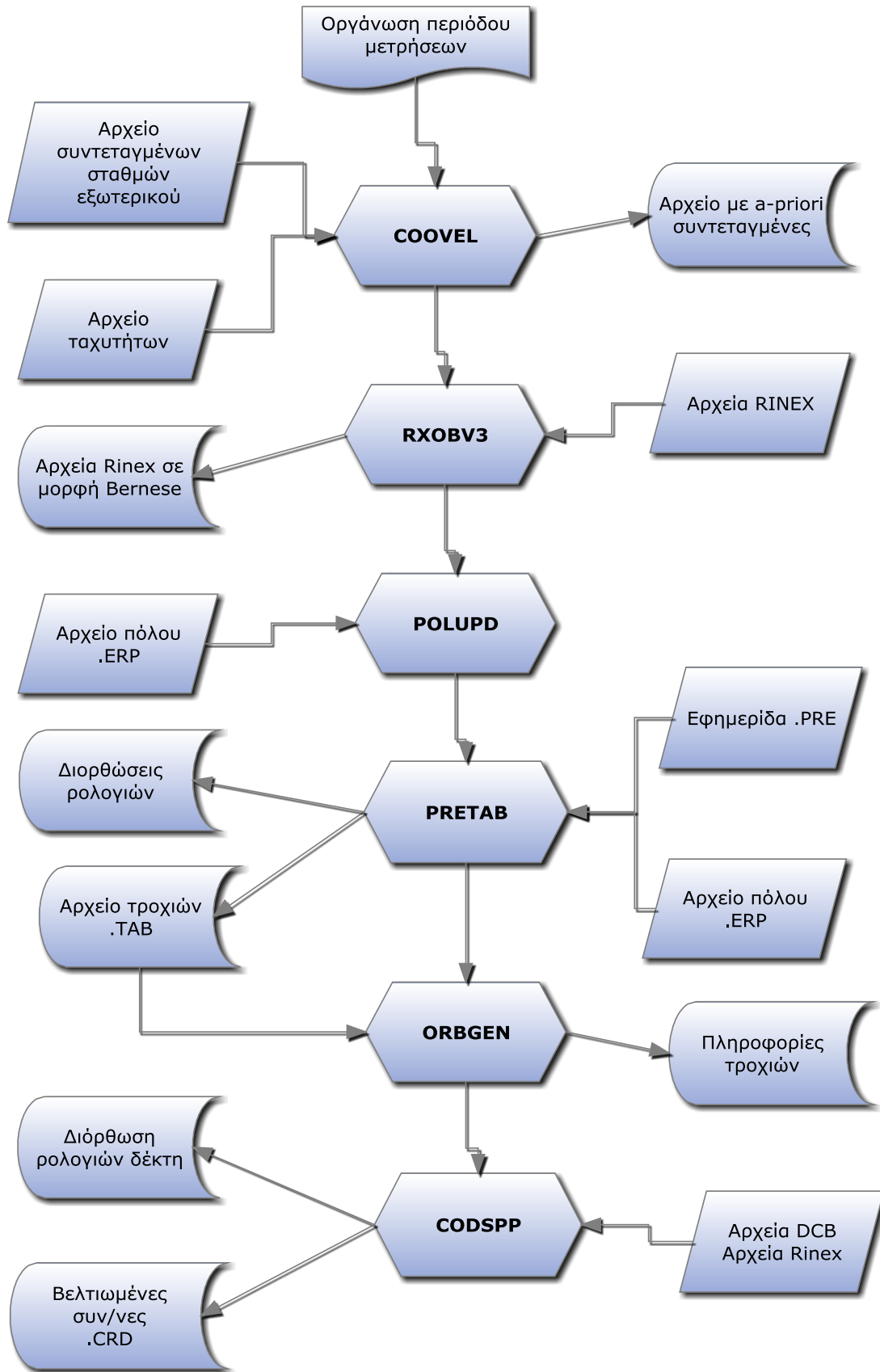
Εκτελείται τέσσερις φορές. Η καθεμία αναλύεται παρακάτω :

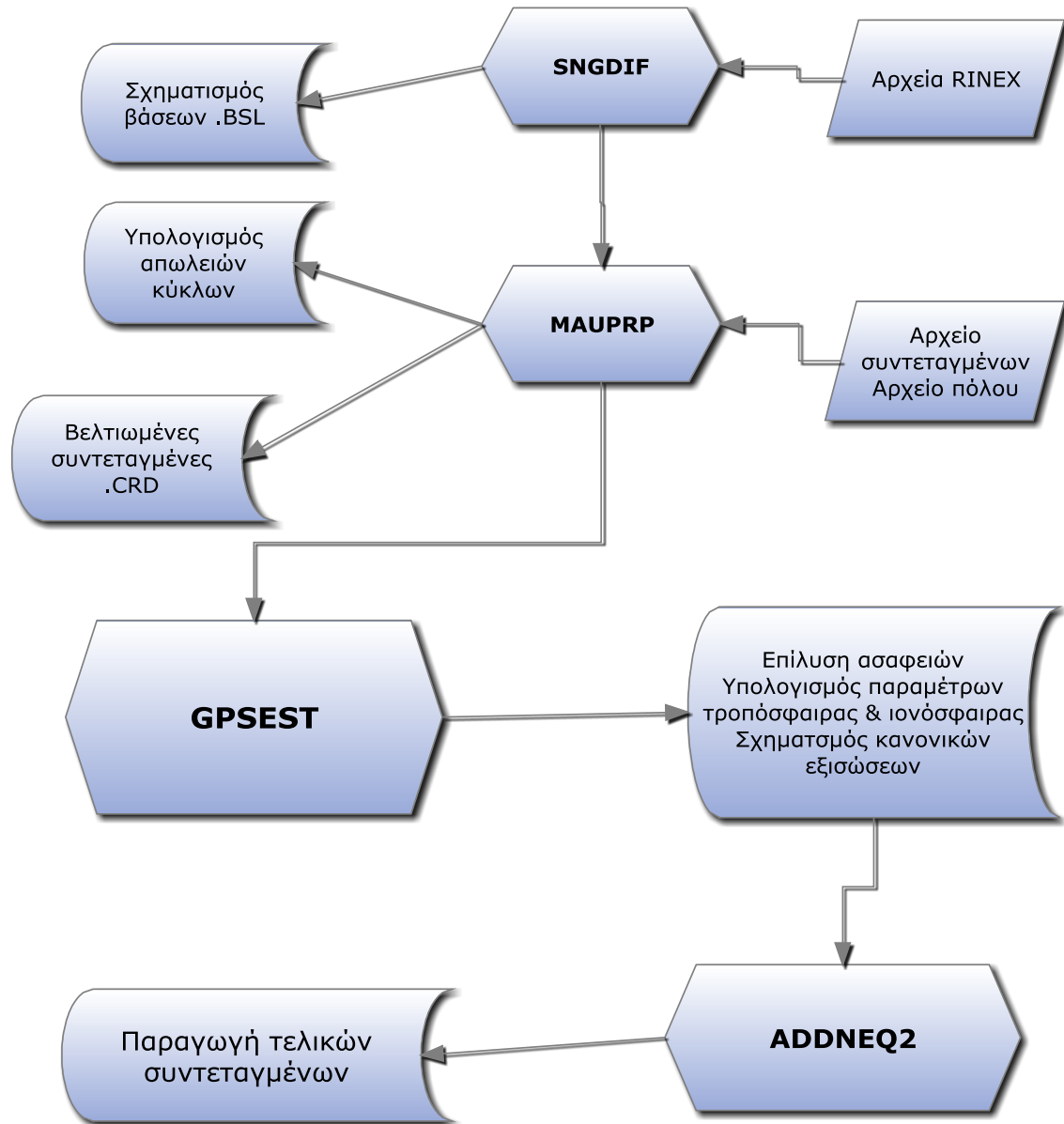
- Υπολογίζει τροποσφαιρικές παραμέτρους για κάθε σημείο ξεχωριστά. Σαν αποτέλεσμα δημιουργεί ένα αρχείο της μορφής TROydddd.TRP όπου yyddd είναι η χρονιά και η ημέρα παρατήρησης.
- Επιλύει τις ασάφειες με τη μέθοδο QIF. Επιλέγει τις βάσεις που έχουν μήκος πάνω από 20 Km καθώς οι πιο μικρές επιλύονται αργότερα με διαφορετική μέθοδο. Στο φάκελο .OUT ο χρήστης βρίσκει αρχεία της μορφής QIFyddddQ.SUM όπου περιγράφονται αναλυτικά όλες οι βάσεις που επιλύθηκαν, το μήκος της κάθε βάσης καθώς και το ποσοστό των ασαφειών που επιλύθηκε. Το αρχείο αυτό παράγεται απο το πρόγραμμα GPSXTR.
- Επιλύει τις ασάφειες με τη μέθοδο SIGMA. Επιλέγει τις βάσεις που έχουν μήκος έως 20 Km. Στο φάκελο .OUT ο χρήστης βρίσκει αρχεία της μορφής SIGyddddQ.SUM όπου και εδώ περιγράφονται αναλυτικά όλες οι βάσεις που επιλύθηκαν, το μήκος της κάθε βάσης καθώς και το ποσοστό των ασαφειών που επιλύθηκε. Το αρχείο αυτό παράγεται απο το πρόγραμμα GPSXTR.
- Δημιουργεί τα αρχεία με τις κανονικές εξισώσεις που χρησιμοποιούνται αργότερα στην τελική συνόρθωση του δικτύου.

ADDNEQ2

Χρησιμοποιεί τις κανονικές εξισώσεις για τον υπολογισμό των τελικών συντεταγμένων. Στο πρόγραμμα εισάγεται ένα αρχείο με κατάληξη .FIX το οποίο περιέχει τους σταθμούς του δικτύου που ο χρήστης επιθυμεί να παραμείνουν σταθεροί και που υλοποιούν το σύστημα αναφοράς. Αποτελεί το τελευταίο πρόγραμμα στη διαδικασία

επίλυσης. Οι τελικές συντεταγμένες βρίσκονται στον φάκελο STA και είναι της μορφής FCOγγddd.CRD όπου γγ είναι η χρονιά και ddd η ημέρα των μετρήσεων.





Εικόνα 3.2 Διάγραμμα ροής των προγραμμάτων της μηχανής BPE

Figure 3.2 Flow chart of BPE's engine programs

3.2.7 Τα αρχεία PCF & .STA

Το PCF είναι το αρχείο που περιέχει τις πληροφορίες σχετικά με την σειρά που θα εκτελεστούν τα προγράμματα του BERNESE και ποια προγράμματα θα εκτελεστούν παράλληλα. Έχει συγκεκριμένη μορφή και συνεπώς όποιος επιθυμεί να κάνει αλλαγές πρέπει να προσέχει τη διάταξη.

Το PCF είναι το πιο σημαντικό αρχείο στην μηχανή BPE. Σε αυτή τη διπλωματική εργασία τα προγράμματα τοποθετήθηκαν με τη σειρά που παρουσιάζονται στο διάγραμμα ροής (εικόνα 3.2).

```
#
# Form baselines, preprocess and screen phase data, save cluster
# NEQ files
#
-----
301 SNGDIF   AAA_GEN           ANY      1 004
311 MAUPRPAP AAA_GEN           ANY      1 301
312 MAUPRP_P AAA_GEN           ANY      1 311
#313 MPRXTR  AAA_GEN           ANY      1 312
005 CRDMERGE CCC_GEN           ANY      1 312
315 MAUPRPAP BBB_GEN           ANY      1 005
316 MAUPRP_P BBB_GEN           ANY      1 315
321 GPS EDTAP R2S_GEN           ANY      1 005
322 GPS EDT_P R2S_EDT           ANY      1 321
331 GPSCHK   R2S_GEN           ANY      1 322
#
# Compute ambiguity-float network solution, resolve phase
# ambiguities
#
-----
411 GPSQIFAP AAA_QIF           ANY      1 005
412 GPSQIF_P AAA_QIF           ANY      1 411
413 GPSQIFAP BBB_QIF           ANY      1 412
414 GPSQIF_P BBB_QIF           ANY      1 413
415 GPSQIFAP CCC_QIF           ANY      1 414
416 GPSQIF_P CCC_QIF           ANY      1 415
#
# Compute ambiguity-fixed network solution, create final
# NEQ/SNX/TRO files
#
-----
501 GPSEST   AAA_FIN           ANY      1 416
502 GPSEST   BBB_FIN           ANY      1 501
511 ADDNEQ2  CCC_FIN           ANY      1 502
#
# Create summary file, save results, and delete files
#
#
# End of BPE
```

Εικόνα 3.3 Τμήμα του αρχείου PCF

Figure 3.3 Part of a PCF file

Όπως φαίνεται στην εικόνα 3.3 κάθε γραμμή του αρχείου PCF περιλαμβάνει το όνομα του προγράμματος που θα εκτελεστεί μαζί με τον κωδικό του. Στο τέλος της κάθε γραμμής υπάρχει ένας άλλος κωδικός που αντιστοιχεί στο προηγούμενο πρόγραμμα που πρέπει να εκτελεστεί, τα αποτελέσματα του οποίου πολλές φορές χρησιμοποιούνται απο το επόμενο.

Το αρχείο .STA περιέχει πληροφορίες για τους δέκτες και τις κεραιές των σταθμών. Αυτό το αρχείο πρέπει να ενημερωθεί από το χρήστη με τους σταθμούς του τοπικού δικτύου και τις προδιαγραφές των δεκτών τους. Εάν δεν υπάρχει τέτοιο αρχείο ή δεν είναι ενημερωμένο επαρκώς η αυτόματη επίλυση σταματάει.

3.3 Πως δουλεύει η αυτόματη επίλυση

Δύο πράγματα που πρέπει να κάνει ο χρήστης πριν από οποιαδήποτε επεξεργασία είναι τα ακόλουθα:

- Θα πρέπει να έχει φτιάξει μία καμπάνια μέσα στο BERNESE 5.0 και να την έχει ονομάσει όπως αυτός επιθυμεί.
- Θα πρέπει να αντιγράψει τους φακέλους με τις παραμέτρους αναφοράς (AAA_GEN, AAA_QIF, AAA_FIN) στο /GPSUSER/OPT. Ακόμη το αρχείο TEST.PCF στο /GPSUSER/PCF, τα αρχεία RINEX στο φάκελο RAW της καμπάνιας, τα αρχεία .STA, .ABB και αυτά με τις συντεταγμένες και τις ταχύτητες των σταθμών ως προς το σύστημα αναφοράς που έχει επιλέξει στο φάκελο STA.

3.3.1 Στάδιο 1^ο (χρήση του προγράμματος prepareauto.sh)

Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή η αυτόματη επίλυση λειτουργεί σε περιβάλλον Linux. Το prepareauto.sh κάνει λήψη από το ιντερνέτ όλα τα απαραίτητα αρχεία προκειμένου να ξεκινήσει η διαδικασία. Τα προϊόντα που κατεβαίνουν είναι της υπηρεσίας IGS και της CODE. Παρακάτω φαίνονται τα βήματα που ακολουθούνται:

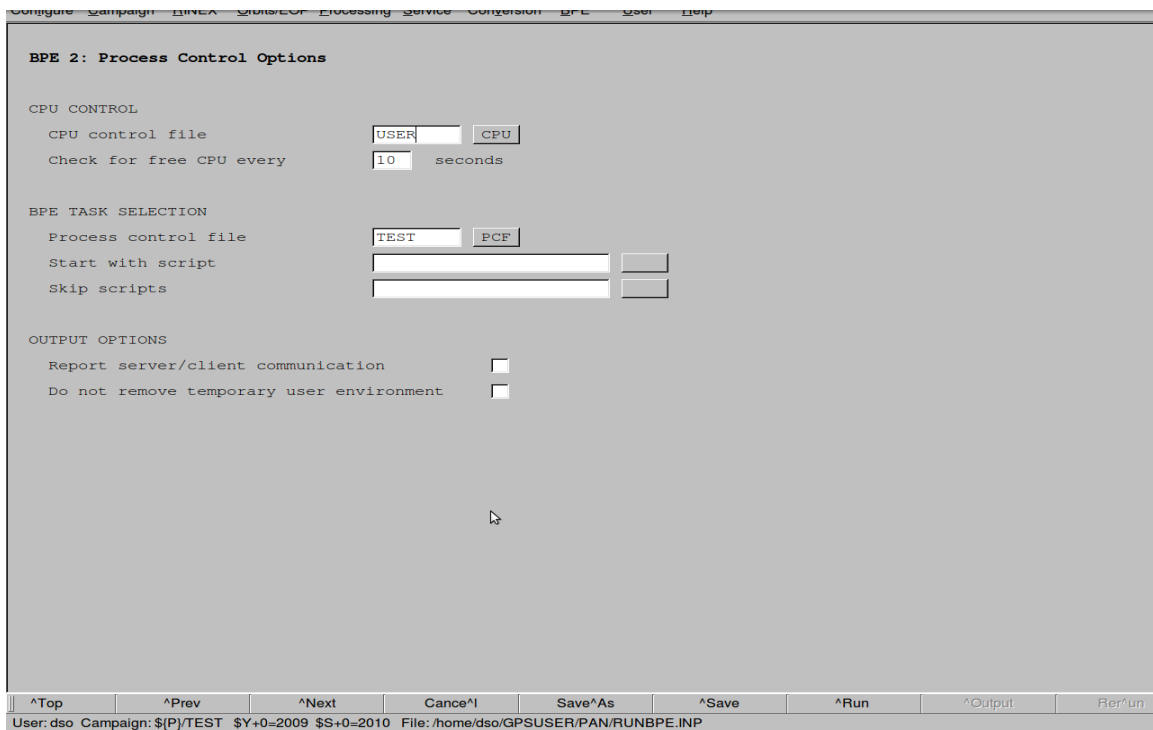
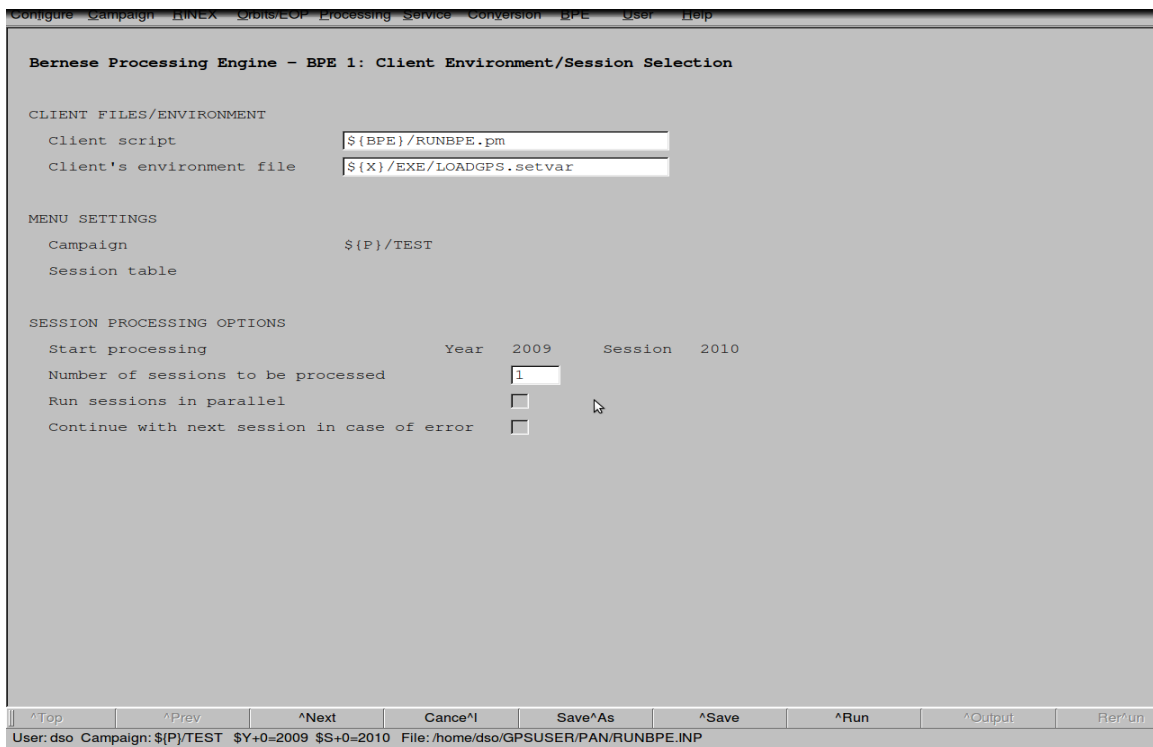
- Αφού έχει δημιουργηθεί μία καμπάνια μέσα στο BERNESE με το όνομα π.χ. TEST, ο χρήστης αποθηκεύει τον φάκελο με τα προγράμματα μετατροπής ημερομηνιών (στο CD θα τον βρεί με το όνομα exe) στον υπολογιστή.
- Στη συνέχεια θα πρέπει να ανοίξει το πρόγραμμα prepareauto.sh και να πληκτρολογήσει τη διαδρομή που βρίσκεται η καμπάνια του. Π.χ. home/gamma/GPSDATA/TEST/. Εδώ, το gamma είναι ο user του υπολογιστή και το TEST το όνομα της καμπάνιας.
- Αφού ολοκληρώσει το προηγούμενο βήμα εκτελεί το prepareauto.sh μέσω του terminal. Οι μεταβλητές εισάγονται με τη μορφή yyyy doy1 doy2 ssss ssss... όπου yyyy είναι η χρονιά, doy1 και doy2 ο αύξων αριθμός ημέρας της έναρξης και του τερματισμού λήψης αρχείων αντίστοιχα, και ssss ο τετραψήφιος κωδικός του σταθμού για τον οποίο επιθυμεί να κάνει λήψη του αρχείου RINEX. Ο χρήστης μπορεί να πληκτρολογήσει όσους κωδικούς σταθμών επιθυμεί. Για

παράδειγμα εάν πληκτρολογήσει ***prepareauto.sh 2010 201 230 ankr mate mets bor1*** αυτό σημαίνει πως το πρόγραμμα θα κατεβάσει τα αρχεία της ιονόσφαιρας, τα αρχεία διόρθωσης του πόλου, τα αρχεία DCB, τα αρχεία διόρθωσης των τροχιών των δορυφόρων απο την ημέρα 201 έως και την ημέρα 230. Στη συνέχεια θα κατεβάσει τα αρχεία RINEX για τους σταθμούς που πληκτρολογήθηκαν για τις ημέρες 201 έως και 230 του 2010. Όλα τα αρχεία αποσυμπιέζονται και το καθένα αποθηκεύεται στον φάκελο που του αντιστοιχεί έτσι ώστε να είναι έτοιμα για να τα χρησιμοποιήσει το BERNESE.

3.3.2 Στάδιο 2^ο (χρήση του BERNESE)

Το BERNESE δίνει τη δυνατότητα μέσω των αρχείων PCF και της διαδικασίας BPE να δημιουργεί ο χρήστης μια λίστα από προγράμματα τα οποία εκτελούνται με τη σειρά που επιθυμεί και με τις παραμέτρους που επιθυμεί. Ένα τέτοιο αρχείο που κατασκευάστηκε είναι το TEST.PCF και παρακάτω φαίνεται ο τρόπος που χρησιμοποιείται. Έτσι ο χρήστης:

- Ανοίγει το BERNESE και πατάει BPE → Start BPE process. Στο παράθυρο που ανοίγει επιλέγει το αρχείο PCF. Στο νέο παράθυρο που ανοίγει ελέγχει αν η ημερομηνία που αφορά την επεξεργασία είναι σωστή και αν το BERNESE θα φορτώσει το σωστό αρχείο με τις μεταβλητές (LOADGPS.setvar). Στη συνέχεια επιλέγει το αρχείο που αφορά τον επεξεργαστή το οποίο είναι το USER, και πληκτρολογεί το όνομα του αρχείου PCF. Στην τελευταία καρτέλα βλέπει τις μεταβλητές που θα χρησιμοποιήσει το BERNESE. Στις εικόνες που ακολουθούν φαίνονται οι δύο πρώτες καρτέλες που βλέπει ο χρήστης της μηχανής BPE.



Εικόνα 3.3-1 Οι δύο καρτέλες της μηχανής BPE. – Figure 3.3.-1 First two tabs of BPE

3.4 Παρατηρήσεις - Προβλήματα και λύσεις της μηχανής αυτόματης επίλυσης

Κατά τη διάρκεια της αυτόματης επίλυσης ο χρήστης δεν χρειάζεται να επέμβει σε κανένα σημείο. Ύστερα από μερικά λεπτά θα βρει στο φάκελο STA τις τελικές συντεταγμένες. Αξίζει όμως να αναφερθούν κάποια από τα αρχεία που κατασκευάζει το BERNESE όσο κρατά η επίλυση.

- ✓ Πολύ σημαντικά αρχεία είναι τα αρχεία με τις προσωρινές συντεταγμένες του δικτύου. Έχουν τη μορφή RXOγγddd.CRD, CODByγddd.CRD και TEMPγγddd.CRD όπου γγ είναι η χρονιά και ddd η ημερομηνία των παρατηρήσεων. Πρόκειται για τα αρχεία που περιέχουν τις προσωρινές συντεταγμένες όλων των σταθμών μετά από κάθε βήμα που εκτελείται. Να σημειωθεί πως οι συντεταγμένες των σταθμών που υλοποιούν το σύστημα αναφοράς παραμένουν οι ίδιες κάθε φορά.
- ✓ Τα αρχεία RINEX θα πρέπει να αναγράφονται με κεφαλαία γράμματα διαφορετικά δεν τα δέχεται το BERNESE.
- ✓ Τα αρχεία RINEX περιέχουν πληροφορίες για τους δέκτες όπως το όνομα και οι τεχνικές τους προδιαγραφές. Το BERNESE είναι ενημερωμένο με σχεδόν όλους τους δέκτες, όμως υπάρχει περίπτωση να μην αναγνωρίζει κάποιον δέκτη. Τότε συμβαίνουν δύο ενδεχόμενα: i) το BERNESE δεν έχει τον συγκεκριμένο δέκτη μέσα στη μνήμη, οπότε ο χρήστης θα πρέπει να τον βάλει μόνος του ii) το όνομα του δέκτη που έχει το RINEX δεν είναι ακριβώς το ίδιο με αυτό που έχει το BERNESE στη μνήμη του. Σε αυτή την περίπτωση ο χρήστης αλλάζει το όνομα του δέκτη στο αρχείο RINEX. Το αρχείο του BERNESE που έχει αποθηκευμένους τους δέκτες και τις κεραίες είναι το PHAS_COD.I05 που βρίσκεται στο φάκελο /BERN50/GPS/GEN/ .
- ✓ Τα αρχεία RINEX θα πρέπει να έχουν την εξής μορφή προκειμένου να τα διαβάσει το BERNESE : π.χ. ANKR1430.100 . Δηλαδή πρέπει να υπάρχει ένα μηδενικό μετά την ημέρα της παρατήρησης (εδώ η 143) και στο τέλος ένα "0". Σε περίπτωση που σε μία εποχή έγιναν δύο φορές μετρήσεις για το ίδιο σημείο (και υπάρχουν 2 αρχεία RINEX με τη μορφή π.χ. ANKR1431.100 και ANKR1432.100) τότε προτείνεται η ένωση τους σε ένα αρχείο RINEX. Αυτό μπορεί να γίνει μέσα από το BERNESE.

4. Εφαρμογή στο δίκτυο της λίμνης Κάρλας

Ως έλεγχος για τη χρήση της αυτόματης επίλυσης επιλέχθηκε το δίκτυο της λίμνης Κάρλας στο νομό Μαγνησίας το οποίο είχε λυθεί και στην διπλωματική εργασία του φοιτητή της Σ.Α.Τ.Μ. Γιώργου – Κυριάκου Πιτσικάλη. Έτσι είναι εφικτή η σύγκριση μεταξύ των δυο αποτελεσμάτων. Ακόμη έγινε σύγκριση και με τα αποτελέσματα απο τη λύση του δικτύου απο το Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου του τομέα τοπογραφίας της Σ.Α.Τ.Μ.

Στη συγκεκριμένη περιοχή έχουν γίνει μέχρι σήμερα 4 σειρές μετρήσεων για τον προσδιορισμό καθιζήσεων που παρατηρούνται τα τελευταία 20 περίπου χρόνια. Η λίμνη Κάρλα είχε αποξηρανθεί τη δεκαετία του '60 με σκοπό να δημιουργηθούν νέες καλλιεργήσιμες εκτάσεις στη θέση της. Από τα τέλη της δεκαετίας του '80 όμως και λόγω της εκτεταμένης υπεράντλησης υπογείων υδάτων έχουν παρατηρηθεί σοβαρές καθιζήσεις στη ευρύτερη περιοχή. Κάθε χρόνο μετά το τέλος του καλοκαιριού το έδαφος υποχωρεί, δημιουργώντας ρήγματα τα οποία σε αρκετές περιπτώσεις περνούν κάτω από σπίτια. Γενικότερα η περιοχή αντιμετωπίζει τα εξής προβλήματα:

- Πτώση του υδροφόρου ορίζοντα
- Εμφάνιση ρηγμάτων που περνούν μέσα και από χωριά
- Εισχώρηση θαλασσινού νερού στον υδροφόρο ορίζοντα λόγω της υπεράντλησης
- Καταστροφή της χλωρίδας και πανίδας της περιοχής
- Αδυναμία υδροδότησης των οικισμών και των εκτάσεων που βρίσκονται πλησίον

Για να αντιμετωπιστεί η κατάσταση η τοπική αυτοδιοίκηση έχει αποφασίσει τη μερική αποκατάσταση της λίμνης. Θα γεμίσει με νερό μια έκταση 42.000 στρεμμάτων με σκοπό να σταματήσει η καθίζηση του εδάφους, να σταματήσει η εισροή θαλασσινού νερού και να αποκατασταθεί η χλωρίδα και η πανίδα της περιοχής.

Γι αυτό το λόγο έγιναν μετρήσεις με τη χρήση σταθμών GPS έτσι ώστε να υπολογιστούν οι μικρομετακινήσεις. Οι 4 σειρές μετρήσεων πραγματοποιήθηκαν τον Ιούλιο του 2009, τον Απρίλιο του 2010, τον Νοέμβριο του 2010 και Απρίλιο του 2011.

Για το σκοπό των μετρήσεων ιδρύθηκαν 18 σημεία. Ακόμη είχε τοποθετηθεί ένας δέκτης στο χωριό Στεφανοβίκειο και μετρούσε όλες τις μέρες που πραγματοποιήθηκαν.



Εικόνα 4.1 Χάρτης της περιοχής όπου φαίνονται τα σημεία του δικτύου

Figure 4.1 Map of the region with the points

Υλοποίηση συστήματος αναφοράς

Όλα τα σημεία του τοπικού δικτύου εντάσσονται στο σύστημα αναφοράς ITRF 05. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό χρησιμοποιήθηκαν μόνιμοι σταθμοί του εξωτερικού. Αυτοί οι σταθμοί είναι: Βουκουρέστι (bucu), Graz, Κωνσταντινούπολη (ista), Ματέρα (mate), Λευκωσία (nico), Σόφια (sofi) και Wettzell (wtzl). Ακόμη στην επίλυση του δικτύου εκτός από το μόνιμο σταθμό του Στεφανοβικείου χρησιμοποιήθηκαν και οι σταθμοί της Αρκίτσας και του Κλοκοτού. Σε όλες τις καμπάνιες χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιοι σταθμοί για την υλοποίηση του συστήματος αναφοράς.

Επίλυση ασαφειών

Όπως προαναφέρθηκε οι βάσεις των οποίων το μήκος ήταν πάνω από 20Km επιλύθηκαν με τη μέθοδο QIF και οι υπόλοιπες με τη μέθοδο SIGMA. Αυτό συνέβη διότι η SIGMA ενδείκνυται για μικρού μήκους βάσεις. Παρακάτω φαίνεται ενδεικτικά ο πίνακας με τις βάσεις που δημιουργήθηκαν και με τα αντίστοιχα ποσοστά των ασαφειών που επιλύθηκαν για την πρώτη καμπάνια καθώς και ο πίνακας με τους κωδικούς των σημείων:

| Σημείο | | Σημείο | |
|-----------------------|----|-------------------------|----|
| ARK2 (Αρκίτσα) | AR | KA15 | K5 |
| BUCU (Βουκουρέστι) | BU | KA16 | A6 |
| DION (Διόνυσος) | DI | KA17 | K7 |
| GRAZ | GR | KA18 | A8 |
| ISTA (Κων/πολη) | IS | KLOK (Κλοκοτό) | KL |
| KA01 | KA | MATE (Ματέρα) | MA |
| KA02 | K0 | NICO (Λευκωσία) | NI |
| KA03 | K3 | NOT1 | NO |
| KA04 | K4 | SOFI (Σόφια) | SO |
| KA05 | A0 | STEF (Στεφανοβίκειο) | ST |
| KA06 | K6 | WTZL (Wetzell) | WT |
| KA07 | A7 | | |
| KA08 | K8 | | |
| KA09 | K9 | | |
| KA10 | K1 | | |
| KA11 | A1 | | |
| KA12 | K2 | | |
| KA13 | A3 | | |
| KA14 | A4 | | |

Ημέρα 201

| Βάση | % |
|------|-----|
| ARSO | 92% |
| BUIS | 95% |
| BUMA | 89% |
| BUSO | 96% |
| BUWT | 91% |
| DIIS | 93% |
| GRWT | 95% |
| ISNI | 90% |
| KLSO | 91% |
| NOSO | 91% |
| SOST | 94% |

Ημέρα 202

| Βάση | % |
|------|------|
| A1ST | 100% |
| A3ST | 100% |
| KOST | 100% |
| K1ST | 100% |
| K3ST | 100% |
| K4ST | 100% |
| K5ST | 100% |
| K7ST | 100% |
| K9ST | 100% |
| CAST | 100% |
| ARSO | 92% |
| BUIS | 89% |
| BUMA | 95% |
| GRMA | 93% |
| BUSO | 94% |
| BUWT | 91% |
| DIIS | 92% |
| ISNI | 89% |
| KLSO | 95% |
| NOSO | 94% |
| SOST | 91% |

Ημέρα 203

| Βάση | % |
|------|------|
| A4ST | 75% |
| A6ST | 93% |
| A7ST | 100% |
| A8ST | 100% |
| K2ST | 100% |
| K6ST | 96% |
| K8ST | 96% |
| ARIS | 89% |
| BUIS | 95% |
| BUMA | 91% |
| BUSO | 93% |
| GRWT | 94% |
| BUWT | 87% |
| DIIS | 95% |
| KLSO | 88% |
| MANO | 91% |
| SOST | 93% |

4.1 Καμπάνια 1^η (Ιούλιος 2009)

Η καμπάνια αυτή έλαβε χώρα στις 17-18-19 Ιουλίου 2009 και ήταν η πρώτη σειρά μετρήσεων. Οι μετρήσεις έγιναν από ομάδα φοιτητών της σχολής Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ υπό την επίβλεψη του καθηγητή Δημήτρη Παραδείση καθώς και από τον ερευνητή του ΕΑΑ κ. Αθ. Γκανά, ο οποίος είναι και ο υπεύθυνος αυτού του έργου. Παράλληλα, τα σημεία που ήταν σε τριγωνομετρικά βάθρα της ΓΥΣ υλοποιήθηκαν με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε οι κεραιές που θα τοποθετούντο εκεί να βίδωναν πάνω στο βάθρο για να μην έχουμε σφάλμα κέντρωσης, επειδή τα ίδια σημεία θα χρησιμοποιούνται και στις επόμενες καμπάνιες.

