Εθνικο Μετσοβιο Πολυτεχνειο
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΕΝΤΡΟ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ ΔΙΟΝΥΣΟΥ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ ΚΑΡΛΑ ΛΟΓΩ ΥΠΕΡΑΝΤΛΗΣΗΣ, ΜΕ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ GPS

ΠΑΜΠΟΥΚΗΣ-ΒΟΥΒΑΛΟΥΔΗΣ
ΓΕΩΡΓΙΟΣ-ΙΑΣΩΝ

ΖΩΓΡΑΦΟΥ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2020

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά και πάνω από όλα, ευχαριστώ τους γονείς μου για τις θυσίες που έκαναν, ώστε να μου δώσουν τη δυνατότητα να σπουδάσω. Ευχαριστώ ιδιαίτερα τον κύριο Παραδείση Δημήτριο, για την ανάθεση και επίβλεψη της διπλωματικής εργασίας, καθώς και τους κυρίους Πανταζή Γεώργιο και Τσιχριντζή Βασίλειο, για τη συμμετοχή τους στην τριμελή επιτροπή. Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στον Παπανικολάου Ξάνθο για την καθοδήγηση και το χρόνο που αφιέρωσε για να με βοηθήσει στη δημιουργία αυτής της εργασίας.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την επίλυση δορυφορικών γεωδαιτικών δεδομένων για τη δημιουργία χρονοσειράς θέσης ενός μόνιμου σταθμού GPS κοντά στη λίμνη Κάρλα, στην περιοχή του Στεφανοβικείου. Έχει ήδη παρατηρηθεί από το Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας του Ε.Μ.Π ότι ο σταθμός παρουσιάζει εποχιακή αρμονική κίνηση. Η κίνηση αυτή φαίνεται πως σχετίζεται με τον υδροφόρο ορίζοντα και για αυτό επιλέγεται ένα μεγάλο διάστημα παρατήρησης που περιλαμβάνει όλες τις εποχές του χρόνου.

Για την επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ένα δίκτυο 7 μόνιμων σταθμών (συμπεριλαμβανομένου αυτού του Στεφανοβικείου). Οι έξι είναι σταθμοί της Euref στον Ελλαδικό χώρο. Έγινε επεξεργασία 6 βάσεων με διαφορετικούς τρόπους επίλυσης ανάλογα με το μήκος τους για την εκτίμηση των συνταταγμένων του Στεφανοβικείου, για κάθε ημέρα επεξεργασίας. Σε επόμενη φάση, χρησιμοποιήθηκαν οι συντεταγμένες του σταθμού για τη δημιουργία της χρονοσειράς θέσης.

Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το επιστημονικό πακέτο Bernese GPS Software v5.2, για 36 εποχές παρατηρήσεων – μία ημέρα ανά μήνα για τρία χρόνια – από τον Ιανουάριο του 2014 εώς το Δεκέμβριο του 2016. Αφού έγινε η επεξεργασία των βάσεων και ο υπολογισμός των συντεταγμένων στο σύστημα αναφοράς ITRF14 όλων των σταθερών σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν (συνόρθωση) , μετέπειτα έγινε αναγωγή σε τοποκεντρικές συντεταγμένες και η σύνταξη της χρονοσειράς κατά North, East και Up.

ABSTRACT

This dissertation deals with the solution of satellite geodetic data for the creation of a location time series of a permanent GPS station near Lake Carla, in the area of Stefanovikeio. It has already been observed by the Laboratory of Superior Geodesy of the NTUA that the station presents a seasonal harmonious movement. This movement seems to be related to the aquifer and for this a long observation period is chosen that includes all seasons of the year.

A network of 7 permanent GPS stations (including that of Stefanovikeio) was used for data processing. The six are Euref stations in Greece. 6 bases were processed with different ways of solving depending on their length for the evaluation of the recipes of Stefanovikeio, for each day of processing. In the next phase, the station coordinates were used to create the location time series.

The Bernese GPS Software v5.2 scientific package was used for this purpose, for 36 observation seasons - one day per month for three years - from January 2014 to December 2016. After the bases were processed and the coordinates were calculated in the ITRF14 reference system of all fixed stations used, then reduced to topocentric coordinates and the syntax of the time series according to North, East and Up.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ 2
ΠΡΟΛΟΓΟΣ 3
ABSTRACT 4
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ 5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 9
ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ 9
1.1 Το σύστημα GPS 9
1.1.1 Μετρήσεις Ψευδοαπόστασης 9
1.1.2 Μετρήσεις φάσης του φέροντος κύματος 10
1.2 Προσδιορισμός Θέσης 11
1.3 Πηγές Σφαλμάτων στα GNSS 13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 14
Η ΛΙΜΝΗ ΚΑΡΛΑ 14
2.1 Ιστορικά Στοιχεία 14
2.2 Εδαφική Σύσταση 17
2.3 Το φαινόμενο της υπεράντλησης στην περιοχή 18
2.4 Σκοπός της εργασίας 20
..... 20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 21
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ 21
3.1 Επισκόπηση 21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 23
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΠΙΛΥΣΗΣ 23
4.1 Διαδικασία Επίλυσης 23
4.1.1 Μεταφόρτωση και προεργασία αρχείων 24
4.1.2 Δημιουργία Καμπάνιας 25
4.1.3 Επεξεργασία Τροχιών 27
4.1.4 Εισαγωγή των Rinex / Δημιουργία Βάσεων 28
4.1.5 Δημιουργία float λύσης 30

4.1.6 Επίλυση Ασαφειών 31
4.1.7 Κανονικές Εξισώσεις 32
4.1.8 Συνόρθωση 32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 33
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ 33
5.1 Περιγραφή Δικτύου 33
5.2 Υλοποίηση Συστήματος Αναφοράς 41
5.3 Καμπάνια 2014 44
5.3.1 Ασάφειες 44
5.3.2 Συνόρθωση 51
5.4 Καμπάνια 2015 57
5.4.1 Ασάφειες 57
5.4.2 Τελική Συνόρθωση 63
5.5 Καμπάνια 2016 69
5.5.1 Ασάφειες 69
5.5.2 Τελική Συνόρθωση 75
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 81
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΕΠΙΛΥΣΗΣ 81
6.1 Πρόβλημα Διαθεσιμότητας Δεδομένων 81
6.2 Έλλειψη παρατηρήσεων 82
6.3 Quarter Cycle Issue 83
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 85
ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΕΣ 85
7.1 Χρονοσειρά θέσης του STEF 85
7.2 Μαθηματικό μοντέλο κίνησης 90
..... 90
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 95
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 95
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 97

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ

1.1 Το σύστημα GPS

Το NAVSTAR GPS (NAVigation Satellite Timing And Ranging, Global Positioning System) όπως αρχικά ονομάστηκε από το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ ή απλά GPS, είναι ένα παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα προσδιορισμού θέσης. Ανήκει στην κατηγορία των συστημάτων GNSS (Global Navigation Satellite Systems) μαζί με άλλα συστήματα, όπως το Ρωσικό GLONASS και το Ευρωπαϊκό Galileo και φαίνεται πως έχει επικρατήσει στο μεγαλύτερο μέρος εφαρμογών υψηλής ακρίβειας (γεωδαιτικές - τοπογραφικές εφαρμογές, οδοποιία, χαρτογραφία, γεωδυναμικές εφαρμογές, κ.ά.), αλλά και σε χαμηλότερης ακρίβειας, όπως η πλοήγηση, η ενημέρωση χαρτών και οι εφαρμογές GIS (Φωτίου-Πικριδάς,2006).

Με τη χρήση του GPS μπορούν να γίνουν οι εξής τύποι μετρήσεων:

- Μετρήσεις του φαινομένου Doppler
- Μετρήσεις ψευδοαπόστασης
- Μετρήσεις της φάσης του φέροντος κύματος

1.1.1 Μετρήσεις Ψευδοαπόστασης

Το GPS χρησιμοποιεί δύο συχνότητες, την L_1 στα 1575,42 MHz και τη συχνότητα L_2 στα 1227,60 MHz. Πάνω στα φέροντα αυτά κύματα διαμορφώνονται ειδικοί κώδικες (π.χ. μήνυμα πλοήγησης, Coarse Acquisition, Precise, κτλ) που μεταφέρουν πληροφορία και επιτρέπουν τη μέτρηση απόστασης μεταξύ δορυφόρου και δέκτη. Να σημειωθεί ότι οι δορυφόροι καινούριας γενιάς (Block III) έχουν τη δυνατότητα εκπομπής σε μία επιπλέον συχνότητα, την L_5 στα 1176.45 MHz και διαμόρφωσης επιπλέον κωδικών στις L_1 και L_2. Ο πλέον σημαντικός εξ' αυτών, είναι ο L2C.

Οι μετρήσεις ψευδοαπόστασης. όπως προαναφέρθηκε, γίνονται με βάση τον εκπεμπόμενο κώδικα και πραγματοποιούνται με την ταύτιση ενός αρχέτυπου του κώδικα που παράγει ο δορυφόρος με αυτό που παράγει ο δέκτης. Η απόσταση δορυφόρου - δέκτη (ψευδοαπόσταση) προκύπτει από τη σύγκριση του παραγόμενου και του ληφθέντος σήματος και από τη σχέση:

Μήκος = ταχύτητα x *χρόνος*

$R = c \times (t_\Lambda - t_E)$

Όπου c η ταχύτητα του φωτός στο κενό (299792458 m/sec), t_Λ ο χρόνος λήψης του σήματος και t_E ο χρόνος εκπομπής του σήματος. Η ακρίβεια μέτρησης της ψευδοαπόστασης με χρήση του κώδικα C/A φτάνει θεωρητικά τα ±3m, ενώ με τη χρήση του κώδικα P μπορεί να φτάσει τα ±30cm.

1.1.2 Μετρήσεις φάσης του φέροντος κύματος

Ο δέκτης μπορεί να μετρήσει με ακρίβεια τη στιγμιαία κλασματική φάση του φέροντος κύματος τη στιγμή λήψης του σήματος, αλλά δεν μπορεί να μετρήσει το ακέραιο πλήθος των κύκλων που μεσολαβούν από το δορυφόρο στο δέκτη. Ο άγνωστος ακέραιος αριθμός n των κύκλων που μεσολάβησαν ονομάζεται ασάφεια φάσης.

Με δεδομένο πως οι δορυφόροι έχουν περίοδο περίπου 12 ώρες, οι παρατηρήσεις φάσης προς κάθε δορυφόρο έχουν (τουλάχιστον) δύο ασάφειες την ημέρα. Στην περίπτωση απώλειας σήματος, εισάγονται στις μετρήσεις νέες απώλειες κύκλων (με συνέπεια η ασάφεια της φάσης να μεταβάλλεται) και απαιτείται επαναπροσδιορισμός του ακέραιου αριθμού κύκλων. Οι κύκλοι αυτοί ονομάζονται κύκλοι ολίσθησης (cycle slips) και προσθέτουν επιπλέον παραμέτρους προς εκτίμηση στην επίλυση. Κατά την επεξεργασία, γίνεται προσπάθεια να εκτιμηθούν οι ασάφειες σε ακέραιους αριθμούς, όποτε είναι αυτό δυνατό, διαφορετικά λύνονται σε πραγματικούς αριθμούς.

Οι εξισώσεις παρατήρησης της φάσης του κύματος είναι:

$$\psi^i_{Fk}(t) = \varphi_{Fk}(t) - \varphi^i_F(t-t^i_k) + n^i_{Fk}$$

Όπου,

$\psi^i_{Fk}(t)$ είναι η μέτρηση της φάσης την εποχή t στη συχνότητα F

$\varphi_{Fk}(t)$ είναι η φάση που παράγεται από το δέκτη σε χρόνο t

$\varphi^i_F(t-t^i_k)$ είναι η φάση που παράγεται από το δορυφόρο σε χρόνο $t-t^i_k$

n^i_{Fk} είναι ο ακέραιος αριθμός κύκλων (η αρχική ασάφεια)

1.2 Προσδιορισμός Θέσης

Ο προσδιορισμός θέσης με το GPS διακρίνεται γενικά σε δύο κατηγορίες:

- Στον απόλυτο προσδιορισμό θέσης, όπου οι συντεταγμένες ενός σημείου προσδιορίζονται ως προς ένα γεωκεντρικό σύστημα αναφοράς από παρατηρήσεις μόνο ενός δέκτη, ενώ χρησιμοποιούνται συνηθέστερα παρατηρήσεις ψευδοαποστάσεων από κώδικα (τα τελευταία χρόνια με την μέθοδο Precise Point Positioning χρησιμοποιούνται πλέον και μετρήσεις φάσης).
- Στο σχετικό προσδιορισμό θέσης, όπου η επεξεργασία γίνεται με τη δημιουργία βάσεων και μετέπειτα συνόρθωση του δικτύου. Για κάθε ζεύγος δεκτών που ορίζουν μία βάση, προσδιορίζονται οι συνιστώσες του διανύσματος βάσης (ΔΧ, ΔΥ, ΔΖ). Η μέθοδος αυτή προτιμάται για εργασίες μεγαλύτερης ακρίβειας, καθώς η επεξεργασία βάσεων επιφέρει την εξάλειψη κοινών σφαλμάτων.

Ο προσδιορισμός θέσης διακρίνεται ακόμα σε στατικό και κινηματικό ανάλογα αν ο δέκτης είναι ακίνητος ή κινείται. Η μέθοδος του στατικού προσδιορισμού και ειδικότερα του σχετικού στατικού προσδιορισμού προτιμάται στις γεωδαιτικές εφαρμογές υψηλής ακρίβειας ενώ αυτή του κινηματικού και μάλιστα σε πραγματικό χρόνο αφορά περισσότερο την πλοήγηση (Φωτίου – Πικριδάς, 2006).

Οι παρατηρήσεις φάσης είναι αυτές που χρησιμοποιούνται στο σχετικό προσδιορισμό θέσης για τις γεωδαιτικές εφαρμογές· στην περίπτωση αυτή, οι ψευδοαποστάσεις χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό

αρχικών προσεγγιστικών συντεταγμένων και το συγχρονισμό των ρολογιών.

Αντί των πρωτογενών παρατηρήσεων GPS, συνήθως γίνεται χρήση γραμμικών συνδυασμών τους με σημαντικά πλεονεκτήματα και κάποια μειονεκτήματα. Η κυριότερη αιτία είναι ότι με τον τρόπο αυτό απαλείφονται ή ελαχιστοποιούνται πολλά από τα συστηματικά σφάλματα. Ακολούθως, παρουσιάζονται οι κυριότεροι γραμμικοί συνδυασμοί που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία δεδομένων GPS:

- Ο συνδυασμός L_3 (ionospheric free) που έχει την ιδιότητα να μην εξαρτάται από την ιονοσφαιρική επίδραση και εκφράζεται από τη σχέση:
  $L_3 = \frac{1}{f_1^2 - f_2^2}$

  Η ίδια μορφή ισχύει και για τον συνδυασμό P_3 του κώδικα P:
  $P_3 = \frac{1}{f_1^2 - f_2^2}$

- Ο συνδυασμός L_4 (geometry free) που είναι ανεξάρτητος των σφαλμάτων των ρολογιών των δεκτών καθώς και της γεωμετρίας (τροχιές, θέση σημείων) και εκφράζεται από τη σχέση:
  $L_4 = L_1 - L_2$

- Ο συνδυασμός L_5 (wide lane) που έχει σχετικά μεγάλο μήκος κύματος (περίπου 86 cm) και είναι λιγότερο ευαίσθητος στα συστηματικά σφάλματα. Ο συνδυασμός αυτός βοηθάει στον εντοπισμό απώλειας κύκλων, λόγω του μεγάλου μήκους κύματος (η απώλεια ενός κύκλου επιφέρει σφάλμα 86cm). Εκφράζεται από τη σχέση:
  $L_5 = \frac{1}{f_1 - f_2}$

- Ο συνδυασμός L_n (narrow lane):
  $L_n = \frac{1}{f_1 + f_2}$

- Ο συνδυασμός L_6 (Melbourne – Wübbena) που είναι συνδυασμός φάσεων και κώδικα. Απαλείφει την επίδραση των σφαλμάτων της ιονόσφαιρας, της γεωμετρίας, των ρολογιών και της τροπόσφαιρας. Εκφράζεται από τη σχέση:
  $L_6 = \frac{1}{f_1 - f_2} - \frac{1}{f_1 + f_2}$

1.3 Πηγές Σφαλμάτων στα GNSS

Κατά τον προσδιορισμό θέσης με GPS υπεισέρχονται διάφορα σφάλματα, τόσο συστηματικά όσο και τυχαία (θόρυβος). Χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- Σφάλματα που σχετίζονται με τους δορυφόρους, όπως το σφάλμα της τροχιάς, του ρολογιού του δορυφόρου και της επιλεκτικής διαθεσιμότητας.
- Σφάλματα που σχετίζονται με τους δέκτες, όπως το σφάλμα του ρολογιού του δέκτη, της μεταβολής του κέντρου φάσης της κεραίας, το τυχαίο σφάλμα της παρατήρησης και το σφάλμα της αβεβαιότητας του γνωστού σημείου κατά την επίλυση βάσης.
- Σφάλματα που σχετίζονται με τη διάδοση του σήματος, όπως η επίδραση της τροπόσφαιρας και της ιονόσφαιρας, της πολυανάκλασης και το σφάλμα της ολίσθησης των κύκλων.