| ΣΗΜΕΙΟ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | ΩΡΑ ΕΝΑΡΞΗΣ | ΩΡΑ ΛΗΞΗΣ | ΣΧΟΛΙΑ | ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ | ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ | ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (μέτρα) |
|--------|------------|-------------|----------------------|-----------------|--------------|--------------------|----------------------|
| KA01 | 21/7/2009 | 14:53:45 | 18:20:45 | στραβή κέντρωση | JAVAD | JAVAD | 11,75 |
| KA02 | 21/7/2009 | 6:37:15 | 10:39:00 | | 4000 Ssi | COMPACT L1/L2 W/GP | 11,9 |
| KA03 | 21/7/2009 | 11:29:00 | 18:05:30 | | 4000 Ssi | COMPACT L1/L2 W/GP | 11,9 |
| KA04 | 21/7/2009 | 11:14:30 | 17:57:30 | στραβή κέντρωση | TOPCON | JAVAD | 11,25 |
| KA05 | 22/7/2009 | 7:32:45 | 11:05:00 | | 4000 Ssi | COMPACT L1/L2 W/GP | 150,3 |
| KA06A | 22/7/2009 | 7:19:00 | 11:18:45 | | JAVAD | JAVAD | 10,55 |
| KA07 | 22/7/2009 | 7:33:45 | 10:35:45 | | 4000 Ssi | ZEPHYR GEOD | 10,66 |
| KA08 | 22/7/2009 | 11:44:30 | 17:15:45 | στραβή κέντρωση | JAVAD | JAVAD | 11,15 |
| KA09 | 21/7/2009 | 13:41:45 | 17:36:45 | στραβή κέντρωση | 4000 Ssi | ZEPHYR GEOD | 12,63 |
| KA10 | 21/7/2009 | 6:18:15 | 10:24:45 | | 4000 Ssi | COMPACT L1/L2 W/GP | 92,10 |
| KA11 | 21/7/2009 | 14:22:45 | 17:53:30 | | 4000 Ssi | COMPACT L1/L2 W/GP | 14 |
| KA12 | 22/7/2009 | 8:30:15 | 15:18:00 | | 4000 Ssi | COMPACT L1/L2 W/GP | 11,4 |
| KA13 | 21/7/2009 | 6:42:15 | 10:56:30 | | TRIMBLE 4000 | ZEPHYR GEOD | 6,5 |
| KA14 | 22/7/2009 | 11:42:30 | 16:09:30 | | 4000 Ssi | COMPACT L1/L2 W/GP | 143,4 |
| KA15 | 21/7/2009 | 7:04:45 | 10:49:30 | στραβή κέντρωση | JAVAD | JAVAD | 10,85 |
| KA16 | 22/7/2009 | 16:13:30 | 20:26:15 | | 4000 Ssi | COMPACT L1/L2 W/GP | 12 |
| KA17 | 21/7/2009 | 6:40:15 | 10:45:00 | | JAVAD | JAVAD | 11,4 |
| KA18 | 22/7/2009 | 12:07:15 | 16:24:30 | | TOPCON | JAVAD | 11,48 |
| RFRN | 20/7/2009 | 15:33:15 | 20:36:15(22/07/2009) | | 4000 Ssi | COMPACT L1/L2 W/GP | 11,4 |

Πίνακας 4.1-1 Έντυπο υπαίθρου 1^{ης} καμπάνιας "Ιούλιος 2009" - Table 4.1-1 Field log for the 1st campaign in July 2009

4.1.3 Πίνακες αποτελεσμάτων

Καμπάνια 1^η (Ιούλιος 2009)

| | X (m) | Y (m) | Z (m) |
|------|-------------|-------------|-------------|
| KA01 | 4550657.363 | 1904934.651 | 4029336.903 |
| KA02 | 4548889.508 | 1910616.765 | 4028656.83 |
| KA03 | 4544426.195 | 1910076.798 | 4033893.75 |
| KA04 | 4547414.045 | 1908180.218 | 4031393.83 |
| KA05 | 4553077.612 | 1901436.185 | 4028519.353 |
| KA06 | 4543929.055 | 1906386.198 | 4036131.294 |
| KA07 | 4540828.687 | 1917489.098 | 4034418.51 |
| KA08 | 4545975.811 | 1895631.85 | 4038910.309 |
| KA09 | 4542566.213 | 1905834.338 | 4037919.195 |
| KA10 | 4548783.423 | 1906628.916 | 4030601.017 |
| KA11 | 4540762.957 | 1898702.002 | 4043261.435 |
| KA12 | 4543383.4 | 1900439.353 | 4039525.953 |
| KA13 | 4548686.016 | 1898732.831 | 4034433.484 |
| KA14 | 4548688.289 | 1902232.29 | 4032805.26 |
| KA15 | 4544208.351 | 1918363.962 | 4030745.494 |
| KA16 | 4545877.043 | 1900179.824 | 4036865.214 |
| KA17 | 4540426.973 | 1914880.559 | 4036452.668 |
| KA18 | 4552194.317 | 1906653.827 | 4026887.771 |
| STEF | 4547440.103 | 1906201.130 | 4032307.739 |

Πίνακας 4.1-2 Τελικές συντεταγμένες όλων των σταθμών

Table 4.1-2 Final coordinates of all stations

| | ϕ | λ | h (m) |
|------|--------------------|-------------------|---------|
| KA01 | 39° 25' 46.05111" | 22° 42' 52.20508" | 125.432 |
| KA02 | 39° 25' 17.34375" | 22° 46' 59.86641" | 131.441 |
| KA03 | 39° 28' 57.55126" | 22° 47' 51.35673" | 120.335 |
| KA04 | 39° 27' 13.33298" | 22° 45' 49.80560" | 90.975 |
| KA05 | 39° 35' 32.30589" | 22° 41' 31.37855" | 86.585 |
| KA06 | 39° 32' 55.16101" | 22° 41' 56.17123" | 87.237 |
| KA07 | 39° 29' 20.41071" | 22° 39' 24.66292" | 113.454 |
| KA08 | 39° 28' 11.80555" | 22° 41' 39.72867" | 121.142 |
| KA09 | 39° 25' 7.38378" | 22° 39' 58.23269" | 288.635 |
| KA10 | 39° 30' 32.45807" | 22° 45' 37.00440" | 87.103 |
| KA11 | 39° 29' 19.70393" | 22° 53' 35.63602" | 116.331 |
| KA12 | 39° 30' 39.14723" | 22° 52' 1.58916" | 342.063 |
| KA13 | 39° 32' 28.63141" | 22° 38' 8.54243" | 111.203 |
| KA14 | 39° 31' 3.20635" | 22° 41' 5.86354" | 90.761 |
| KA15 | 39° 31' 47.51325" | 22° 45' 37.77333" | 90.674 |
| KA16 | 39° 26' 36.58299" | 22° 53' 14.35994" | 448.056 |
| KA17 | 39° 26' 39.82594" | 22° 44' 27.82483" | 99.076 |
| KA18 | 39° 24' 1.84251" | 22° 43' 33.67897" | 178.645 |
| ARK2 | 38° 45' 18.35805 " | 23° 2' 1.08136" | 43.190 |
| KLOK | 39° 33' 53.04897 " | 22° 0' 51.78583" | 138.559 |
| STEF | 39° 27' 51.49088 " | 22° 44' 33.04325" | 99.570 |

Πίνακας 4.1-3 Τελικές συντεταγμένες όλων των σταθμών

Table 4.1-3 Final coordinates of all stations

4.2 Καμπάνια 2η (Απρίλιος 2010)

Η Καμπάνια αυτή διεξήχθη στην περιοχή μελέτης μας την 17-18-19-20 Απριλίου 2010. Χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια ακριβώς σημεία με αυτά της καμπάνιας του Ιουλίου.

| ΣΗΜΕΙΟ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | ΩΡΑ ΕΝΑΡΞΗΣ | ΩΡΑ ΛΗΞΗΣ | ΣΧΟΛΙΑ | ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ | ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ | ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (μέτρα) |
|-------------|-------------------|-----------------|----------------------|--------|----------------------|---------------------|----------------------|
| KA01 | 19/04/2010 | 15:15:00 | 20:06:00 | | LEICA GX1230GG | LEIAX1202GG | 0.113 |
| KA02 | 20/04/2010 | 11:10:30 | 15:35:00 | | LEICA ATX1230 | LEIATX1230GG | 0.113 |
| KA03 | 20/04/2010 | 10:19:30 | 14:55:00 | | LEICA ATX1230 | LEIATX1230GG | 0.113 |
| KA04 | 17/04/2010 | 11:43:00 | 17:01:30 | | LEICA ATX1230 | LEIATX1230GG | 0.116 |
| KA05 | 19/04/2010 | 06:58:00 | 13:15:30 | | LEICA GX1230GG | LEIAX1202GG | 1.538 |
| KA06A | 18/04/2010 | 14:59:30 | 18:51:00 | | LEICA ATX1230 | LEIATX1230GG | 0.113 |
| KA07 | 20/04/2010 | 08:01:40 | 12:04:30 | | | LEIATX900 | 0.111 |
| KA08 | 18/04/2010 | 14:01:00 | 18:11:30 | | LEICA ATX1230 | LEIATX1230GG | 0.113 |
| KA09 | 19/04/2010 | 14:13:30 | 19:15:00 | | LEICA ATX1230 | LEIATX1230GG | 0.113 |
| KA10 | 17/04/2010 | 14:03:00 | 20:30:30 | | LEICA GX1230GG | LEIAX1202GG | 0.392 |
| KA11 | 18/04/2010 | 11:33:30 | 17:09:40 | | | LEIATX900 | 0.11 |
| KA12 | 19/04/2010 | 07:52:00 | 12:29:30 | | LEICA ATX1230 | LEIATX1230GG | 0.113 |
| KA13 | 18/04/2010 | 07:27:00 | 13:05:30 | | LEICA ATX1230 | LEIATX1230GG | 0.114 |
| KA14 | 18/04/2010 | 08:17:30 | 13:25:30 | | LEICA GX1230GG | LEIAX1202GG | 1.395 |
| KA15 | 19/04/2010 | 09:56:00 | 14:49:30 | | LEICA ATX1230 | LEIATX1230GG | 0.113 |
| KA16 | 19/04/2010 | 11:48:30 | 17:41:10 | | | LEIATX900 | 0.11 |
| KA17 | 17/04/2010 | 12:20:30 | 17:32:00 | | LEICA ATX1230 | LEIATX1230GG | 0.113 |
| KA18 | 20/04/2010 | 09:00:30 | 13:02:00 | | LEICA GX1230GG | LEIAX1202GG | 0.113 |
| RFRN | 17/04/2010 | 07:38:30 | 16:23:30(20/04/2010) | | LEICA GX1230GG | LEIAX1202GG | 0.116 |

Πίνακας 4.2 Έντυπο υπαίθρου 2^{ης} καμπάνιας "Απρίλιος 2010" - Table 4.2 Field log for the 2nd campaign In April 2010

4.2.1 Πίνακες αποτελεσμάτων

| | X (m) | Y (m) | Z (m) |
|------|-------------|-------------|-------------|
| KA01 | 4550657.362 | 1904934.67 | 4029336.895 |
| KA02 | 4548889.494 | 1910616.772 | 4028656.829 |
| KA03 | 4544426.196 | 1910076.809 | 4033893.758 |
| KA04 | 4547414.06 | 1908180.21 | 4031393.84 |
| KA05 | 4540762.948 | 1898702.017 | 4043261.433 |
| KA07 | 4548685.988 | 1898732.823 | 4034433.48 |
| KA08 | 4548688.234 | 1902232.285 | 4032805.25 |
| KA09 | 4553077.641 | 1901436.197 | 4028519.376 |
| KA10 | 4543929.018 | 1906386.158 | 4036131.296 |
| KA11 | 4540828.644 | 1917489.091 | 4034418.482 |
| KA12 | 4540427.092 | 1914880.611 | 4036452.771 |
| KA13 | 4545975.763 | 1895631.854 | 4038910.282 |
| KA14 | 4545876.888 | 1900179.837 | 4036865.128 |
| KA15 | 4542566.217 | 1905834.338 | 4037919.205 |
| KA16 | 4544208.246 | 1918363.924 | 4030745.416 |
| KA17 | 4548783.408 | 1906628.901 | 4030600.99 |
| KA18 | 4552194.327 | 1906653.842 | 4026887.769 |
| STEF | 4547440.185 | 1906201.164 | 4032307.819 |

Πίνακας 4.2-2 Τελικές συντεταγμένες όλων των σταθμών

Table 4.2-2 Final coordinates of all stations

| | ϕ | λ | h (m) |
|-------------|-------------------|-------------------|---------|
| KA01 | 39° 25' 46.05079" | 22° 42' 52.20581" | 125.432 |
| KA02 | 39° 25' 17.34396" | 22° 46' 59.86692" | 131.433 |
| KA03 | 39° 28' 57.55136" | 22° 47' 51.35714" | 120.343 |
| KA04 | 39° 27' 13.33301" | 22° 45' 49.80508" | 90.989 |
| KA05 | 39° 35' 32.30589" | 22° 41' 31.37931" | 86.581 |
| KA07 | 39° 29' 20.41122" | 22° 39' 24.66305" | 113.430 |
| KA08 | 39° 28' 11.80639" | 22° 41' 39.72934" | 121.096 |
| KA09 | 39° 25' 07.38372" | 22° 39' 58.23270" | 288.673 |
| KA10 | 39° 30' 32.45915" | 22° 45' 37.00345" | 87.066 |
| KA11 | 39° 29' 19.70409" | 22° 53' 35.63645" | 116.311 |
| KA12 | 39° 26' 39.14714" | 22° 53' 1.58925" | 342.228 |
| KA13 | 39° 32' 28.63161" | 22° 38' 08.54337" | 111.203 |
| KA14 | 39° 31' 03.20705" | 22° 41' 05.86665" | 90.599 |
| KA15 | 39° 31' 47.51341" | 22° 45' 37.77326" | 90.683 |
| KA16 | 39° 30' 39.14717" | 22° 52' 01.58934" | 447.920 |
| KA17 | 39° 26' 39.82568" | 22° 44' 27.82449" | 99.043 |
| KA18 | 39° 24' 01.84216" | 22° 43' 33.67938" | 178.654 |
| STEF | 39° 27' 51.49058" | 22° 44' 33.04346" | 99.478 |

Πίνακας 4.2-3 Τελικές συντεταγμένες όλων των σταθμών

Table 4.2-3 Final coordinates of all stations

Στη δεύτερη σειρά μετρήσεων το σημείο KA06 δεν μπόρεσε να ληφθεί στη διαδικασία επίλυσης λόγω κάποιου προβλήματος. ενώ δεν χρησιμοποιήθηκε το KLOK.

4.3. Καμπάνια 3^η (Νοεμβριος 2010)

Η καμπάνια αυτή διεξήχθη στην περιοχή μελέτης την 15-16-17 Νοεμβρίου 2010. Χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια ακριβώς σημεία με αυτά της καμπάνιας του Ιουλίου και Απριλίου .

| ΣΗΜΕΙΟ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | ΩΡΑ ΕΝΑΡΞΗΣ | ΩΡΑ ΛΗΞΗΣ | ΣΧΟΛΙΑ | ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ | ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ | ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (μέτρα) |
|--------|------------|-------------|----------------------|-----------------------------|----------------|---------------------|----------------------|
| KA01 | 17/11/2010 | 13:36:00 | 20:07:00 | ΟΧΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ | VIVA GS10 | AS10 | |
| KA02 | 17/11/2010 | 10:17:26 | 13:50:14 | | LEICA CS09 | LEIGSO9 | 0,113 |
| KA03 | 17/11/2010 | 9:26:36 | 17:00:47 | Ο ΔΕΚΤΗΣ ΕΣΒΗΣΕ ΜΟΝΟΣ ΤΟΥ | LEICA CS09 | LEIGSO9 | 0,112 |
| KA04 | 15/11/2010 | 14:45:00 | 18:47:15 | ΠΡΩΤΟ ΣΗΜΕΙΟ | TRIMBLE 4700 | MICRO-CTR L1/L2 GND | 0,112 |
| KA05 | 17/11/2010 | 08:23:15 | 12:36:40 | | LEICA GX1230GG | LEIATX1230GG | 0,834 |
| KA06 | 16/11/2010 | 7:53:30 | 12:51:45 | | TRIMBLE 4700 | MICRO-CTR L1/L2 GND | 0,112 |
| KA07 | 16/11/2010 | 08:54:00 | 12:54:30 | | TRIMBLE 4700 | MICRO-CTR L1/L2 GND | 0,113 |
| KA08 | 16/11/2010 | 9:42:41 | 13:42:44 | | LEICA CS09 | LEIGSO9 | 0,113 |
| KA09 | 16/11/2010 | 13:56:00 | 18:59:00 | ΟΧΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ | VIVA GS10 | AS10 | 0,113 |
| KA10 | 16/11/2010 | 15:46:50 | 21:40:39 | | LEICA GX1230GG | LEIATX1230GG | 0,512 |
| KA11 | 17/11/2010 | 9:31:00 | 15:15:00 | | TRIMBLE 4700 | MICRO-CTR L1/L2 GND | 0,113 |
| KA12 | 17/11/2010 | 13:35:24 | 20:38:41 | ΤΕΛΕΥΤΑΙΟ ΣΗΜΕΙΟ | LEICA GX1230GG | LEIATX1230GG | 0,112 |
| KA13 | 16/11/2010 | 07:53:14 | 15:11:36 | Ο ΔΕΚΤΗΣ ΕΣΒΗΣΕ ΜΟΝΟΣ ΤΟΥ | LEICA CS09 | LEIGSO9 | 0,112 |
| KA14 | 16/11/2010 | 08:51:24 | 13:28:59 | | LEICA GX1230GG | LEIATX1230GG | 0,888 |
| KA15 | 17/11/2010 | 08:28:56 | 15:36:34 | | LEICA ATX1230 | LEIATX1230GG | 0,112 |
| KA16 | 17/11/2010 | 10:27:00 | 14:34:15 | | TRIMBLE 4700 | MICRO-CTR L1/L2 GND | 0,11 |
| KA17 | 15/11/2010 | 15:50:08 | 20:01:16 | | LEICA CS09 | LEIGSO9 | 0,112 |
| KA18 | 16/11/2010 | 12:46:38 | 19:10:31 | | LEICA ATX1230 | LEIATX1230GG | 0,112 |
| RFRN | 15/11/2010 | 13:36:55 | 10:14:31(17/11/2010) | ΕΣΒΗΣΕ ΜΟΝΟΣ ΤΟΥ. ΑΝΤ/ΣΗ ΜΙ | LEICA GX1230GG | LEIAX1202GG | 0,115 |

Πίνακας 4.3-1 Έντυπο υπαίθρου 3ης καμπάνιας''Νοέμβριος 2010'' - Table 4.3-1 Field log for the 3rd campaign In November 2010