Η κατάλληλη επιλογή των γραμμικών συνδυασμών που αναφέρθηκαν νωρίτερα, μπορεί να απαλείψει το σύνολο ή την πλειοψηφία αυτών των σφαλμάτων, ορισμένα εκ των οποίων μπορεί να είναι ιδιαίτερα δύσκολο να υπολογιστούν (Φωτίου – Πικριδάς, 2006).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Η ΛΙΜΝΗ ΚΑΡΛΑ

2.1 Ιστορικά Στοιχεία

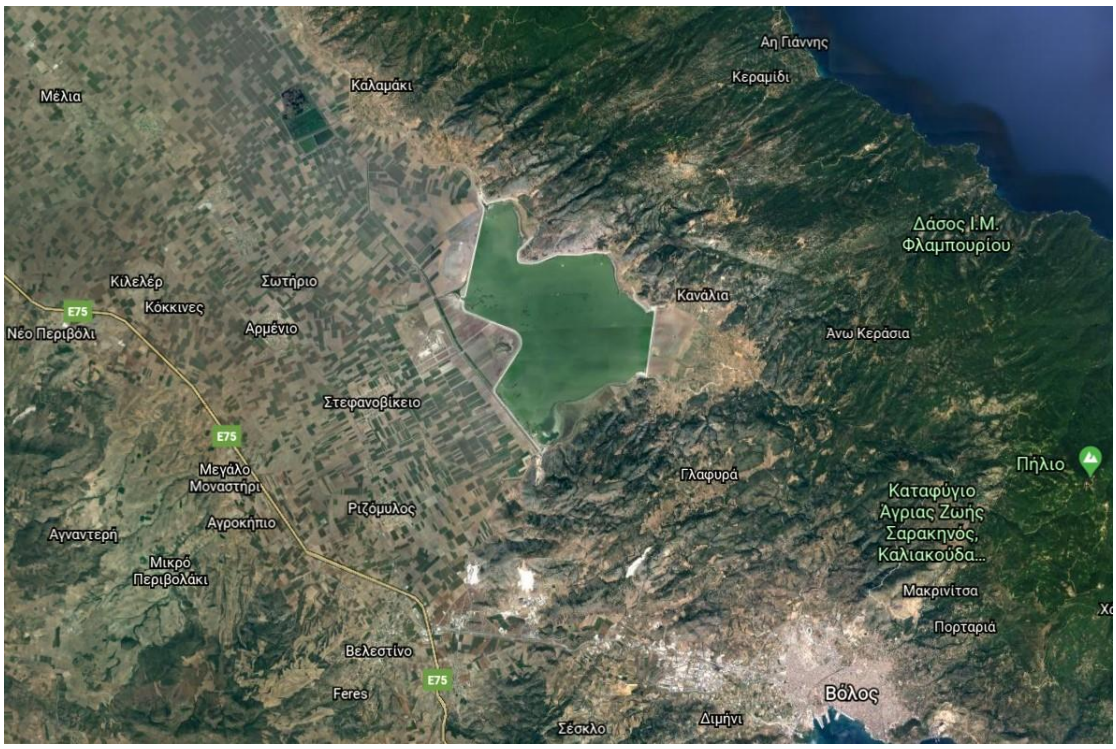
Η λίμνη Κάρλα ή αλλιώς Βοιβηίδα βρίσκεται νοτιοανατολικά της Λάρισας, κοντά στις βόρειες πλαγιές του Πηλίου, στα όρια των Νομών Λαρίσης και Μαγνησίας. Η παρουσία της επηρέαζε και συνεχίζει να επηρεάζει σημαντικά ένα δίκτυο χωριών της Θεσσαλίας όπως τα Κανάλια, το Καστρί, το Καλαμάκι το Στεφανοβίκειο κ.ά (πηγή: https://el.wikipedia.org/wiki/Λίμνη_Κάρλα)

Τα σχέδια για την αποξήρανση της λίμνης ξεκινούν από τις αρχές του 20ού αιώνα με κύρια αίτια την πρόκληση πλημμυρών περιμετρικά των καλλιεργειών και την έντονη παρουσία εντόμων σε βαλτώδεις εκτάσεις γύρω της. Όλες οι αρχικές μελέτες προέβλεπαν την κατασκευή ενός ταμιευτήρα 40-50.000 στρεμμάτων, έτσι ώστε να μην καταστραφεί εντελώς η χλωρίδα και η πανίδα της περιοχής, καθώς επίσης και να υπάρχει η δυνατότητα άρδευσης των γύρω περιοχών σε μικρότερη κλίμακα. Παρ' όλα αυτά, η λίμνη αποξηράνθηκε πλήρως, δημιουργώντας περιβαλλοντικά και κοινωνικά προβλήματα στην τοπική κοινωνία. Μέχρι το 1957 η έκτασή της άγγιζε τα 180.000 στρέμματα στην πλημμυρική της περίοδο, όταν και ξεκίνησε η κατασκευή της σήραγγας, μέσω της οποίας αποξηράνθηκε το 1962. Μια ολόκληρη κοινωνία και ειδικά στο χωριό των Καναλιών, αναγκάστηκε να στραφεί από την αλιεία στη γεωργία, χωρίς τις απαραίτητες υποδομές και την ανάλογη στήριξη (πηγή: https://archive.ert.gr/61819)

Συνολικά, οι επιπτώσεις στο οικοσύστημα ήταν πολύ σημαντικότερες από το όφελος της αποξήρανσης. Μερικές από αυτές:

- Η πτώση του επιπέδου των υπόγειων υδάτων
- Η παρείσφρηση θαλασσινού νερού στα στρώματα του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα
- Η έλλειψη αρδευτικών πόρων
- Η αύξηση της συχνότητας πλημμυρικών φαινομένων στις πεδινές εκτάσεις

- Η ανισορροπία αλατότητας και αλκαλικότητας του εδάφους
- Η ρύπανση των τάφρων και των υδάτινων πόρων
- Η μόλυνση του Παγασητικού Κόλπου
- Η δημιουργία ρηγμάτων μεγάλου βάθους και η καταστροφή κτισμάτων
- Η μείωση της βιοποικιλότητας της περιοχής



Εικόνα 2.1- 1 Χάρτης Περιοχής Μελέτης

Αποτέλεσμα όλων αυτών ήταν να αποφασιστεί η επανυδροδότησή της. Το έργο καθυστέρησε σημαντικά, αφού οι πρώτες ενέργειες ξεκίνησαν στα μέσα της δεκαετίας του ’90 και χρειάστηκε να φθάσουμε στο 2009 για να ξεκινήσει η πλήρωση της λίμνης με νερό, ενώ εγκαινιάστηκε τελικά το 2018. Πλέον η λίμνη εκτείνεται σε μια έκταση περίπου 38.000 στρεμμάτων με μέσο βάθος τα 6 μέτρα, ενώ αναμένεται να συμβάλλει μεταξύ άλλων στην αντιπλημμυρική προστασία, την αποκατάσταση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, την άρδευση χιλιάδων στρεμμάτων και την ενίσχυση της ύδρευσης της πόλης του Βόλου. Ζητούμενο πλέον είναι η ορθολογική διαχείριση των υδάτων με αυστηρό έλεγχο στις γεωτρήσεις

και την αποφυγή υπερκατανάλωσης των πόρων για αρδευτικούς σκοπούς (πηγή: http://www.fdkarlas.gr/History.aspx).

Εικόνα 2.1- 2 Η λίμνη σήμερα

2.2 Εδαφική Σύσταση

Η περιοχή της Κάρλας ήταν (τουλάχιστον μέχρι την αποξήρανση της) κατά κύριο λόγο ένα κλειστό σύστημα, με αποτέλεσμα την απόθεση φερτών υλικών στον πυθμένα της λίμνης και τη δημιουργία ιζημάτων. Βρίσκεται στο ανατολικό κομμάτι της Θεσσαλίας, το οποίο καταλαμβάνει η Πελαγονική ζώνη.

Συνίσταται από ένα κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο (γνεύσιους, γνευσιοσχιστόλιθους και αμφιβολίτες με μεγάλες γρανιτικές διεισδύσεις). Στους παραπάνω σχηματισμούς έχουν αποτεθεί κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, άργιλοι και άλλα ορυκτά και τεταρτογενείς αποθέσεις οι οποίες είναι λεπτόκοκκες με μεγαλύτερη συμμετοχή λεπτομερούς άμμου, πηλού, και αργιλοϊλυωδών σχηματισμών.