4.3.1 Πίνακες αποτελεσμάτων

| | X (m) | Y (m) | Z (m) |
|------|-------------|-------------|-------------|
| KA02 | 4548889,453 | 1910616,769 | 4028656,81 |
| KA03 | 4544426,152 | 1910076,806 | 4033893,741 |
| KA04 | 4547414,024 | 1908180,209 | 4031393,813 |
| KA05 | 4540762,929 | 1898702,022 | 4043261,427 |
| KA06 | 4543383,387 | 1900439,405 | 4039525,903 |
| KA07 | 4548685,925 | 1898732,832 | 4034433,453 |
| KA08 | 4548688,112 | 1902232,263 | 4032805,187 |
| KA10 | 4543929,045 | 1906386,174 | 4036131,32 |
| KA11 | 4540828,644 | 1917489,109 | 4034418,499 |
| KA12 | 4540427,076 | 1914880,625 | 4036452,765 |
| KA13 | 4545975,656 | 1895631,837 | 4038910,182 |
| KA14 | 4545877,022 | 1900179,885 | 4036865,26 |
| KA15 | 4542566,228 | 1905834,356 | 4037919,215 |
| KA16 | 4544208,238 | 1918363,937 | 4030745,413 |
| KA17 | 4548783,284 | 1906628,854 | 4030600,925 |
| KA18 | 4552194,334 | 1906653,854 | 4026887,79 |
| STEF | 4547440.107 | 1906201.129 | 4032307.748 |

Πίνακας 4.3-2 Τελικές συντεταγμένες όλων των σταθμών

Table 4.3-2 Final coordinates of all stations

| | ϕ | λ | h (m) |
|-------------|-------------------|-------------------|---------|
| KA02 | 39° 25' 17.34427" | 22° 46' 59.86747" | 131.390 |
| KA03 | 39° 28' 57.55180" | 22° 47' 51.35773" | 120.300 |
| KA04 | 39° 27' 13.3306" | 22° 45' 49.80563" | 90.947 |
| KA05 | 39° 35' 32.30606" | 22° 41' 31.37978" | 86.566 |
| KA06 | 39° 32' 55.15958" | 22° 41' 56.17345" | 87.212 |
| KA07 | 39° 29' 20.41166" | 22° 39' 24.66442" | 113.370 |
| KA08 | 39° 28' 11.80729" | 22° 41' 39.73048" | 120.962 |
| KA10 | 39° 30' 32.45911" | 22° 45' 37.00364" | 87.105 |
| KA11 | 39° 29' 19.70437" | 22° 53' 35.63718" | 116.327 |
| KA12 | 39° 26' 39.14719" | 22° 53' 1.59005" | 342.217 |
| KA13 | 39° 32' 28.63129" | 22° 38' 08.54444" | 111.058 |
| KA14 | 39° 31' 03.20743" | 22° 41' 05.86626" | 90.793 |
| KA15 | 39° 31' 47.51331" | 22° 45' 37.77379" | 90.703 |
| KA16 | 39° 30' 39.14728" | 22° 52' 14.36081" | 447.917 |
| KA17 | 39° 26' 39.82678" | 22° 44' 27.82467" | 98.900 |
| KA18 | 39° 24' 01.84247" | 22° 43' 33.67997" | 178.676 |
| STEF | 39° 27' 51.49050" | 22° 44' 33.04339" | 99.373 |

Πίνακας 4.3-3 Τελικές συντεταγμένες όλων των σταθμών

Table 4.3-3 Final coordinates of all stations

Στην Τρίτη σειρά μετρήσεων τα σημεία KA01 και KA09 είχαν πρόβλημα στις μετρήσεις.

4.4 Καμπάνια 4^η (Απρίλιος 2011)

Η Καμπάνια αυτή διεξήχθη στην περιοχή μελέτης μας την 17-18-19-20 Απριλίου 2011. Χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια ακριβώς σημεία με αυτά της καμπάνιας του Ιουλίου. Απριλίου και Νοεμβρίου .

| ΣΗΜΕΙΟ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | ΩΡΑ ΕΝΑΡΞΗΣ | ΩΡΑ ΛΗΞΗΣ | ΣΧΟΛΙΑ | ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ | ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ | ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (μέτρα) |
|--------|------------|-------------|---------------------|---|-----------------|---------------|----------------------|
| ΚΑ01 | 19/4/2011 | 10:30:00 | 15:53:00 | ΠΟΛΥ ΣΥΝΝΕΦΙΑ | LEICA CS09 | LEIGSO9 | 0,114 |
| ΚΑ02 | 18/4/2011 | 13:12:00 | 16:29:00 | ΣΥΝΝΕΦΙΑ | LEICA CS09 | LEIGSO9 | 0,114 |
| ΚΑ03 | 19/4/2011 | 7:55:00 | 12:06:00 | ΜΕΡΟΣ ΤΗΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (ΤΟ 1/4) ΒΡΕΘΗΚΕ ΚΑΛΥΜΕΝΟ ΑΠΟ ΣΑΚΟΥΛΑ ΣΚΟΥΠΙΔΙΩΝ (Η ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΜΕΡΙΑ ΤΗΣ | LEICA CS09 | LEIGSO9 | 0,115 |
| ΚΑ04 | 17/4/2011 | 13:11:00 | 15:20:00 | ΔΥΝΑΤΗ ΒΡΟΧΗ | JAVAD | JAVAD | 0,113 |
| ΚΑ05 | 18/4/2011 | 13:51:00 | 18:01:00 | ΠΟΛΥ ΣΥΝΝΕΦΙΑ + ΒΡΟΧΗ | LEICA GX1230GG | LEIAX1202GG | 0,847+0,36=1,207 |
| ΚΑ06 | 18/4/2011 | 15:12:00 | 18:31:00 | ΠΟΛΥ ΣΥΝΝΕΦΙΑ + ΒΡΟΧΗ | JAVAD | JAVAD | 0,113 |
| ΚΑ07 | 18/4/2011 | 7:59:00 | 11:46:00 | ΠΟΛΥ ΛΑΣΠΗ | LEICA CS09 | LEIGSO9 | 0,113 |
| ΚΑ08 | 20/4/2011 | 8:15:00 | 11:15:00 | ΣΥΝΝΕΦΙΑ | JAVAD | JAVAD | 0,114 |
| ΚΑ09 | 19/4/2011 | 9:44:00 | 13:40:00 | ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΣΤΑΥΡΟΣ 7Μ ΑΝΑΤΟΛΙΚΑ ΤΟΥ ΒΑΘΡΟΥ | TRIMBLE 4000SSI | ZEPHYR | 0,112 |
| ΚΑ10 | 19/4/2011 | 9:23:00 | 13:44:00 | ΣΥΝΝΕΦΙΑ | LEICA GX1230GG | LEIAX1202GG | 0,196 +0,36=0,556 |
| ΚΑ11 | 17/4/2011 | 12:41:00 | 16:30:00 | ΔΥΝΑΤΗ ΒΡΟΧΗ | TRIMBLE 4000SSI | TRIMBLE | 0,112 |
| ΚΑ12 | 19/4/2011 | 07:52:00 | 11:54:00 | Ο ΔΕΚΤΗΣ ΕΜΕΙΝΕ ΑΠΟ ΜΠΑΤΑΡΙΑ ΣΤΙΣ 11:54 | TRIMBLE 4000SSI | TRIMBLE | 0,112 |
| ΚΑ13 | 20/4/2011 | 07:07:00 | 11:00:00 | ΑΠΟΤΥΧΗΜΕΝΗ ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΣΤΙΣ 07:03. ΕΠΑΝΕΚΚΙΝΗΣΗ | TRIMBLE 4000SSI | TRIMBLE | 0,112 |
| ΚΑ14 | 18/4/2011 | 08:55:00 | 12:25:00 | ΠΟΛΥ ΣΥΝΝΕΦΙΑ + ΒΡΟΧΗ | LEICA GX1230GG | LEIAX1202GG | 0,810 +0,36=1,17 |
| ΚΑ15 | 20/4/2011 | 09:33:00 | 12:37:00 | ΣΥΝΝΕΦΙΑ + ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑ | LEICA CS09 | LEIGSO9 | 0,114 |
| ΚΑ16 | 17/4/2011 | 13:24:00 | 16:45:00 | ΒΡΟΧΗ | TRIMBLE 4000SSI | TRIMBLE | 0,112 |
| ΚΑ17 | 17/4/2011 | 12:27:00 | 17:41:00 | ΒΡΟΧΗ | LEICA CS09 | LEIGSO9 | 0,113 |
| ΚΑ18 | 18/4/2011 | 07:19:00 | 12:08:00 | ΚΕΡΑΙΑ (ΒΑΣΗ) ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ | LEICA CS09 | LEIGSO9 | 0,114 |
| RFRN | 17/4/2011 | 11:23:00 | 13:27:00(20/4/2011) | ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΜΠΟΥΛΩΝΙΟΥ. ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΣΦΡΑΓΙΣΤΙΚΗΣ | LEICA GX1230GG | LEIAX1202GG | 0,116 |

Πίνακας 4.4-1 Έντυπο υπαίθρου 4ης καμπάνιας "Απρίλιος 2011" - Table 4.4-1 Field log for the 4th campaign In April 2011

4.4.1 Πίνακες αποτελεσμάτων

| | X (m) | Y (m) | Z (m) |
|------|-------------|-------------|-------------|
| KA01 | 4550657.326 | 1904934.671 | 4029336.899 |
| KA02 | 4548889.461 | 1910616.774 | 4028656.811 |
| KA03 | 4544426.171 | 1910076.811 | 4033893.76 |
| KA05 | 4540762.94 | 1898702.04 | 4043261.437 |
| KA06 | 4543383.387 | 1900439.422 | 4039525.901 |
| KA07 | 4548685.905 | 1898732.828 | 4034433.424 |
| KA08 | 4548688.11 | 1902232.283 | 4032805.189 |
| KA09 | 4553077.579 | 1901436.197 | 4028519.326 |
| KA10 | 4543929.049 | 1906386.197 | 4036131.326 |
| KA11 | 4540828.643 | 1917489.122 | 4034418.49 |
| KA12 | 4540427.095 | 1914880.647 | 4036452.788 |
| KA13 | 4545975.673 | 1895631.875 | 4038910.197 |
| KA14 | 4545876.81 | 1900179.812 | 4036865.051 |
| KA15 | 4542566.168 | 1905834.355 | 4037919.181 |
| KA16 | 4544208.237 | 1918363.954 | 4030745.415 |
| KA17 | 4548783.282 | 1906628.865 | 4030600.922 |
| KA18 | 4552194.29 | 1906653.857 | 4026887.763 |
| STEF | 4547440.103 | 1906201.130 | 4032307.740 |

Πίνακας 4.4-2 Τελικές συντεταγμένες όλων των σταθμών

Table 4.4-2 Final coordinates of all stations

| | ϕ | λ | h (m) |
|-------------|-------------------|-------------------|---------|
| KA01 | 39° 25' 46.05156" | 22° 42' 52.20644" | 125.409 |
| KA02 | 39° 25' 17.34409" | 22° 46' 59.86753" | 131.398 |
| KA03 | 39° 28' 57.55186" | 22° 47' 51.35761" | 120.328 |
| KA05 | 39° 35' 32.30594" | 22° 41' 31.38031" | 86.585 |
| KA06 | 39° 32' 55.15943" | 22° 41' 56.17409" | 87.215 |
| KA07 | 39° 29' 20.41135" | 22° 39' 24.6645" | 113.336 |
| KA08 | 39° 28' 11.80723" | 22° 41' 39.73129" | 120.968 |
| KA09 | 39° 25' 07.38364" | 22° 39' 58.23369" | 288.598 |
| KA10 | 39° 30' 32.45901" | 22° 45' 37.00447" | 87.118 |
| KA11 | 39° 29' 19.70405" | 22° 53' 35.63767" | 116.324 |
| KA12 | 39° 30' 39.14720" | 22° 52' 01.59059" | 342.252 |
| KA13 | 39° 32' 28.63103" | 22° 38' 08.54563" | 111.091 |
| KA14 | 39° 31' 03.20680" | 22° 41' 05.86684" | 90.487 |
| KA15 | 39° 31' 47.51361" | 22° 45' 37.77470" | 90.639 |
| KA16 | 39° 26' 36.58323" | 22° 53' 14.36147" | 447.923 |
| KA17 | 39° 26' 39.82666" | 22° 44' 27.82514" | 98.900 |
| KA18 | 39° 24' 01.84259" | 22° 43' 33.68075" | 178.629 |
| STEF | 39° 27' 51.49040" | 22° 44' 33.04345" | 99.362 |

Πίνακας 4.4-3 Τελικές συντεταγμένες όλων των σταθμών

Table 4.4-3 Final coordinates of all stations

5. Τελικές συγκρίσεις και έλεγχος με τη διπλωματική του Γ. Πιτσικάλη καθώς και με τα αποτελέσματα του εργαστηρίου Δορυφορικής Γεωδαισίας

Παρακάτω παρουσιάζονται οι πίνακες με τις τελικές συγκρίσεις από καμπάνια σε καμπάνια καθώς και οι συγκρίσεις με τη διπλωματική του Γ. Πιτσικάλη και του εργαστηρίου δορυφορικής γεωδαισίας.

Οι διαφορές που παρουσιάζονται με τη διπλωματική του Γ. Πιτσικάλη ωφείλονται στα εξής :

- Στις διαφορές κάποιων υψών των κεραιών λόγω λανθασμένων μετρήσεων κατά τις εργασίες πεδίου.
- Στο γεγονός πως η επίλυση των ασαφειών έγινε είτε μόνο με QIF είτε μόνο με SIGMA στην διπλωματική του Γ. Πιτσικάλη ενώ στην παρούσα διπλωματική το BERNESE αποφάσιζε ποια μέθοδο θα ακολουθήσει ανάλογα με το μήκος της βάσης.
- Στο ότι ο Γ. Πιτσικάλης χρησιμοποιούσε και άλλα σημεία στην περιοχή για να εξαρτήσει το τοπικό δίκτυο όπως της Λάρισσας.

Οι δύο διπλωματικές εργασίες είχαν διαφορετικά υψόμετρα κεραιών επειδή είχαν γίνει λανθασμένες μετρήσεις στην ύπαιθρο.

Καμπάνια 1^η

| Σημείο | Παλιό ύψος κεραιάς (m) | Νέο ύψος κεραιάς (m) |
|--------|------------------------|----------------------|
| KA11 | 0.14 | 0.11 |
| KA13 | 0.065 | 0.1150 |

Καμπάνια 2^η

| Σημείο | Παλιό ύψος κεραιάς (m) | Νέο ύψος κεραιάς (m) |
|--------|------------------------|----------------------|
| KA05 | 1.538 | 1.536 |

| | | |
|-------------|-------|-------|
| ΚΑ10 | 0.392 | 0.383 |
| ΚΑ14 | 1.395 | 1.392 |

Καμπάνια 3^η

| Σημείο | Παλαιό ύψος κεραίας (m) | Νέο ύψος κεραίας (m) |
|---------------|--------------------------------|-----------------------------|
| ΚΑ18 | 0.115 | 0.112 |

Στην 4^η καμπάνια δεν υπήρχαν διαφορές στα ύψη.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι διαφορές των δύο διπλωματικών σε πίνακα:

| Παρούσα διπλωματική | Διπλωματική Γ.Πιτσικάλη |
|---|---|
| Νέα – διορθωμένα ύψη κεραίων. | Παλαιά ύψη κεραίων. |
| Μέθοδος δημιουργίας βάσεων OBSERVATIO MAX (δημιουργία βάσεων με κριτήριο τις περισσότερες κοινές παρατηρήσεις). | Μέθοδος δημιουργίας βάσεων STAR (επιλογή ενός κεντρικού σημείου και δημιουργία όλων των βάσεων απο αυτό το σημείο). |
| Χρησιμοποίηση των σταθμών Στεφανοβίκειου, Αρκίτσας και Κλοκοτού στο τοπικό δίκτυο. | Χρησιμοποίηση και άλλων σταθμών όπου αυτό κρινόταν απαραίτητο.(Λάρισα και Βόλος) |

Με το εργαστήριο δορυφορικής γεωδαισίας δεν υπήρχαν διαφορές.

5.1.1 Διαφορές από 1^η σε 2^η καμπάνια (Ιούλιος 2009 – Απρίλιος 2010)

| ΚΑ | ΔN (m) | ΔΕ (m) | ΔU(m) |
|-------------|---------------|---------------|--------------|
| 1 | 0.010 | -0.022 | 0.000 |
| 2 | -0.006 | -0.015 | 0.008 |
| 3 | -0.003 | -0.012 | -0.008 |
| 4 | -0.001 | 0.016 | -0.014 |
| 5 | 0.000 | -0.023 | 0.004 |
| 7 | -0.016 | -0.004 | 0.024 |
| 8 | -0.026 | -0.020 | 0.046 |
| 9 | 0.002 | 0.000 | -0.038 |
| 10 | -0.033 | 0.029 | 0.037 |
| 11 | -0.005 | -0.013 | 0.050 |
| 12 | 0.003 | -0.003 | -0.015 |
| 13 | -0.006 | -0.029 | 0.050 |
| 14 | -0.022 | -0.092 | 0.162 |
| 15 | -0.005 | 0.002 | -0.009 |
| 16 | -0.011 | -0.007 | 0.010 |
| 17 | 0.008 | 0.010 | 0.033 |
| 18 | 0.011 | -0.012 | -0.009 |
| STEF | 0.009 | -0.006 | 0.092 |

5.1.2 Διαφορές από 2^η σε 3^η καμπάνια (Απρίλιος 2010 – Νοέμβριος 2010)

| ΚΑ | ΔN (m) | ΔE (m) | ΔU(m) |
|-------------|---------------|---------------|--------------|
| ΚΑ02 | -0.010 | -0.009 | -0.043 |
| ΚΑ03 | -0.014 | -0.018 | -0.043 |
| ΚΑ04 | -0.001 | -0.017 | -0.042 |
| ΚΑ05 | -0.005 | -0.015 | -0.015 |
| ΚΑ07 | -0.014 | -0.011 | -0.060 |
| ΚΑ08 | -0.028 | -0.035 | -0.134 |
| ΚΑ10 | 0.001 | -0.006 | 0.039 |
| ΚΑ11 | -0.009 | -0.022 | 0.016 |
| ΚΑ12 | -0.001 | -0.025 | -0.011 |
| ΚΑ13 | 0.010 | -0.033 | -0.145 |
| ΚΑ14 | -0.012 | 0.010 | 0.194 |
| ΚΑ15 | 0.004 | -0.016 | 0.020 |
| ΚΑ16 | 0.001 | -0.019 | -0.003 |
| ΚΑ17 | -0.034 | -0.006 | -0.143 |
| ΚΑ18 | -0.009 | -0.011 | 0.022 |
| STEF | 0.002 | 0.002 | -0.105 |

5.1.3 διαφορές από 3^η σε 4^η καμπάνια (Νοέμβριος 2010 – Απρίλιος 2011)

| KA | ΔN (m) | ΔE (m) | ΔU (m) |
|------|----------------|----------------|----------------|
| KA02 | 0.005 | -0.001 | 0.008 |
| KA03 | -0.002 | 0.004 | 0.028 |
| KA05 | 0.004 | -0.016 | 0.019 |
| KA06 | 0.005 | -0.020 | 0.003 |
| KA07 | 0.010 | -0.005 | -0.034 |
| KA08 | 0.002 | -0.024 | 0.006 |
| KA10 | 0.003 | -0.025 | 0.013 |
| KA11 | 0.010 | -0.016 | -0.003 |
| KA12 | 0.000 | -0.016 | 0.035 |
| KA13 | 0.008 | -0.037 | 0.033 |
| KA14 | 0.019 | -0.018 | -0.306 |
| KA15 | -0.010 | -0.028 | -0.064 |
| KA16 | 0.002 | -0.020 | 0.006 |
| KA17 | 0.004 | -0.013 | 0,000 |
| KA18 | -0.004 | -0.024 | -0.047 |
| STEF | 0.004 | -0.002 | -0.011 |

5.2 Έλεγχος με τη διπλωματική του Γ. Πιτσικάλη

Παρακάτω παρουσιάζονται οι πίνακες με τις διαφορές μεταξύ των μετρήσεων της παρούσας διπλωματικής και αυτών του Γ. Πιτσικάλη. Ακολουθεί η πρώτη καμπάνια:

| KA | ΔN (m) | ΔE (m) | ΔU (m) |
|------|----------------|----------------|----------------|
| KA01 | -0.002 | -0.002 | 0.023 |
| KA02 | -0.002 | -0.001 | 0.012 |
| KA03 | 0.000 | 0.000 | 0.010 |
| KA04 | -0.002 | 0.002 | 0.019 |
| KA05 | -0.003 | -0.005 | 0.036 |
| KA07 | -0.002 | 0.004 | -0.020 |
| KA08 | 0.000 | -0.003 | 0.005 |
| KA09 | 0.003 | -0.001 | -0.007 |
| KA10 | -0.002 | -0.003 | 0.062 |
| KA11 | 0.000 | -0.003 | -0.023 |
| KA12 | 0.000 | 0.002 | 0.009 |
| KA13 | -0.001 | -0.001 | -0.043 |
| KA15 | -0.001 | -0.004 | -0.001 |
| KA16 | -0.002 | -0.001 | 0.010 |
| KA17 | -0.006 | 0.001 | 0.013 |
| KA18 | 0.000 | -0.004 | 0.007 |
| STEF | -0.002 | -0.004 | 0.003 |

Πίνακας 5.2-1 Σύγκριση 1^{ης} καμπάνιας – Figure 5.2-1 Comparison of the 1st campaign

2^η καμπάνια

| ΚΑ | ΔN (m) | ΔΕ (m) | ΔU(m) |
|-------------|---------------|---------------|--------------|
| ΚΑ01 | 0.000 | 0.003 | -0.013 |
| ΚΑ02 | 0.004 | -0.004 | 0.001 |
| ΚΑ03 | 0.000 | -0.002 | 0.007 |
| ΚΑ04 | 0.001 | 0.005 | 0.012 |
| ΚΑ05 | 0.001 | 0.000 | -0.003 |
| ΚΑ07 | -0.002 | -0.002 | 0.009 |
| ΚΑ08 | 0.000 | 0.001 | 0.012 |
| ΚΑ09 | -0.001 | -0.002 | 0.028 |
| ΚΑ10 | 0.000 | 0.007 | -0.007 |
| ΚΑ11 | -0.001 | 0.002 | -0.005 |
| ΚΑ12 | 0.000 | 0.003 | -0.015 |
| ΚΑ13 | -0.001 | 0.000 | 0.012 |
| ΚΑ14 | -0.004 | -0.006 | -0.029 |
| ΚΑ15 | -0.002 | -0.004 | 0.006 |
| ΚΑ16 | 0.001 | -0.003 | 0.01 |
| ΚΑ17 | -0.002 | 0.003 | -0.001 |
| ΚΑ18 | 0.006 | -0.005 | -0.014 |
| STEF | 0.001 | 0.002 | -0.013 |

Πίνακας 5.2-2 Σύγκριση 2ης καμπάνιας – Figure 5.2-2 Comparison of the 2nd campaign

3^η καμπάνια

| ΚΑ | ΔN (m) | ΔΕ (m) | ΔU(m) |
|-------------|---------------|---------------|--------------|
| ΚΑ02 | 0.000 | -0.006 | -0.002 |
| ΚΑ03 | 0.008 | -0.009 | -0.001 |
| ΚΑ04 | -0.001 | -0.003 | -0.114 |
| ΚΑ05 | 0.007 | -0.003 | 0.030 |
| ΚΑ06 | 0.003 | -0.005 | 0.000 |
| ΚΑ07 | 0.002 | -0.004 | -0.007 |
| ΚΑ08 | 0.004 | -0.003 | -0.006 |
| ΚΑ10 | 0.003 | -0.004 | 0.005 |
| ΚΑ11 | 0.001 | -0.005 | 0.002 |
| ΚΑ12 | 0.005 | 0.01 | 0.010 |
| ΚΑ13 | 0.001 | -0.005 | -0.01 |
| ΚΑ14 | 0.010 | -0.019 | 0.042 |
| ΚΑ15 | 0.001 | 0.001 | -0.002 |
| ΚΑ16 | -0.004 | -0.006 | -0.010 |
| ΚΑ17 | -0.001 | -0.005 | -0.002 |
| ΚΑ18 | 0.002 | -0.006 | 0.006 |
| STEF | 0.002 | 0.003 | 0.011 |

Πίνακας 5.2-3 Σύγκριση 3ης καμπάνιας – Figure 5.2-3 Comparison of the 3rd campaign

4^η καμπάνια

| ΚΑ | ΔN (m) | ΔΕ (m) | ΔU(m) |
|-------------|---------------|---------------|--------------|
| ΚΑ01 | 0.002 | -0.001 | # |
| ΚΑ02 | 0.004 | 0.000 | -0.013 |
| ΚΑ03 | 0.005 | -0.005 | -0.004 |
| ΚΑ05 | 0.002 | -0.004 | -0.004 |
| ΚΑ06 | 0.001 | 0.000 | -0.004 |
| ΚΑ07 | 0.007 | 0.003 | -0.005 |
| ΚΑ08 | -0.002 | 0.000 | 0.000 |
| ΚΑ09 | 0.003 | -0.008 | -0.008 |
| ΚΑ10 | 0.000 | -0.002 | -0.003 |
| ΚΑ11 | 0.001 | -0.003 | 0.010 |
| ΚΑ12 | 0.003 | -0.007 | 0.010 |
| ΚΑ13 | 0.003 | 0.000 | 0.011 |
| ΚΑ14 | 0.010 | -0.015 | -0.038 |
| ΚΑ15 | 0.004 | -0.004 | -0.008 |
| ΚΑ16 | 0.001 | -0.003 | -0.005 |
| ΚΑ17 | 0.001 | -0.005 | -0.002 |
| ΚΑ18 | 0.003 | -0.005 | -0.009 |
| STEF | 0.002 | 0.002 | 0.005 |

Πίνακας 5.2-4 Σύγκριση 4ης καμπάνιας – Figure 5.2-4 Comparison of the 4th campaign

5.3 Διαφορές με τα αποτελέσματα του Κέντρου Δορυφόρων Διονύσου

1^η καμπάνια – Ιούλιος 2009

| ΚΑ | ΔN (m) | ΔE (m) | ΔU(m) |
|------|--------|--------|-------|
| 1 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 3 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 4 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 5 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 7 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 8 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 9 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 11 | 0.000 | 0.000 | 0.020 |
| 12 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 13 | 0.000 | 0.000 | 0.050 |
| 14 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 15 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 16 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 17 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 18 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| STEF | 0.000 | 0.000 | 0.035 |

Πίνακας 5.3-1 Διαφορές 1^{ης} καμπάνιας με τα αποτελέσματα του εργαστηρίου δορυφορικής γεωδαισίας - Figure 5.3-1 Comparison of the 1st campaign with the results of the Dionysos Satellite Observatory.

2^η καμπάνια – Απρίλιος 2010

| ΚΑ | ΔN (m) | ΔE (m) | ΔU(m) |
|-------------|---------------|---------------|--------------|
| 1 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 3 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 4 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 5 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 7 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 8 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 9 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 11 | 0.000 | 0.000 | 0.020 |
| 12 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 13 | 0.000 | 0.000 | 0.050 |
| 14 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 15 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 16 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 17 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 18 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| STEF | 0.002 | -0.001 | 0.006 |

Πίνακας 5.3-2 Διαφορές 2^{ης} καμπάνιας με τα αποτελέσματα του εργαστηρίου δορυφορικής γεωδαισίας - Figure 5.3-2 Comparison of the 2nd campaign with the results of the Dionysos Satellite Observatory.

3^η καμπάνια – Νοέμβριος 2010

| ΚΑ | ΔN (m) | ΔE (m) | ΔU(m) |
|-------------|---------------|---------------|--------------|
| 2 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 3 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 4 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 5 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 7 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 8 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 11 | 0.000 | 0.000 | 0.020 |
| 12 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 13 | 0.000 | 0.000 | 0.050 |
| 14 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 15 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 16 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 17 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 18 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| STEF | 0.002 | 0.000 | 0.000 |

Πίνακας 5.3-3 Διαφορές 3^{ης} καμπάνιας με τα αποτελέσματα του εργαστηρίου δορυφορικής γεωδαισίας - Figure 5.3-3 Comparison of the 3rd campaign with the results of the Dionysos Satellite Observatory.

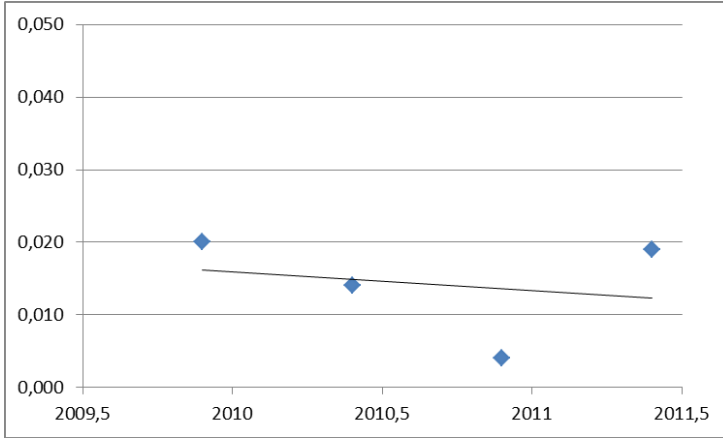
4^η καμπάνια – Απρίλιος 2011

| ΚΑ | ΔN (m) | ΔE (m) | ΔU(m) |
|-------------|---------------|---------------|--------------|
| 1 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 3 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 5 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 7 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 8 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 9 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 11 | 0.000 | 0.000 | 0.020 |
| 12 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 13 | 0.000 | 0.000 | 0.050 |
| 14 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 15 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 16 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 17 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 18 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| STEF | 0.000 | 0.000 | -0.002 |

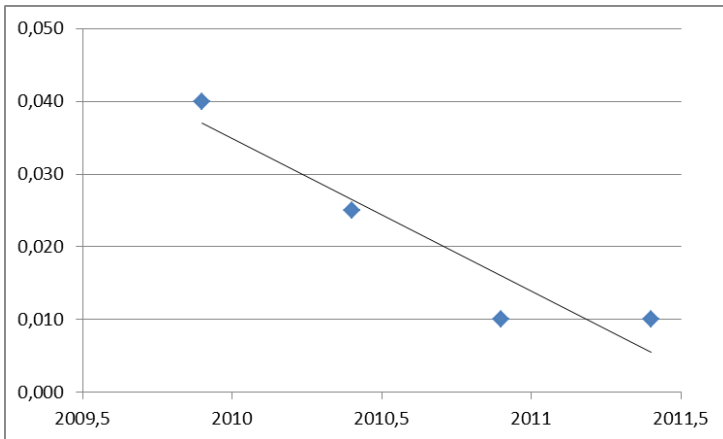
Πίνακας 5.3-4 Διαφορές 4^{ης} καμπάνιας με τα αποτελέσματα του εργαστηρίου δορυφορικής γεωδαισίας - Figure 5.3-4 Comparison of the 4th campaign with the results of the Dionysos Satellite Observatory.

5.4 Διαγράμματα μικρομετακινήσεων KA02

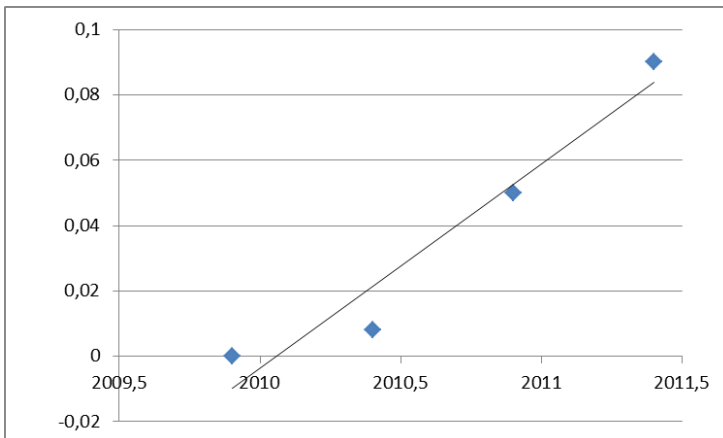
ΔN (m)



ΔE (m)

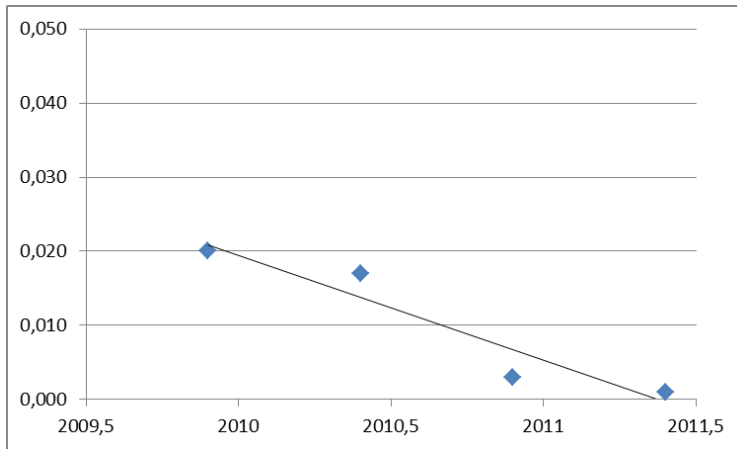


ΔU (m)

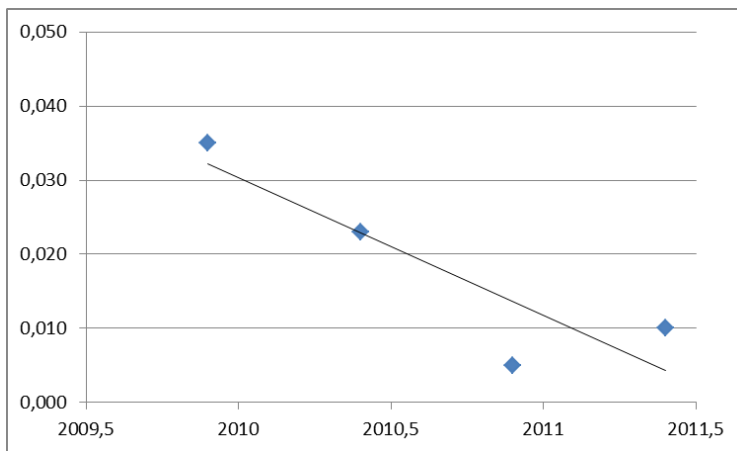


KA03

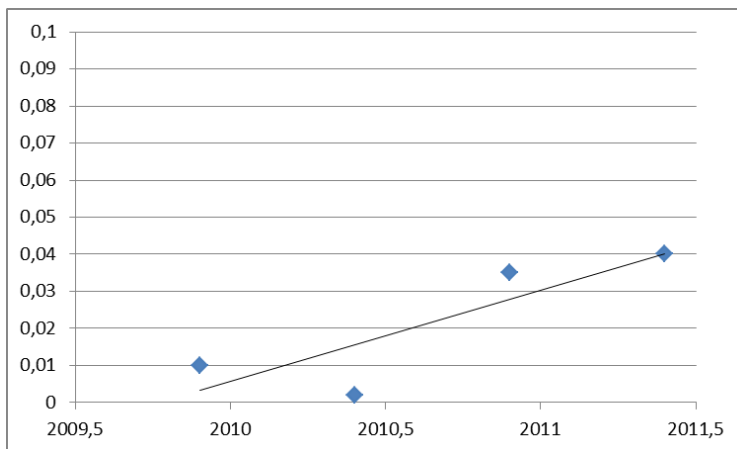
ΔN (m)



ΔE (m)