Η ευρύτερη πεδινή περιοχή της Κάρλας περιλαμβάνει κυρίως λεπτομερή ιζήματα με εξαίρεση τα περιθώρια αυτής. Στα νότια και νοτιοδυτικά περιθώρια της πεδινής έκτασης της λεκάνης της Κάρλας συναντώνται αδρομερείς αποθέσεις (περιοχή Χάλκης, Ριζόμυλου - Στεφανοβικείου) που έχουν αποτεθεί από τους εκεί αναπτυσσόμενους χειμάρρους που εκβάλλουν στην πεδινή έκταση. Στην περιοχή της Κάρλας συναντώνται αποθέσεις αλατούχων αργίλων και άμμων που επηρεάζουν το χημισμό της υπόγειας υδροφορίας (πηγή: http://www.minagric.gr/ardeftika/files/results/geol/21.RESULTS_KARLA) .

Το υδρογραφικό δίκτυο δεν παρουσιάζει την ίδια ανάπτυξη σε όλη την έκταση της λεκάνης απορροής. Στο ανατολικό και νότιο τμήμα της λεκάνης, το υδρογραφικό δίκτυο είναι υποτυπώδες, ενώ στην περιοχή των νεογενών ιζημάτων στο δυτικό τμήμα της λεκάνης, υπάρχει ένα καλά αναπτυγμένο δίκτυο δενδριτικής μορφής. Η μικρή περατότητα των νεογενών σχηματισμών ευνοεί την επιφανειακή απορροή και δεδομένου ότι κλίση των πρανών είναι μικρή, τα σχηματιζόμενα ρέματα χαρακτηρίζονται από μικρές ταχύτητες ροής και χαμηλή μεταφορική ικανότητα. Επομένως, λαμβάνει χώρα μεταφορά λεπτόκκοκων υλικών και σχηματισμός εκτεταμένων αλλουβιακών αποθέσεων στη δυτική περιλίμνια ζώνη.

2.3 Το φαινόμενο της υπεράντλησης στην περιοχή

Η υπεράντληση των υδάτων στη λεκάνη της λίμνης Κάρλας και στην ευρύτερη περιοχή του Θεσσαλικού κάμπου είναι ένα φαινόμενο με πολύ σοβαρές οικολογικές επιπτώσεις. Έχει παρατηρηθεί από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών πως σημειώνονται έντονες καθιζήσεις σε περιοχές της Θεσσαλίας (σε χωριά νότια της Λάρισας, στον Πλατύκαμπο, στο Αρμένιο και στο Κιλελέρ έως και τα χωριά Ριζόμυλος και Στεφανοβίκειο του νομού Μαγνησίας) που φτάνουν τα 8 με 10 εκατοστά ετησίως. Το φαινόμενο έχει αιτία, και σχετίζεται με την πτώση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα εξαιτίας της υπεράνλτησης των υδάτων.

Η υδρολογική λεκάνη της Κάρλας παρουσιάζει έλλειμμα νερού κατά 130 εκ. κυβικά μέτρα κατά μέσο όρο κάθε υδρολογικό έτος, με αποτέλεσμα να γίνεται υπεράντληση από τον υπόγειο υδροφορέα. Για την άντληση νερού, οι γεωτρήσεις κατεβαίνουν κατά μέσο στα 40 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας και σε μεταξύ τους αποστάσεις που δεν προβλέπονται από τον κανονισμό. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τη χρήση λιπασμάτων στις καλλιέργειες, έχουν επίσης επίπτωση και στην ποιότητα των υδάτων. Σε κάποιες περιοχές το νερό είναι ακατάλληλο για χρήση, εξαιτίας της περιεκτικότητας των νιτρικών που έχουν εντοπιστεί. ενώ τα νιτρικά που έχουν εντοπιστεί -σε σημείο τέτοιο ώστε το νερό να θεωρείται σε κάποιες περιπτώσεις ακατάλληλο για χρήση- συνιστούν υποβάθμιση της ποιότητας των υδατικών αποθεμάτων.

(Πηγές: https://www.skai.gr/news/environment/vouliazei-o-thessalikos-kampos-apo-tin-yperantlisi

https://www.taxydromos.gr/E.Chanou/167739-elleimma-130-ek-k-m-neroy-sthn-karla.html

Παπακώστα Ευαγγελία (2010). Υδρολογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες της υδρολογικής λεκάνης της Κάρλας και σχεδιασμός των υδάτινων πόρων)

Εικόνα 2.3- 1 Ρηγματώσεις στην ευρύτερη περιοχή

2.4 Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής, είναι η μελέτη της κίνησης του εδάφους στην περιοχή της λίμνης Κάρλας. Πιο συγκεκριμένα, θα γίνει χρήση ενός μόνιμου σταθμού GPS στην περιοχή, που είναι εγκατεστημένος στο γειτονικό χωριό Στεφανοβίκειο. Θα γίνει επεξεργασία των παρατηρήσεων GNSS του σταθμού με σκοπό την εκτίμηση της θέσης του για μια μέρα ανά μηνά, σε ένα εύρος τριών ετών. Από την παραγομένη χρονοσειρά θέσης θα γίνει διερεύνηση των τοπικών κινήσεων. Η χρονοσειρά θα αναλυθεί σε τοποκεντρικό σύστημα συντεταγμένων ώστε να έχουμε τη μικρότερη δυνατή συσχέτιση οριζοντιογραφίας και υψομέτρου. Ιδιαίτερη έμφαση θα δοθεί στη μελέτη της συνιστώσας του υψομέτρου, ώστε να διερευνηθεί τυχούσα μεταβολή του υδροφόρου ορίζοντα με το χρόνο. Θα εκτιμηθεί η τεκτονική ταχύτητα (γραμμικό μοντέλο) για τις τρεις συνιστώσες και θα γίνει προσπάθεια ταυτοποίησης αρμονικών σημάτων που υπάρχουν στη χρονοσειρά. Θα γίνει προσπάθεια να δημιουργηθεί για τις τρεις συνιστώσες ένα μαθηματικό μοντέλο που θα προσαρμόζεται όσο γίνεται καλυτέρα στην παρατηρούμενη κίνηση του εδάφους και με βάση αυτό το μοντέλο, θα εξαχθούν συμπεράσματα για ενδεχομένη μεταβολή του υδροφόρου ορίζοντα.

Εικόνα 2.4- 2 Η λίμνη την άνοιξη

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

3.1 Επισκόπηση

Το Bernese GNSS Software v5.2 είναι ένα επιστημονικό, υψηλής ακρίβειας, λογισμικό επεξεργασίας δεδομένων GNSS που αναπτύχθηκε στο Αστρονομικό Ινστιτούτο του Πανεπιστημίου της Βέρνης (Astronomical Institute of the University of Bern). Υποστηρίζει πλήρως τα συστήματα GPS, GLONASS και μερικώς τα συστήματα Galileo (Ευρωπαϊκό), BeiDou (Κινέζικο) και το Quasi-Zenith (QZSSY) (Ιαπωνικό) και είναι ιδανικό εργαλείο για:

- Επιστήμονες που ερευνούν τη γεωδαισία, τη μετεωρολογία και τις γεωεπιστήμες
- Πανεπιστημιακή μελέτη
- Εταιρίες υπεύθυνες για εργασίες υψηλής ακρίβειας που αφορούν τα GNSS
- Φορείς υπεύθυνους για τη συντήρηση μόνιμων δικτύων GNSS
- Ιδιωτικές εταιρίες με πολύπλοκες εφαρμογές που απαιτούν υψηλή ακρίβεια, αξιοπιστία και υψηλή παραγωγικότητα

Μερικά από τα χαρακτηριστικά του είναι:

- Αυτόματη επεξεργασία μόνιμων δικτύων GPS
- Συνδυασμός παρατηρήσεων από διαφορετικούς τύπους δεκτών, διορθώνοντας τις διαφοροποιήσεις του κέντρου φάσης κάθε κεραίας
- Ταυτόχρονη επεξεργασία παρατηρήσεων GPS και GLONASS
- Διαχείριση βάσεων μεγάλου μήκους και επίλυση των ασαφειών
- Εκτίμηση των ρολογιών
- Εκτίμηση/μελέτη της επίδρασης της ιονόσφαιρας και της τροπόσφαιρας
- Υπολογισμός της τροχιάς, των παραμέτρων κίνησης και του προσανατολισμού της γης
- Επεξεργασία δεδομένων μονής και διπλής συχνότητας
- Δυνατότητα χρήσης διαφορετικών γραμμικών συνδυασμών των συχνοτήτων L1 και L2

- Υποστήριξη στατικού και κινηματικού προσδιορισμού θέσης
- Υποστήριξη διαφορετικών τύπων δεδομένων: RINEX, SP3c, SINEX, IONEX, Clock RINEX, Troposphere SINEX, ANTEX, IERS ERP

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΠΙΛΥΣΗΣ

4.1 Διαδικασία Επίλυσης

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα βήματα που ακολουθήθηκαν για τη εκπόνηση αυτής της εργασίας. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το λογισμικό στο οποίο εργαστήκαμε ήταν το Bernese GNSS Software και η διαδικασία επίλυσης του δικτύου είναι αυτή που αναλύεται παρακάτω. Στο διάγραμμα ροής που ακολουθεί δίνεται μια συνοπτική εικόνα της αλληλουχίας των σταδίων επεξεργασίας:

Εικόνα 4.1- 1 Διάγραμμα Ροής Εργασιών

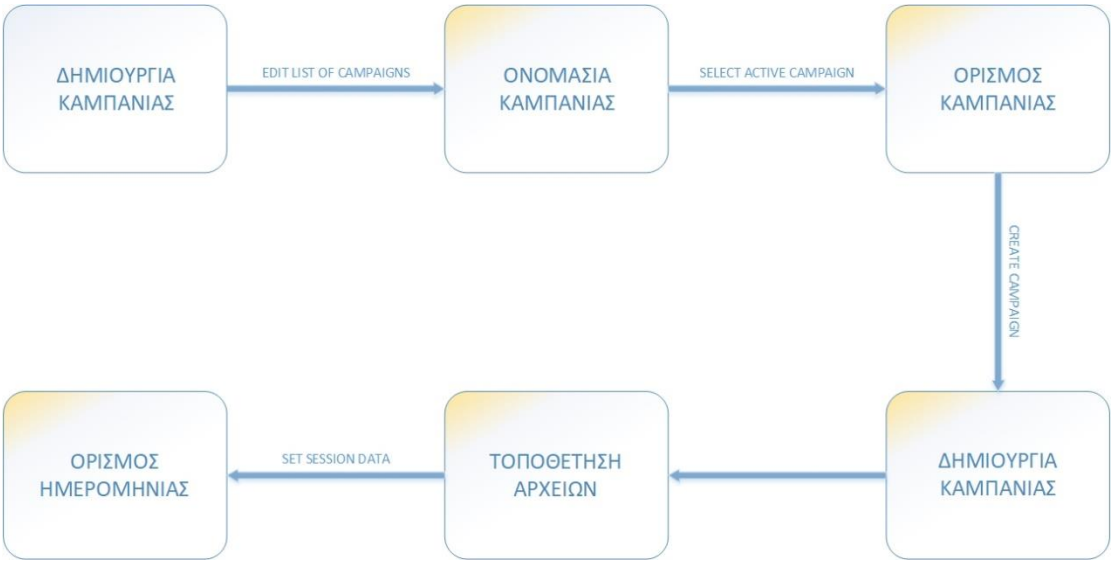
4.1.1 Μεταφόρτωση και προεργασία αρχείων

Πρώτη εργασία αφού επιλεχθούν το διάστημα και οι σταθμοί ενδιαφέροντος, είναι η μεταφόρτωση των απαραίτητων αρχείων για την έναρξη των επεξεργασιών στο περιβάλλον του λογισμικού. Τα αρχεία λήφθηκαν από το site της Euref, του Εθνικού Αστεροσκοπείου και της CODE (Center for Orbit Determination in Europe) και είναι τα εξής:

- Αρχεία παρατηρήσεων RINEX. Μεταφορτώθηκε ένα ημερήσιο αρχείο RINEX για κάθε σταθμό, για την πρώτη ημέρα του μήνα για διάστημα τριών ετών (2014 - 2016). Συνολικά, 36 αρχεία παρατηρήσεων για κάθε σταθμό στη συμπιεσμένη μορφή Hatanaka, αφού μειώνει αισθητά το μέγεθός τους. Αποσυμπιέστηκαν με τη βοήθεια του λογισμικού CRX2RNX στην κανονική μορφή των RINEX (π.χ. AUT1032.14O – αρχείο για το σταθμό της Θεσσαλονίκης, την 32^{η} μέρα του χρόνου, το έτος 2014).
- Αρχεία εφημερίδων ακριβείας κατάληξης .EPH που είναι ημερήσια και έγινε μετατροπή της κατάληξής τους σε .PRE ώστε να είναι συμβατά με το πρόγραμμα
- Αρχεία κατάληξης .ION που περιέχουν πληροφορίες και παραμέτρους που αφορούν την ιονοσφαιρική επίδραση
- Αρχεία κατάληξης .ERP που περιέχουν πληροφορίες για την περιστροφή της γης (earth rotation parameters) και προτιμώνται τα αθροιστικά εβδομαδιαία, ενώ έγινε αλλαγή της κατάληξης τους σε .IEP ώστε να είναι συμβατά
- Αρχεία συντεταγμένων .CRD που είναι ημερήσια
- Αρχείο κατάληξης .STA που περιέχουν πληροφορίες για τους σταθμούς και τα όργανά τους
- Αρχείο κατάληξης .ABB που περιέχει και εισάγει στο πρόγραμμα συντομογραφίες (abbreviations) για τα ονόματα των σταθμών

4.1.2 Δημιουργία Καμπάνιας

Τη λήψη των κατάλληλων αρχείων, ακολουθεί η δημιουργία της τρέχουσας Καμπάνιας (Campaign). Η διαδικασία, καθώς και οι εντολές που χρησιμοποιούνται στο λογισμικό φαίνονται συνοπτικά στο παρακάτω διάγραμμα:



Εικόνα 4.1.2- 1 Διάγραμμα Ροής Εργασιών

Η δημιουργία της καμπάνιας στο Bernese, στην ουσία δημιουργεί ένα φάκελο (directory) με υποφακέλους στον υπολογιστή, όπου τοποθετούνται τα αρχεία για τα οποία μιλήσαμε νωρίτερα, αλλά και άλλα εξαγόμενα αρχεία του προγράμματος.

Ξεκινώντας με την εντολή *'edit list of campaigns',* γίνεται επεξεργασία της λίστα με τις καμπάνιες, προσθέτοντας τη δική μας και ονομάζοντας την. Στη συνέχεια επιλέγεται ως ενεργή (*'select active campaign')* και δημιουργείται τελικά με την εντολή *'create campaign'.* Έτσι, φτιάχνεται ένας φάκελος με το όνομα της καμπάνιας που δόθηκε, ο οποίος περιέχει ένα ευρετήριο με τους εξής φακέλους:

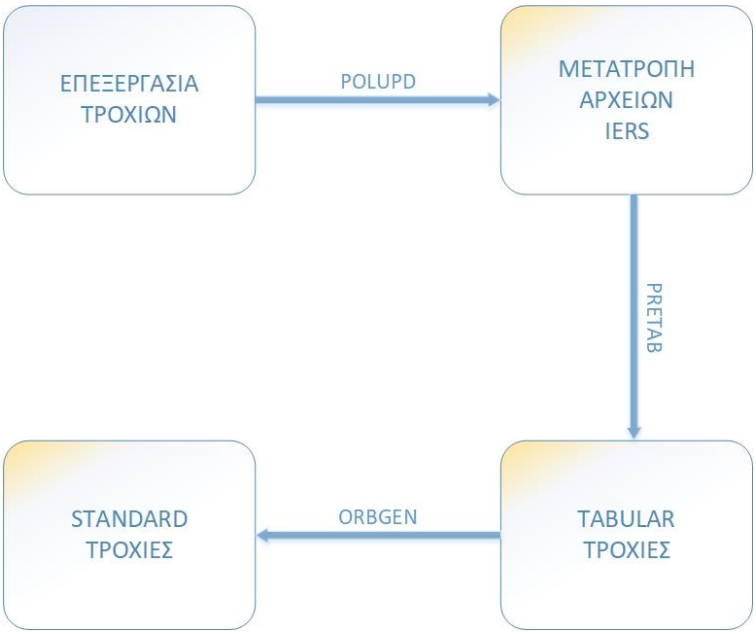
- ATM
- BPE
- GRD
- OBS

- ORB
- ORX
- OUT
- RAW
- SOL
- STA

Συνακόλουθα, τοποθετούνται τα αρχεία στους κατάλληλους φακέλους. Τα αρχεία που ληφθήκαν από την CODE και αφορούν τον πόλο και τις τροχιές στο φάκελο ORB, τα αρχεία της ιονόσφαιρας στο φάκελο ATM, τα αρχεία παρατηρήσεων στο φάκελο RAW και τα αρχεία συντεταγμένων .CRD, τα αρχεία .ABB και .STA στο φάκελο STA. Τέλος, ορίζεται η ημερομηνία επεξεργασίας (*'set session data')*, διαδικασία που επαναλαμβάνεται κάθε φορά που θέλουμε να μεταβληθεί η ημέρα επεξεργασίας.