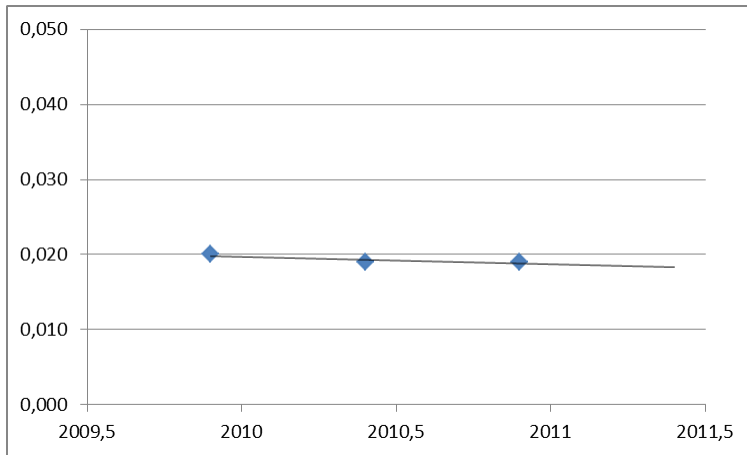


ΔU (m)

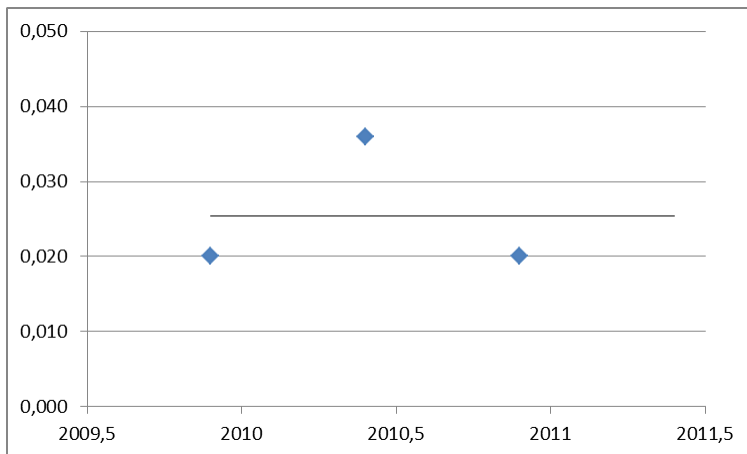


KA04

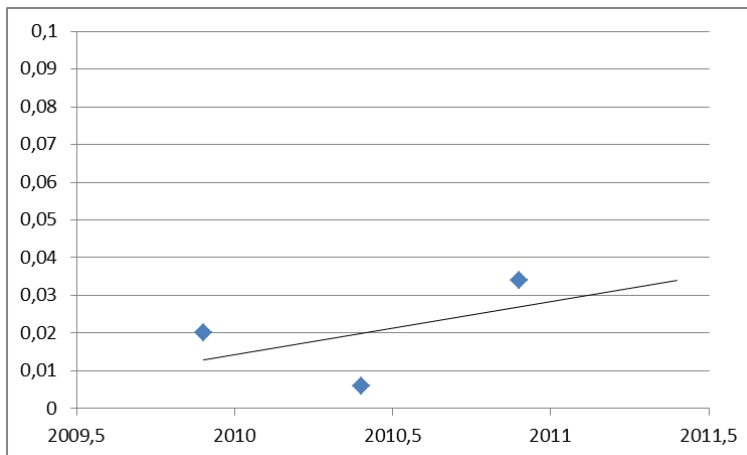
ΔN (m)



ΔE (m)

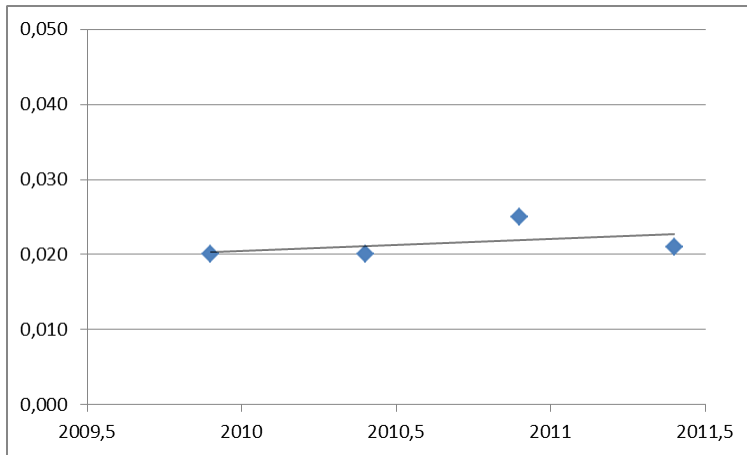


ΔU (m)

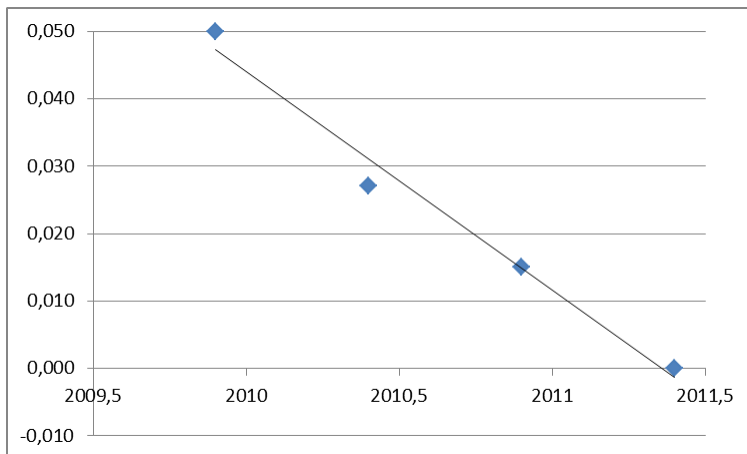


KA05

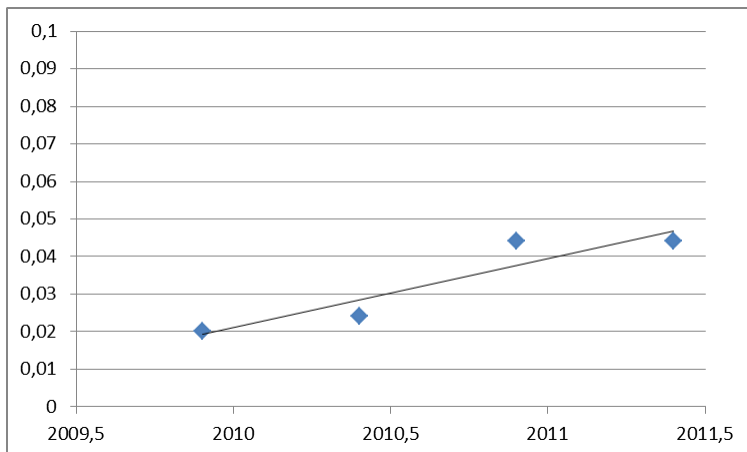
ΔN (m)



ΔE (m)

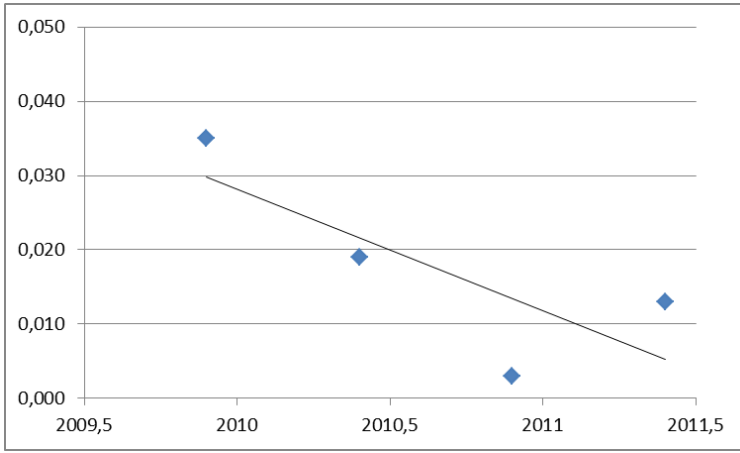


ΔU (m)

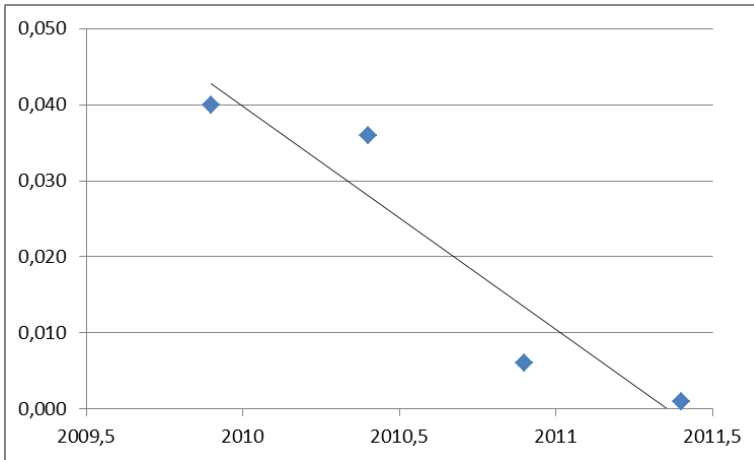


KA07

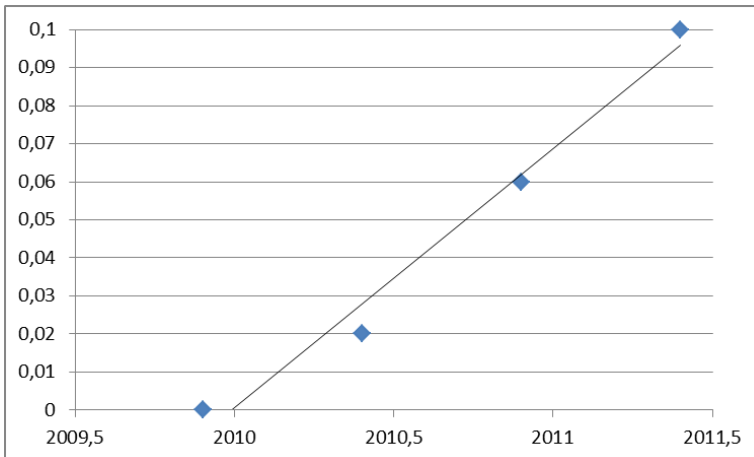
ΔN (m)



ΔE (m)

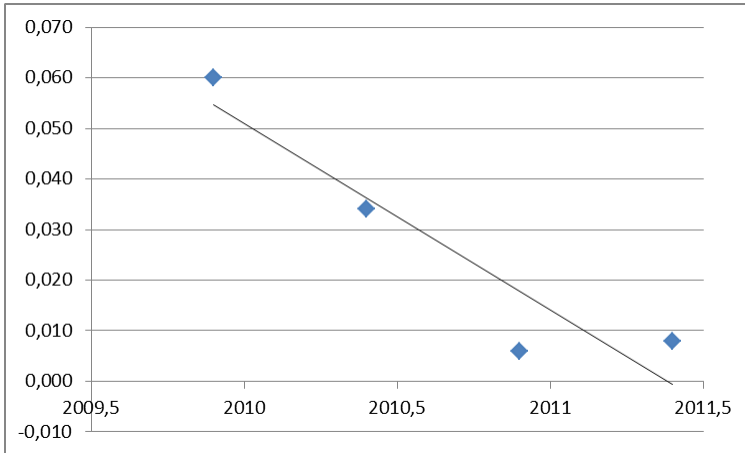


ΔU (m)

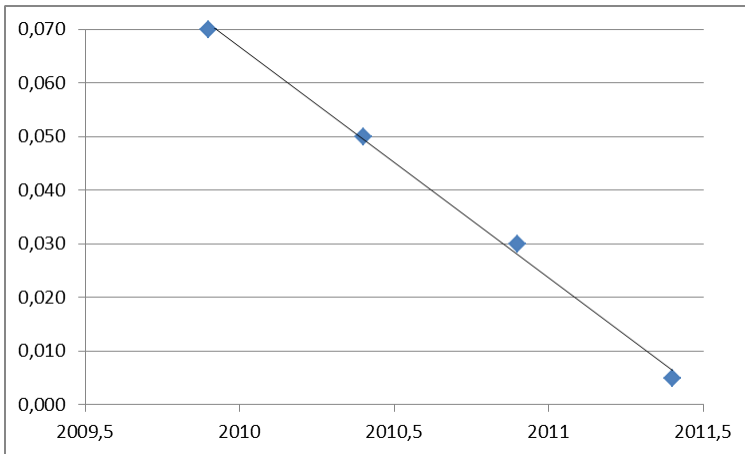


KA08

ΔN (m)

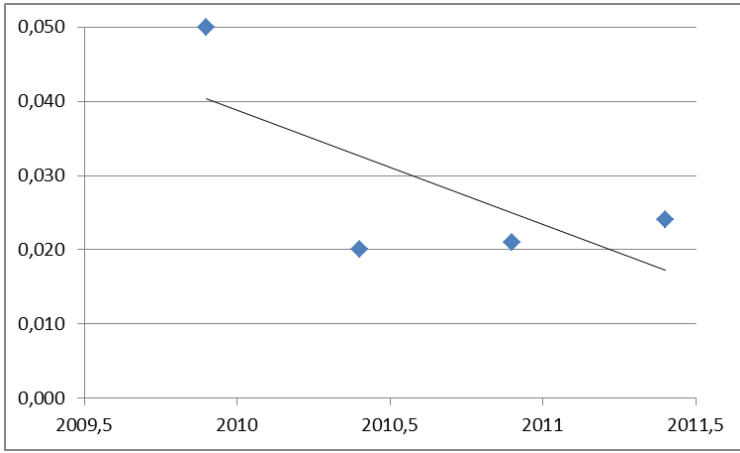


ΔE (m)

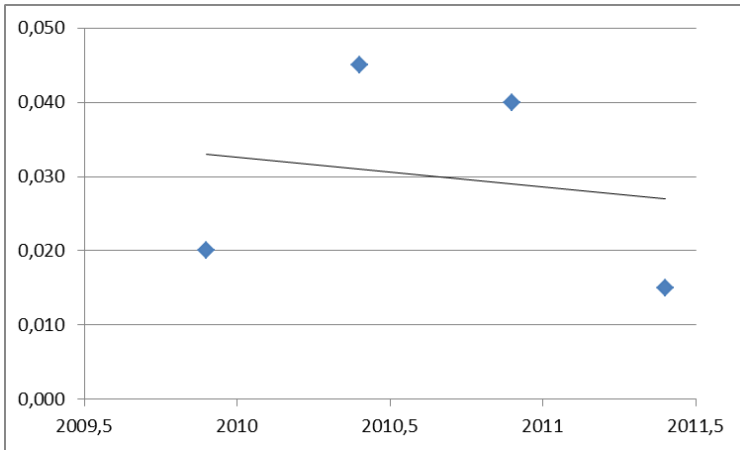


KA10

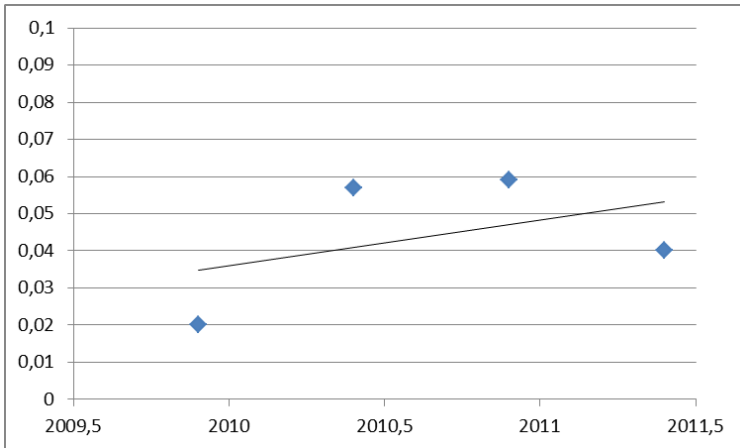
ΔN (m)



ΔE (m)

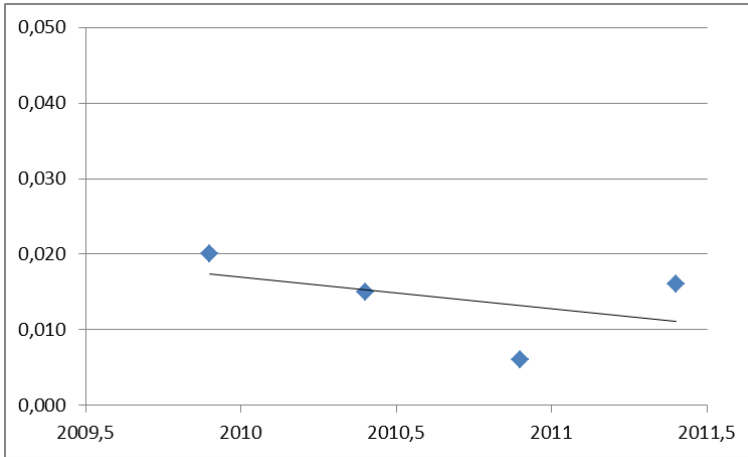


ΔU (m)

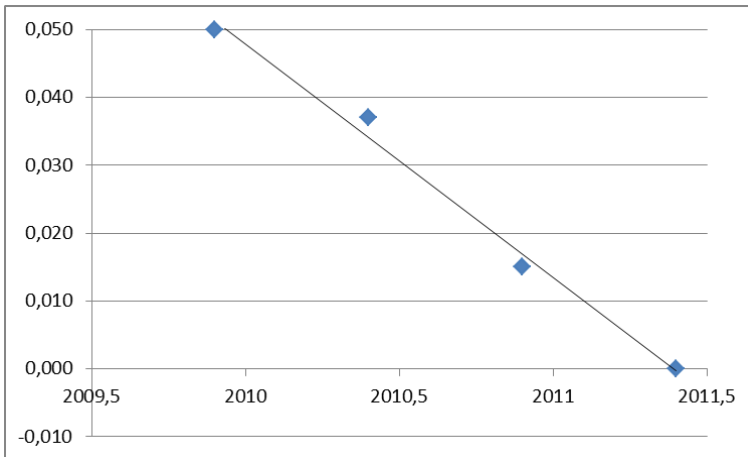


KA11

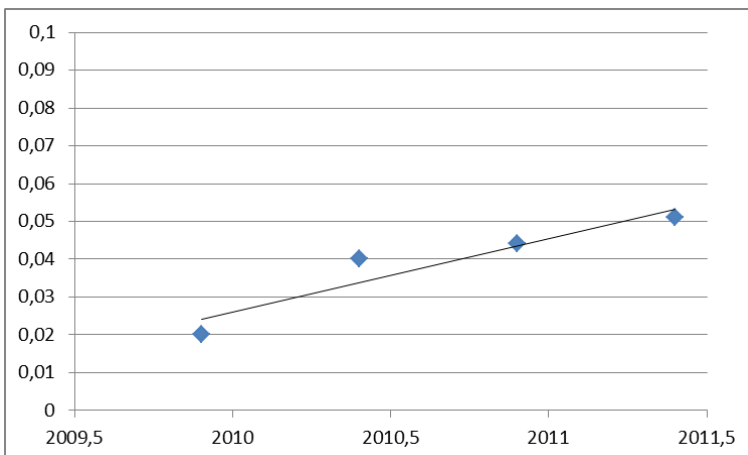
ΔN (m)