4.1.3 Επεξεργασία Τροχιών

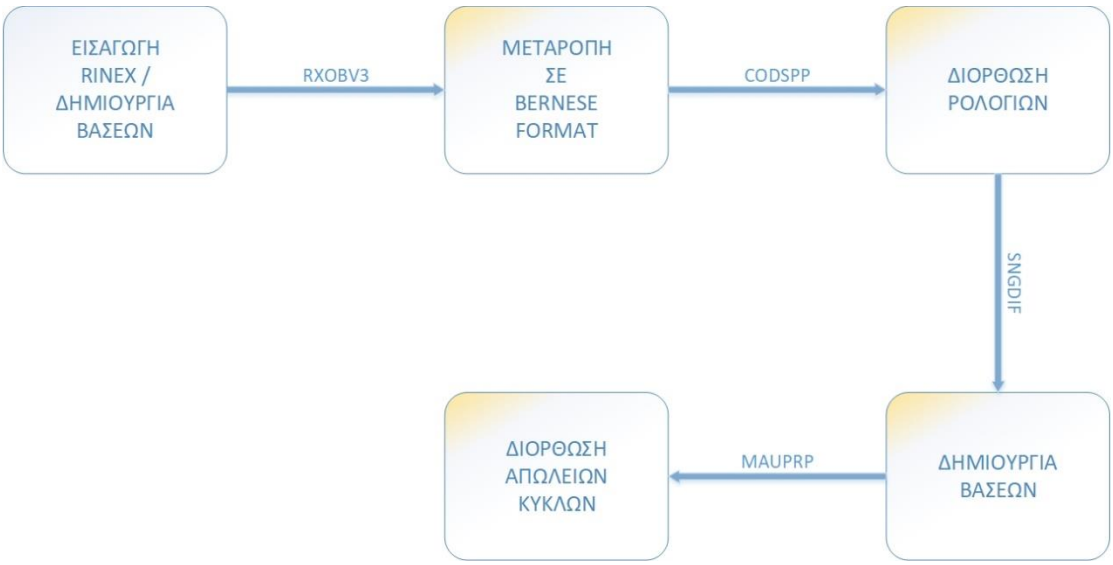
Οι τροχιές των δορυφόρων GNSS, μαζί με τις αντίστοιχες παραμέτρους περιστροφής της γης (ERP) αποτελούν απαραίτητα στοιχεία για την ανάλυση δεδομένων GNSS. Ακολουθεί η επεξεργασία των τροχιών, όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα:



Εικόνα 4.1.3- 1 Διάγραμμα Ροής Εργασιών

Αρχικά, με τη βοήθεια του προγράμματος *POLUPD*, μετατρέπονται οι πληροφορίες που αφορούν την περιστροφή της γης από την αρχική μορφή που προτείνει η IERS (International Earth Rotation and Reference Systems Service) σε μορφή συμβατή με το Bernese. Ακολούθως, οι τροχιές ακριβείας των δορυφόρων μετατρέπονται σε πινακοποιημένη μορφή (tabular) με τη βοήθεια του *PRETAB* και, τέλος, χρησιμοποιώντας το *ORBGEN* δημιουργούνται οι standard τροχιές – δυαδικά αρχεία που αναγνωρίζει το Bernese και περιέχουν τις εξισώσεις κίνησης των δορυφόρων σε πολυωνυμική μορφή.

4.1.4 Εισαγωγή των Rinex / Δημιουργία Βάσεων



Εικόνα 4.1.4- 1 Διάγραμμα Ροής Εργασιών

Στο στάδιο αυτό, εισάγονται τα αρχεία RINEX σε μορφή επεξεργάσιμη από το λογισμικό, χρησιμοποιώντας την εφαρμογή RXOBV3. Στην πράξη, το πρόγραμμα δημιουργεί 4 νέα αρχεία για κάθε σταθμό και ημέρα επεξεργασίας με διαφορετική κατάληξη το καθένα:

- .CZH (Code Zero – difference Header)
- .CZO (Code Zero – difference Observation)
- .PZH (Phase Zero – difference Header)
- .PZO (Phase Zero – difference Observation)

Τα αρχεία .CZH, .CZO αναφέρονται στον κώδικα και τα αρχεία .PZH, .PZO στη φάση, ενώ τα 'Header' αρχεία περιέχουν πληροφορίες για τους σταθμούς και τα 'Observation' είναι αρχεία παρατηρήσεων.

Στη συνέχεια, χρησιμοποιούνται οι παρατηρήσεις του κώδικα, ώστε να εκτιμηθεί το σφάλμα των ρολογιών, με τη βοήθεια του προγράμματος *CODSPP*. Στην πράξη, γίνεται επίλυση του κώδικα, ώστε να υπολογιστούν οι διορθώσεις για το συγχρονισμό των ρολογιών του δέκτη με το δορυφόρο.

Επόμενο βήμα, η δημιουργία των βάσεων του δικτύου, κάνοντας χρήση του προγράμματος *SNGDIF*. Στο βήμα αυτό, ουσιαστικά γίνεται η σύνταξη των απλών διαφορών και δημιουργούνται 2 αρχεία για κάθε βάση,

κατάληξης .PSH, .PSO, τα οποία αποθηκεύονται στο φάκελο OBS του ευρετηρίου της καμπάνιας:

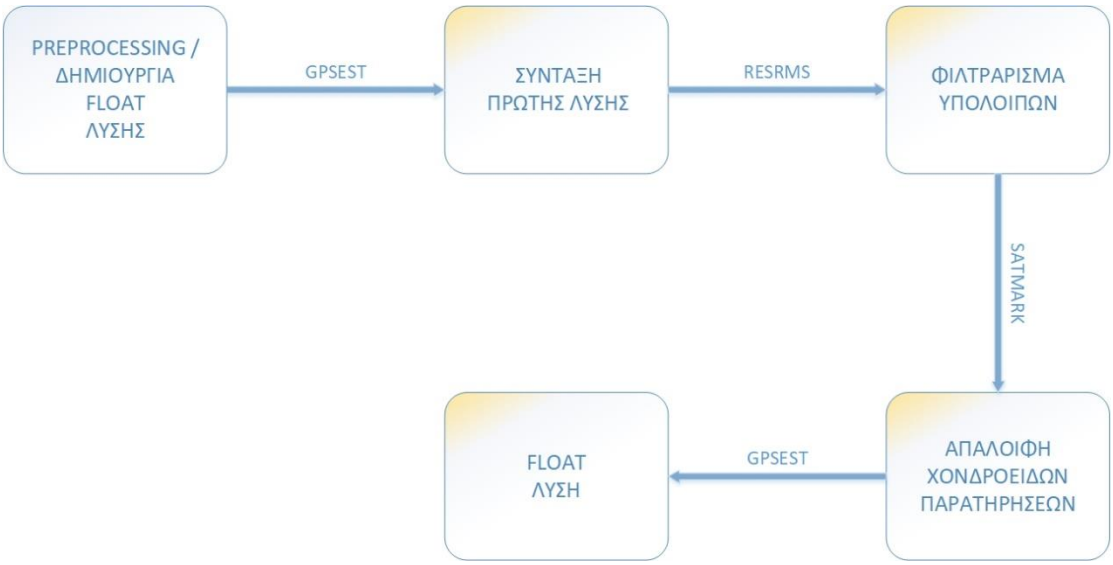
- .PSH (Phase Single – difference Header)
- .PSO (Phase Single – difference Observation)

Τα αρχεία αναφέρονται σε παρατήρηση φάσης (Phase), αφού από εδώ και στο εξής πραγματοποιείται σχετικός προσδιορισμός και, ομοίως με παραπάνω, τα 'Header' αρχεία είναι αρχεία επικεφαλίδες, ενώ τα 'Observation' αρχεία παρατηρήσεων.

Έπειτα, γίνεται χρήση της εφαρμογής *MAUPRP*, με την οποία προεπεξεργάζονται τα αρχεία φάσης απλών διαφορών. Πρακτικά, εντοπίζει και επιλύει όπου είναι δυνατόν τις ολισθήσεις των κύκλων (cycle slips) και απαλείφει τα χονδροειδή σφάλματα. Το πρόγραμμα εκτελείται δύο φορές, με σκοπό την εκτίμηση καλύτερων συντεταγμένων για αποδοτικότερη επεξεργασία, αποθηκεύοντας για το λόγο αυτό τις αλλαγές στα αρχεία των βάσεων μόνο τη δεύτερη φορά.