ΔE (m)

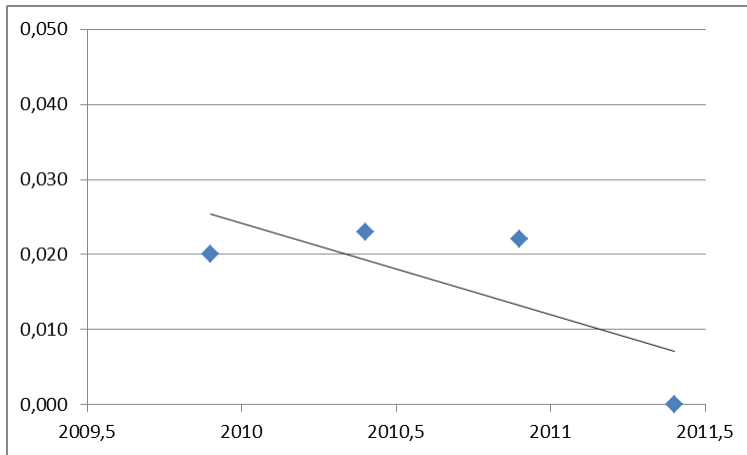


ΔU (m)

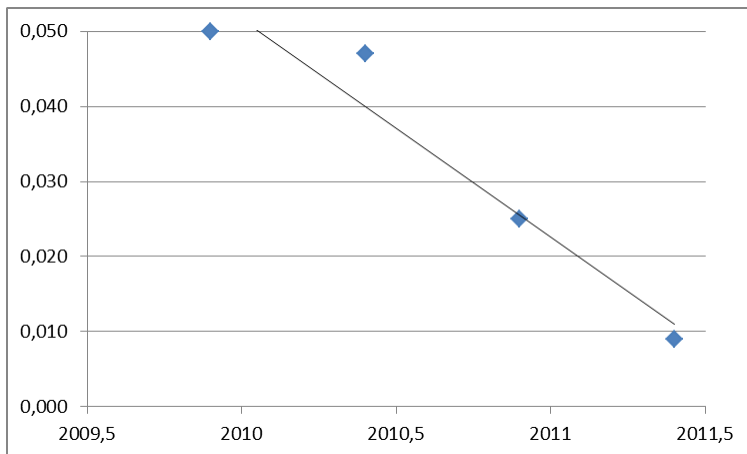


KA12

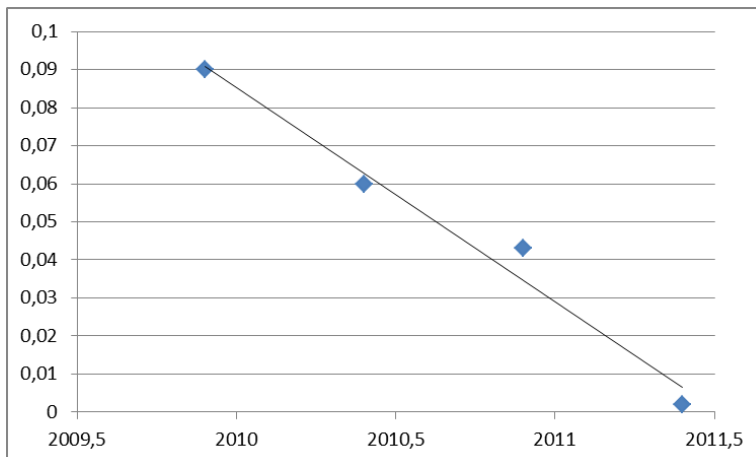
ΔN (m)



ΔE (m)

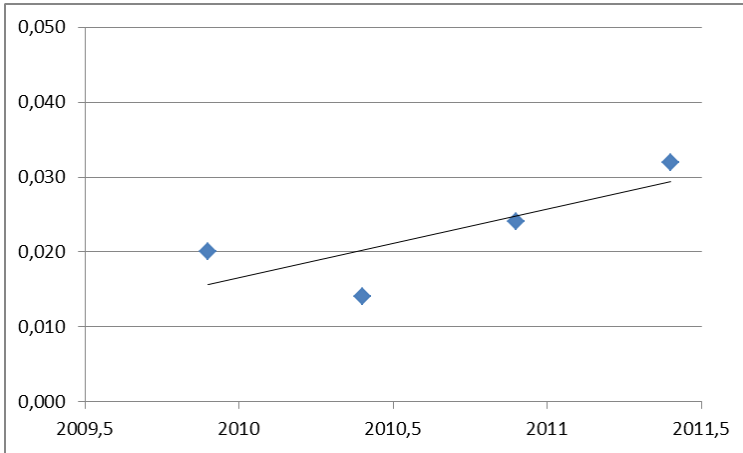


ΔU (m)

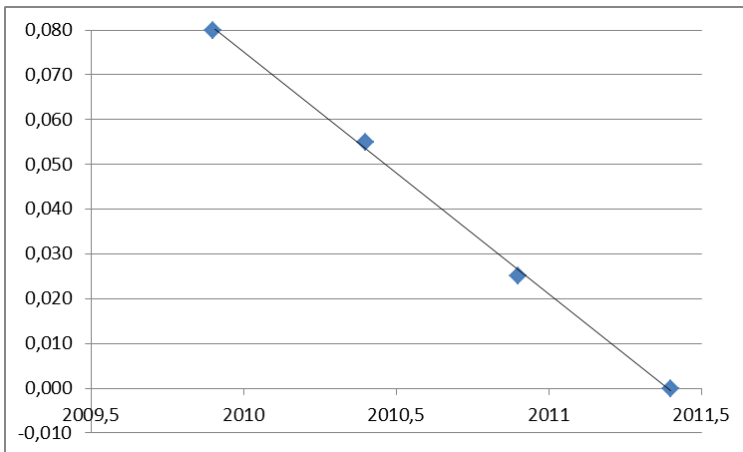


KA13

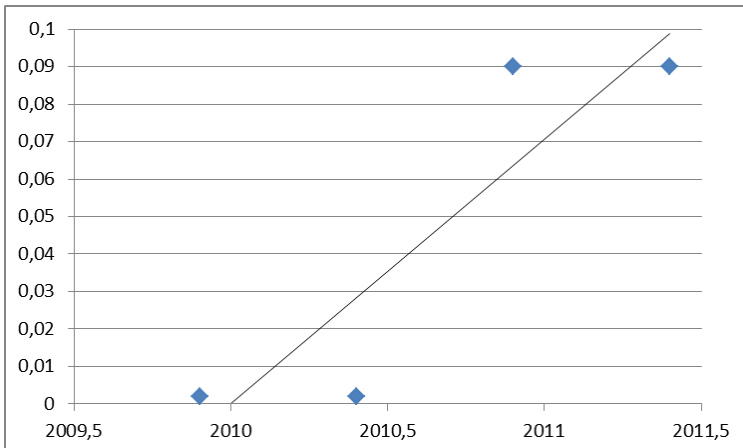
ΔN (m)



ΔE (m)

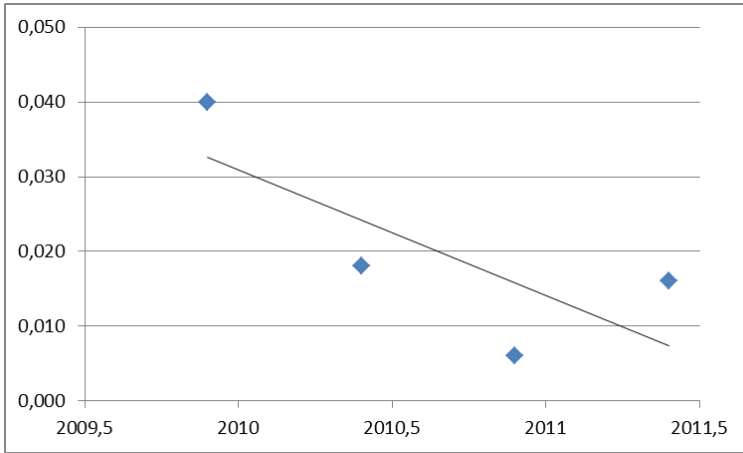


ΔU (m)

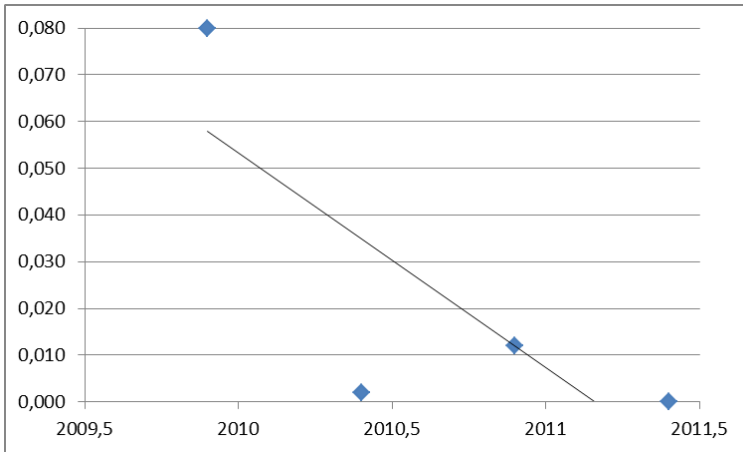


KA14

ΔN (m)

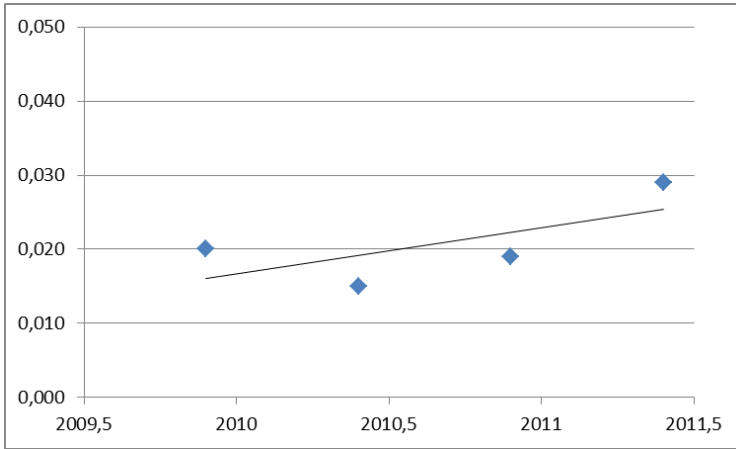


ΔE (m)

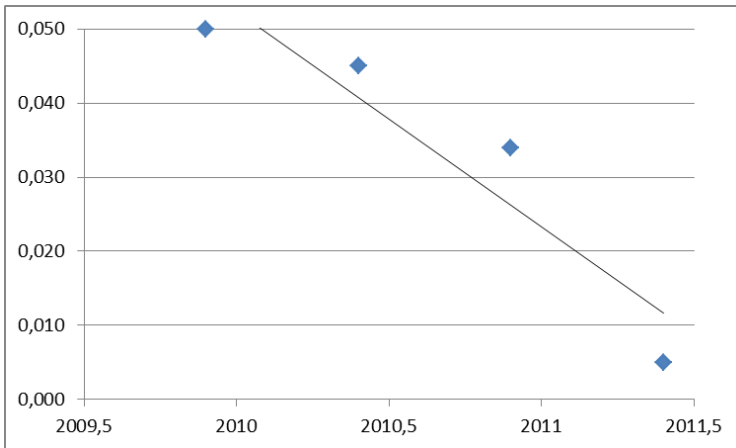


KA15

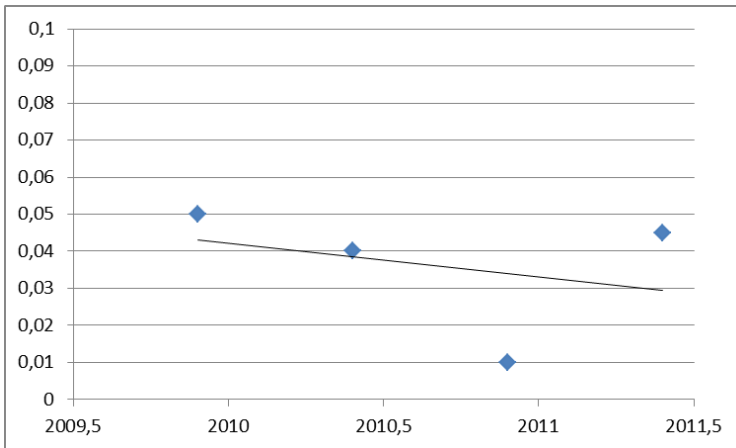
ΔN (m)



ΔE (m)

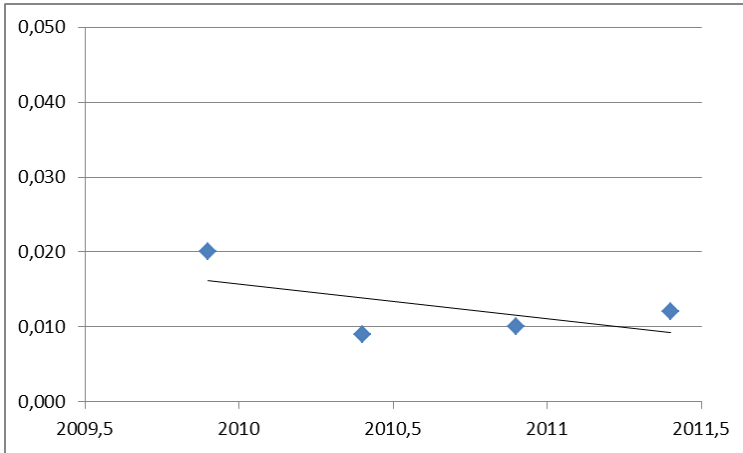


ΔU (m)

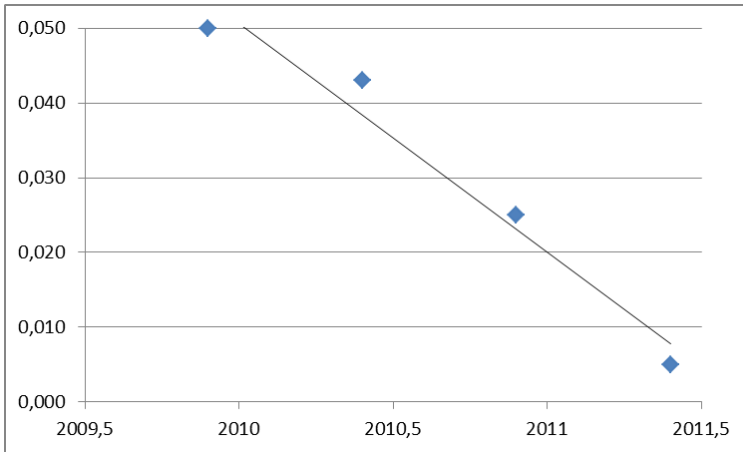


KA16

ΔN (m)

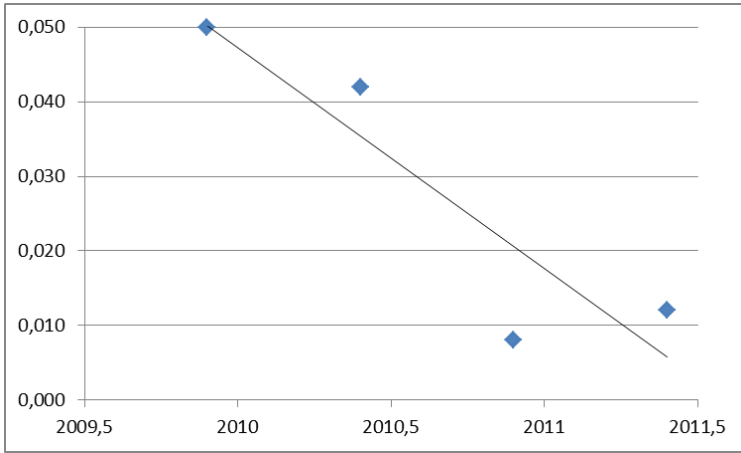


ΔE (m)

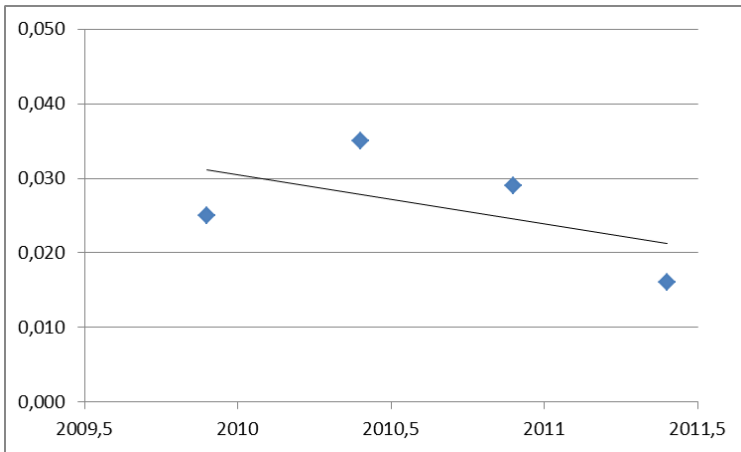


KA17

ΔN (m)

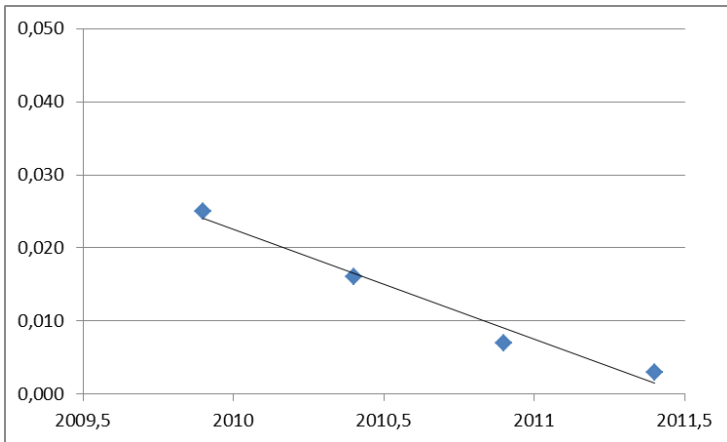


ΔE (m)

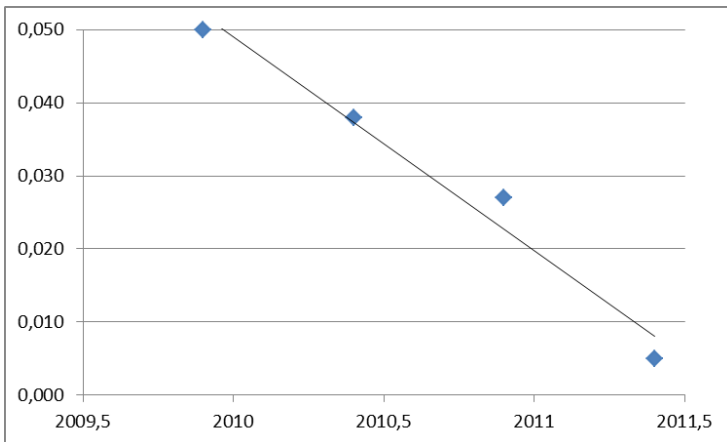


KA18

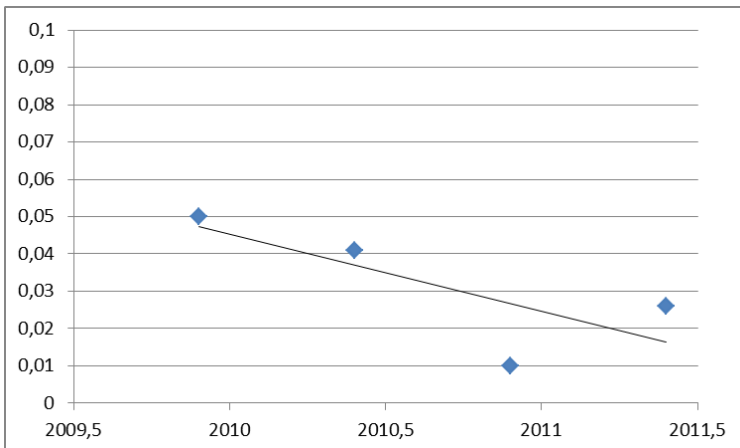
ΔN (m)



ΔE (m)

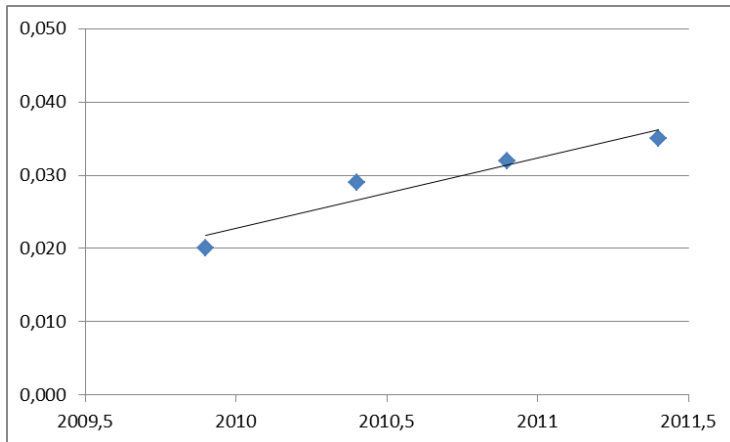


ΔU (m)

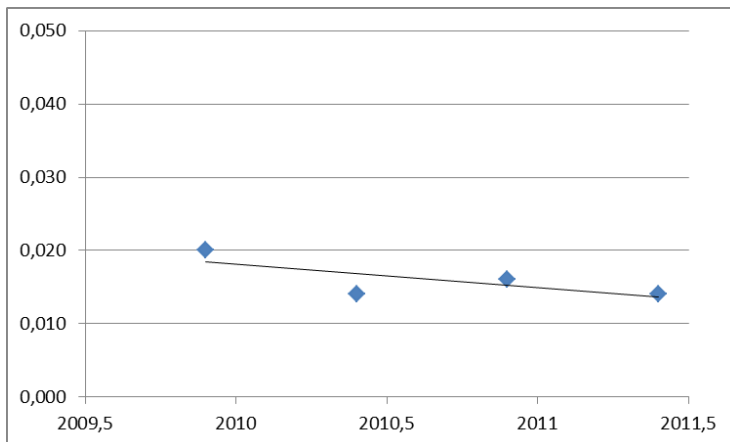


STEF

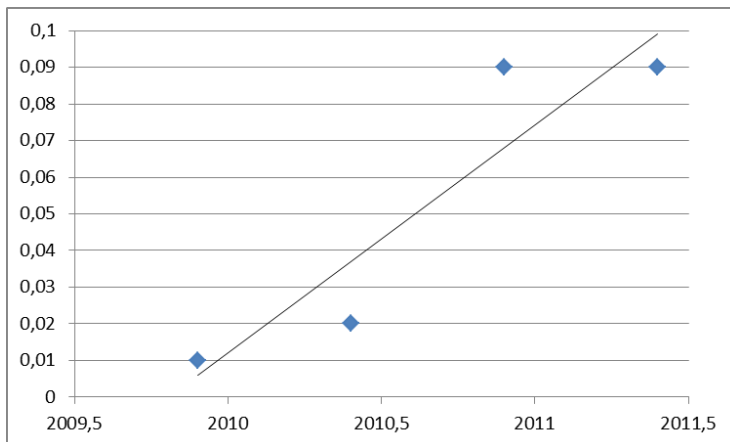
ΔN (m)



ΔE (m)



ΔU (m)



6. Συμπεράσματα

6.1 Συμπεράσματα για την αυτόματη επεξεργασία

Η αυτόματη επεξεργασία αποδείχτηκε ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο στην επίλυση γεωδαιτικών δικτύων. Αν και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλα τα δίκτυα, η μεγάλη χρησιμότητα της φαίνεται στα μεγάλα δίκτυα καθώς και σε μόνιμα δίκτυα που χρειάζεται να επιλύονται συνέχεια.

Προσφέρει ταχύτητα και ο χρήστης μπορεί να επέμβει σε όποιο σημείο της διαδικασίας επιθυμεί. Φυσικά αυτό προϋποθέτει καλή γνώση δορυφορικής γεωδαισίας, γνώση του BERNESE και τέλος βασικές γνώσεις πάνω στον προγραμματισμό.

Δεν παρουσιάστηκαν σημαντικά προβλήματα κατά τη διάρκεια επίλυσης δικτύων παρά μόνο αυτά που παρουσιάστηκαν στο τέλος του 3^{ου} κεφαλαίου.

6.2 Περιθώρια βελτίωσης

Μία βελτίωση στο πρόγραμμα general θα ήταν η δυνατότητα να κάνει λήψη των προϊόντων και από άλλες υπηρεσίες (π.χ. CODE). Ακόμη το BERNESE παρέχει και άλλες μεθόδους επίλυσης των ασαφειών. Μία από αυτές είναι η Wide lane – Narrow lane η οποία συνιστάται για βάσεις ‘μετρίου’ μήκους δηλαδή από περίπου 20Km έως 200Km. Κάποιος άλλος χρήστης θα μπορούσε να συμπεριλάβει και αυτή τη μέθοδο εκτός από την QIF και την SIGMA.

Τέλος η αυτόματη επεξεργασία θα μπορούσε να κατασκευαστεί και σε κάποιο άλλο λειτουργικό σύστημα έτσι ώστε να μην περιορίζεται μόνο σε περιβάλλον Linux.

7. Παράρτημα

Παρακάτω φαίνονται τα προγράμματα που κατασκευάστηκαν και που αναλύονται στο 2^ο κεφάλαιο.

Το πρόγραμμα *prepareauto.sh*

```
#!/bin/bash

#General programm calculating GPS dates & downloading all
necessary GPS files (RINEX.pole.orbit.ionosphere.DCB.clock files)

#path variables
# TODO: check if paths exist
export p2c="/"
export p2e="/"
export p2s1="{p2c}"
export p2s2="{p2c}"
export p2s3="{p2c}"
export p2s4="{p2c}"

if [ ! -d "${p2e}" ]; then
    echo "${p2e} Path does not exist"
    exit 1
    elif [ ! -d "${p2s1}" ]; then
        echo "${p2s1} Path does not exist"
        exit 1
        elif [ ! -d "${p2s2}" ]; then
            echo "${p2s2} Path does not exist"
            exit 1
            elif [ ! -d "${p2s3}" ]; then
                echo "${p2s3} Path does not exist"
                exit 1
                elif [ ! -d "${p2s4}" ]; then
                    echo "${p2s4} Path does not exist"
                    exit 1
fi

#collect data variables
y=$1
y2=${y: (-2)}
doy1=$2
doy2=$3
```

```

#date calculation
for doy in `seq ${doy1} ${doy2}`
do

    gpsweek="$(${p2e}/year2gpsweek.py $y $doy)"
    dow="$(${p2e}/dayofgps.py $y $doy)"
    month="$(${p2e}/yd2month.py $y $doy)"
    dom="$(${p2e}/yd2dom.py $y $doy)"

    echo "Downloading ${gpsweek}/${dow} Orbit File..."
    wget -q -O ${p2s2}/IGS${gpsweek}${dow}.PRE.Z
ftp://cddis.gsfc.CDDIS.gov/pub/gps/products/${gpsweek}/igs${gpswe
ek}${dow}.sp3.Z
    if [[ -s ${p2s2}/IGS${gpsweek}${dow}.PRE.Z ]] ; then
        uncompress -f ${p2s2}/IGS${gpsweek}${dow}.PRE.Z
    else
        echo "***Failed to download ${gpsweek}/${dow} Orbit
File"
    fi

    echo "Downloading ${gpsweek}/${dow} Clock File..."
    wget -q -O ${p2s2}/IGS${gpsweek}${dow}.CLK.Z
ftp://cddis.gsfc.CDDIS.gov/pub/gps/products/${gpsweek}/igs${gpswe
ek}${dow}.clk.Z
    if [[ -s ${p2s2}/IGS${gpsweek}${dow}.CLK.Z ]] ; then
        uncompress -f ${p2s2}/IGS${gpsweek}${dow}.CLK.Z
    else
        echo "***Failed to download ${gpsweek}/${dow} Clock
File"
    fi

#    if [[ ! -f ${p2s2}/${gpsweek}7.ERP ]]
#    then
        echo "Downloading ${gpsweek}7 Pole File..."
        wget -q -O ${p2s2}/IGS${gpsweek}${dow}.IEP.Z
ftp://cddis.gsfc.CDDIS.gov/pub/gps/products/${gpsweek}/igs${gpswe
ek}7.erp.Z
        if [[ -s ${p2s2}/IGS${gpsweek}${dow}.IEP.Z ]] ;
then
            uncompress -f ${p2s2}/IGS${gpsweek}${dow}.IEP.Z
        else
            echo "***Failed to download ${gpsweek}7 Pole
File"
        fi
#    fi

    echo "Downloading ${gpsweek}/${dow} Ionosphere File..."

```

```

        wget -q -O ${p2s1}/ION${gpsweek}${dow}.ION.Z
ftp://ftp.unibe.ch/aiub/CODE/${y}/COD${gpsweek}${dow}.ION.Z
        if [[ -s ${p2s1}/ION${gpsweek}${dow}.ION.Z ]] ;
        then
            unzip -f ${p2s1}/ION${gpsweek}${dow}.ION.Z
        else
            echo "***Failed to download ${gpsweek}/${dow}
Ionosphere File"
            fi

        if [ ! -f ${p2s2}/COD${y2}${month}.DCB ]
            then
                echo "Downloading DCB Files..."
                wget -q -O ${p2s2}/P1C1${y2}${month}.DCB.Z
ftp://ftp.unibe.ch/aiub/CODE/${y}/P1C1${y2}${month}.DCB.Z
                if [[ -s ${p2s2}/P1C1${y2}${month}.DCB.Z ]] ;
            then
                unzip -f ${p2s2}/P1C1${y2}${month}.DCB.Z
            else
                echo "***Failed to download
P1C1${y2}${month}.DCB.Z"
                fi
                wget -q -O ${p2s2}/P1P2${y2}${month}.DCB.Z
ftp://ftp.unibe.ch/aiub/CODE/${y}/P1P2${y2}${month}.DCB.Z
                if [[ -s ${p2s2}/P1P2${y2}${month}.DCB.Z ]] ;
            then
                unzip -f ${p2s2}/P1P2${y2}${month}.DCB.Z
                cat ${p2s2}/P1C1${y2}${month}.DCB >
${p2s2}/COD${y2}${month}.DCB;
                cat ${p2s2}/P1P2${y2}${month}.DCB >>
${p2s2}/COD${y2}${month}.DCB;
                rm ${p2s2}/P1??${y2}${month}.DCB
            else
                echo "***Failed to download
P1P2${y2}${month}.DCB.Z"
                fi
            fi

        done

for doy in `seq ${doy1} ${doy2}`
do
    echo "Downloading ${y}/${doy} RINEX data files...."
    for i in "$@"
    do
        if [[ $i != [0-9]* ]]
        then
            if [ ${#doy} -eq 1 ]
            then

```

```

        doy=00$doy
    fi
    if [ $#doy -eq 2 ]
    then
        doy=0$doy
    fi
    wget -q -O ${p2s4}/${i}${doy}0.${y2}D.Z
ftp://cddis.gsfc.CDDIS.gov/pub/gps/data/daily/${y}/${doy}/${y2}d/
${i}${doy}0.${y2}d.Z
    if [[ -s ${p2s4}/${i}${doy}0.${y2}D.Z ]] ; then
        uncompress -f ${p2s4}/${i}${doy}0.${y2}D.Z
        ${p2e}/CRX2RNX -f
        ${p2s4}/${i}${doy}0.${y2}D
        rm ${p2s4}/${i}${doy}0.${y2}D
    else
        echo "***Failed to download
        ${p2s4}/${i}${doy}0.${y2}D.Z RINEX data file"
    fi
fi
done
done

```

Το πρόγραμμα *dayofgps.py*

```

#!/usr/bin/python
import sys

#Day of The week

#global
jan6=44244.0
jan1=15385.0
spd=86400.0
fmjd=0.2

try:
    year=sys.argv[1]
    doy=sys.argv[2]
except:
    print 'Command line arguments not found!'
    sys.exit(1)

mjd=((int(year)-1901)/4)*1461 + ((int(year)-1901)%4)*365 +
int(doy)- 1 + 15385
gpsweek=(mjd-jan6)/7
dow=mjd-jan6-int(gpsweek)*7+fmjd
print int(dow)

```

Το πρόγραμμα *yd2dom.py*

```
#!/usr/bin/python
import sys

#Convert Year & Day of Year to Day

try:
    year=int(sys.argv[1])
    doy=int(sys.argv[2])
except:
    print 'command line arguments not found!'

mday=[[0. 31. 59. 90. 20. 151. 181. 212. 243. 273. 304. 334.
365]. [0. 31. 60. 91. 121. 152. 182. 213. 244. 274. 305. 335.
366]]
leap=(year%4 == 0)
guess=doy*0.032
more=( doy - mday[leap][int(guess+1)] )>0
dom = doy - mday[leap][int(guess+more)]
print dom
```

Το πρόγραμμα *yd2month.py*

```
#!/usr/bin/python
import sys

#Convert Year & Day of Year to Month

try:
    year=int(sys.argv[1])
    doy=int(sys.argv[2])
except:
    print 'command line arguments not found!'

mday=[[0. 31. 59. 90. 20. 151. 181. 212. 243. 273. 304. 334.
365]. [0. 31. 60. 91. 121. 152. 182. 213. 244. 274. 305. 335.
366]]
leap=(year%4 == 0)
guess=doy*0.032
more=(doy-mday[leap][int(guess+1)])>0
month=guess+more+1
if month>=10:
    print int(month)
else:
    print "0"+str(int(month))
```

Το πρόγραμμα *yd2gpsweek.py*

```
#!/usr/bin/python
import sys

#Convert Year & Day of Year to GPS Week

#global
jan6=44244.0

try:
    year=sys.argv[1]
    doy=sys.argv[2]
except:
    print 'Command line arguments not found!'
    sys.exit(1)

mjd=((int(year)-1901)/4)*1461 + ((int(year)-1901)%4)*365 +
int(doy)- 1 + 15385
gpsweek=(mjd-jan6)/7
if gpsweek>=1000:
    print int(gpsweek)
else:
    print "0"+str(int(gpsweek))
```

Βιβλιογραφία

1. Παραδείσης Δ.. «Σημειώσεις Δορυφορικής Γεωδαισίας». Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου. Σ.Α.Τ.Μ.. Ε.Μ.Π.. Αθήνα 2000.
2. Βέης Γ.. Μπιλλήρης Χ. & Παπαζήση Κ.. «Κεφάλαια Ανώτερης Γεωδαισίας». Σ.Α.Τ.Μ.. Ε.Μ.Π.. Αθήνα 2007.
3. Φωτίου Α. – Πικριδάς Χ.. «GPS και Γεωδαιτικές Εφαρμογές». Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη. 2006.
4. Αναστασίου Δ. «Μελέτη Τεκτονικών Μετατοπίσεων στο Ιόνιο με Ανάλυση Χρονοσειρών GPS». ΣΑΤΜ. Ιούλιος 2009
5. Πιτσικάλης Γ.. «Δορυφορικές Γεωδαιτικές Μετρήσεις για Μελέτη Μικρομετακινήσεων στην Περιοχή της Λίμνης Κάρλα». ΣΑΤΜ. Ιούλιος 2011.

Δικτυακοί ιστότοποι

<http://igsb.jpl.CDDIS.gov/>

<ftp://cddis.gsfc.CDDIS.gov/pub/gps/products/>

<http://www.unibe.ch/>

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