4.1.5 Δημιουργία float λύσης

Στο στάδιο αυτό, γίνεται μια πρώτη προσεγγιστική επίλυση στο γραμμικό συνδυασμό L_3 (ελεύθερη ιονόσφαιρας), κάνοντας χρήση του προγράμματος *GPSEST*. Στόχος είναι να ελεγχθεί η ποιότητα των δεδομένων και να αποθηκευτούν τα υπόλοιπα (residuals) για περαιτέρω χρήση και για να γίνει εκτίμηση της τροποσφαιρικής επίδρασης. Η εκτίμηση γίνεται με την εφαρμογή της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων. Να σημειωθεί ότι στο στάδιο αυτό δε γίνεται εκτίμηση της ιονοσφαιρικής επίδρασης, λόγω της χρήσης του γραμμικού συνδυασμού L_3. Μια σύντομη εικόνα από την ακολουθία των εργασιών στο περιβάλλον του λογισμικού, δίνεται στο παρακάτω διάγραμμα:

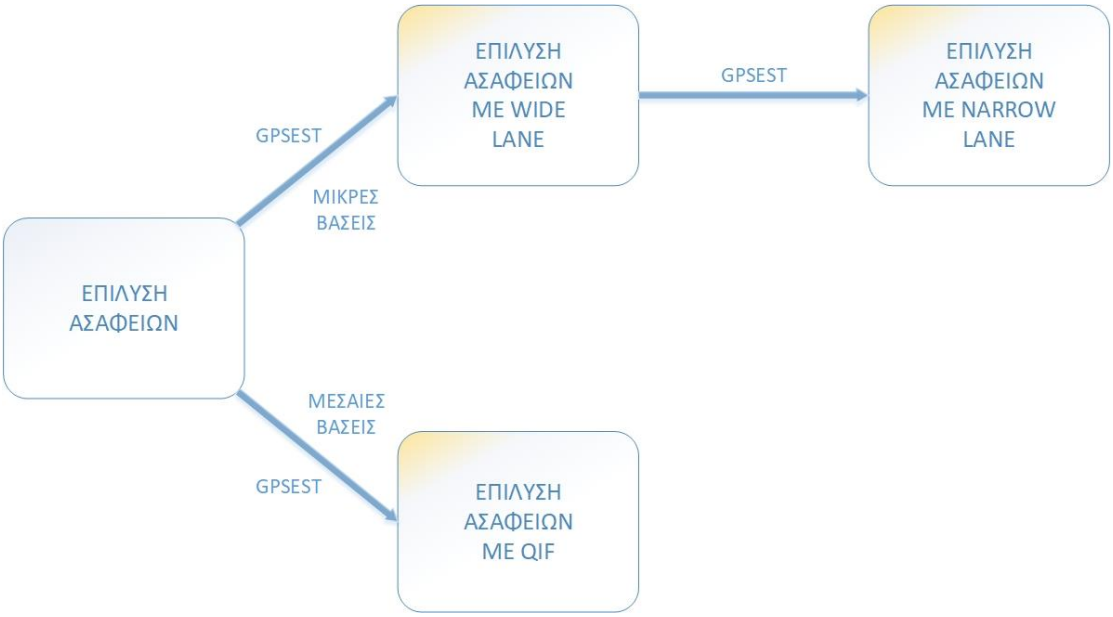


Εικόνα 4.1.5- 1 Διάγραμμα Ροής Εργασιών

Εν συνεχεία, και με τη βοήθεια του προγράμματος *RESRMS*, γίνεται φιλτράρισμα (screening) των υπολοίπων και μας δίνεται μια εικόνα για την ποιότητα των παρατηρήσεων, ενώ κάνοντας χρήση του προγράμματος *SATMARK*, απαλείφονται οι όποιες χονδροειδείς παρατηρήσεις από τα αρχεία μας.

4.1.6 Επίλυση Ασαφειών

Στο βήμα αυτό, γίνεται επίλυση των ασαφειών σε ακέραιους αριθμούς (όπου είναι δυνατόν), χρησιμοποιώντας τα εξαγόμενα από τα προηγούμενα βήματα. Χρησιμοποιείται διαφορετική στρατηγική επίλυσης (και γραμμικός συνδυασμός) ανάλογα με το μήκος της βάσης και υπολογίζεται το ποσοστό επίλυσης των ασαφειών από τα παράγωγα αρχεία του λογισμικού. Κατά τα γνωστά, η αλληλουχία των βημάτων, φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα:



Εικόνα 4.1.6- 1 Διάγραμμα Ροής Εργασιών

4.1.7 Κανονικές Εξισώσεις

Μετά την επίλυση των ασαφειών φάσης ακολουθεί η δημιουργία κανονικών εξισώσεων και η τελική επίλυση του δικτύου. Χρησιμοποιείται για τελευταία φορά το πρόγραμμα *GPSEST* και εξάγονται τα αρχεία κανονικών εξισώσεων (.NQ0), τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για την επίλυση βασισμένη στη θεωρία των ελαχίστων τετραγώνων.

4.1.8 Συνόρθωση

Στο στάδιο αυτό και αφού προκύψουν οι κανονικές εξισώσεις για κάθε μέρα επίλυσης, εισάγονται τα αντίστοιχα αρχεία κανονικών εξισώσεων στο λογισμικό. Χρησιμοποιώντας το *ADDNEQ2*, πραγματοποιείται συνόρθωση, με χρήση της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων με ελάχιστες εσωτερικές δεσμεύσεις Η διαδικασία περιγράφεται αναλυτικότερα στο επόμενο κεφάλαιο.

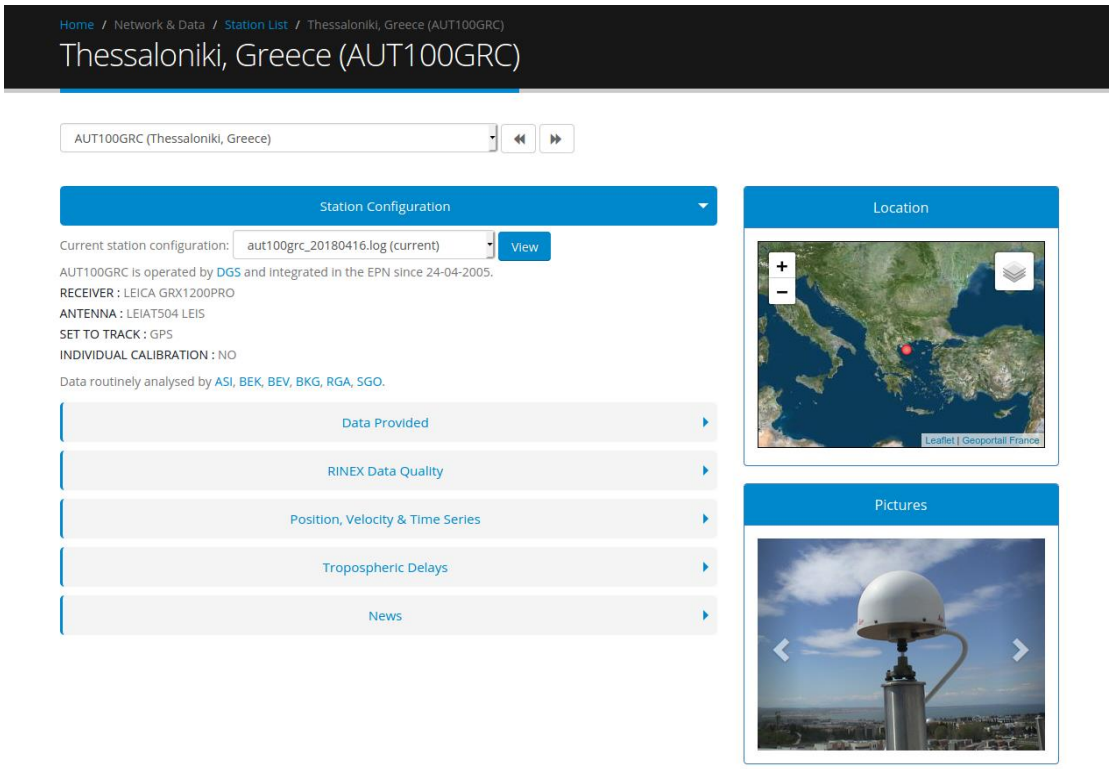
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

5.1 Περιγραφή Δικτύου

Για το σκοπό της εργασίας, επιλέχθηκε πρώτα ο σταθμός GPS του Στεφανοβικείου, αφού βρίσκεται πολύ κοντά στη λίμνη Κάρλα και είναι ο πλέον κατάλληλος για τη μελέτη της συμπεριφοράς του εδάφους στην περιοχή. Στη συνέχεια, δεδομένου ότι χρειαζόταν ένα μεγάλο διάστημα παρακολούθησης, επιλύσεις για κάθε εποχή και καλής ποιότητας δεδομένα, επιλέχθηκαν οι υπόλοιποι σταθμοί από το δίκτυο της Euref βάσει διαθεσιμότητας και καλής γεωμετρίας. Έτσι στήθηκε ένα δίκτυο με τους εξής σταθμούς:

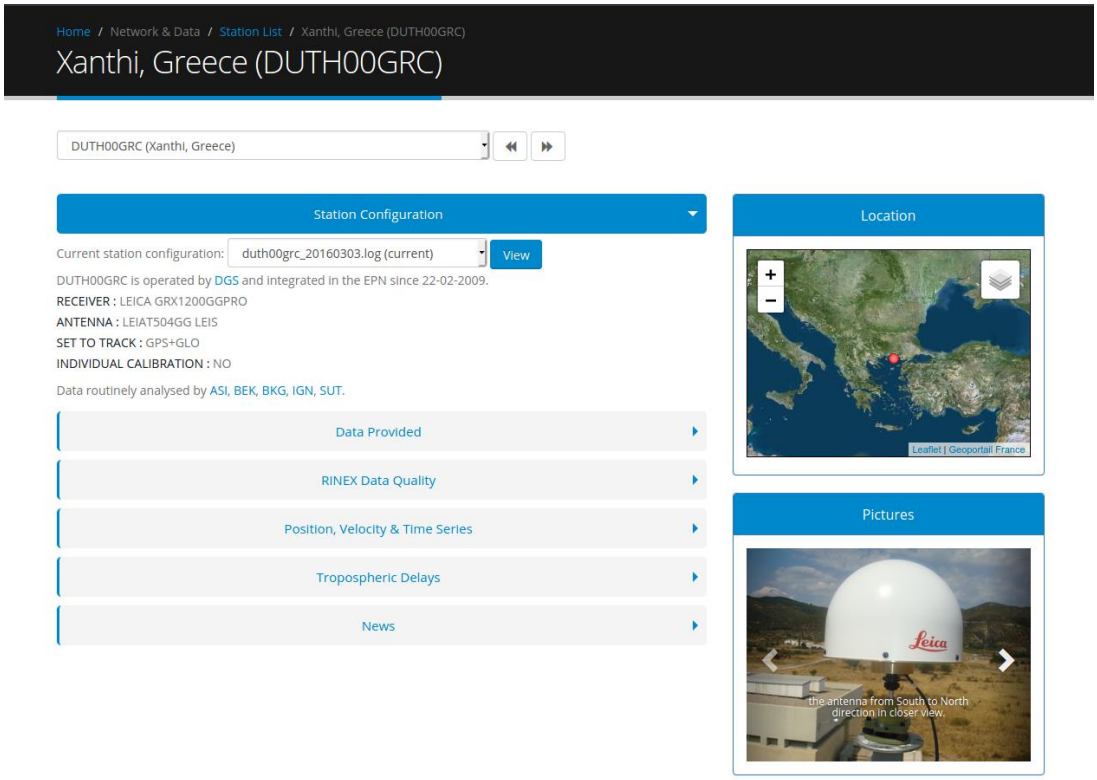
- **AUT100GRC**



Εικόνα 5.1- 1 AUT100GRC - Απόσπασμα από τον ιστό της EUREF

Ο σταθμός AUT100GRC στη Θεσσαλονίκη, με δέκτη LEICA GRX12000PRO, κεραία LEIAT504 LEIS (GPS).

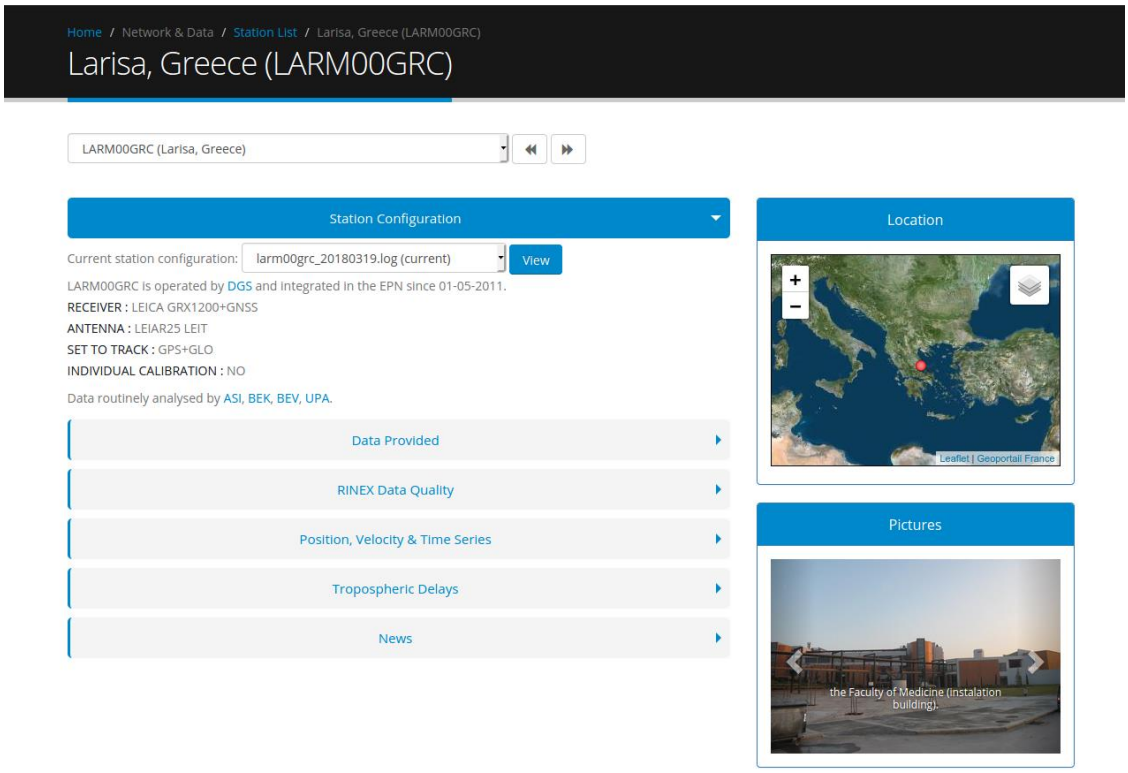
- **DUTH00GRC**



Εικόνα 5.1- 2 DUTH00GRC - Απόσπασμα από τον ιστό της EUREF

Ο σταθμός DUTH00GRC με δέκτη LEICA GRX12000PRO, κεραία LEIAT504GG LEIS (GPS και GLONASS).

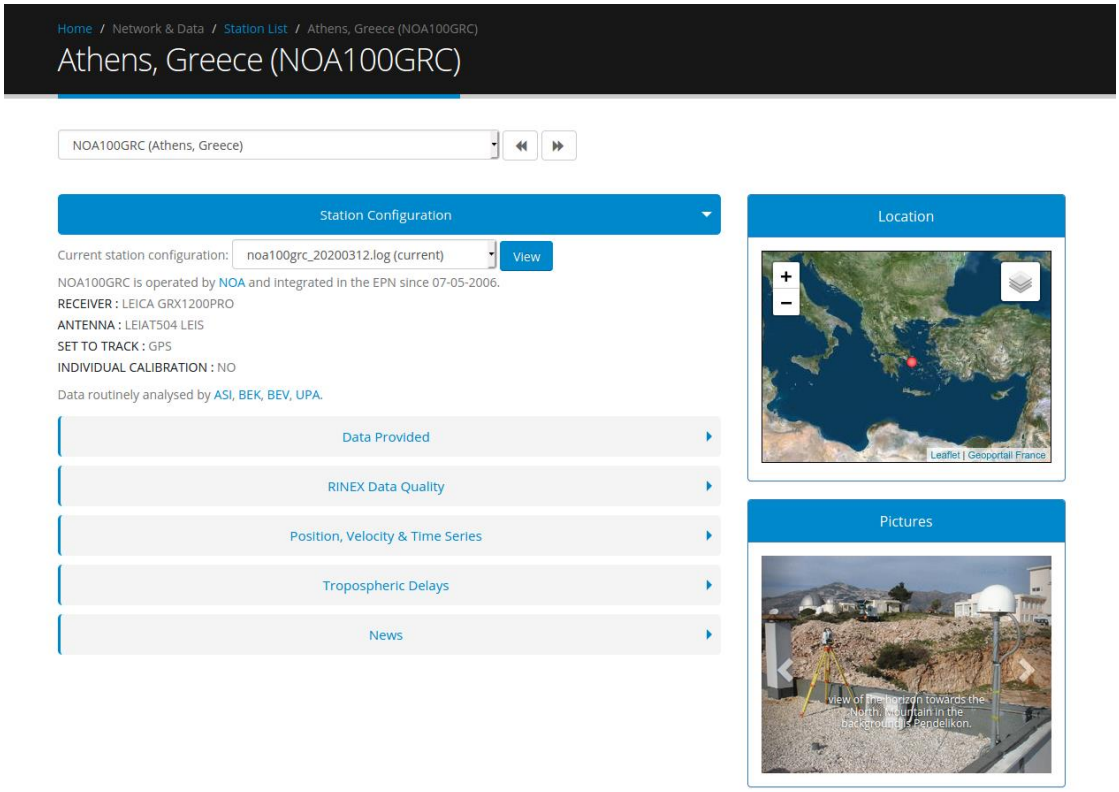
- **LARM00GRC**



Εικόνα 5.1- 3 LARM00GRC - Απόσπασμα από τον ιστό της EUREF

Ο σταθμός στη Λάρισα LARM00GRC με δέκτη LEICA GRX12000PRO + GNSS, κεραία LEIAR25 LEIS (GPS και GLONASS).

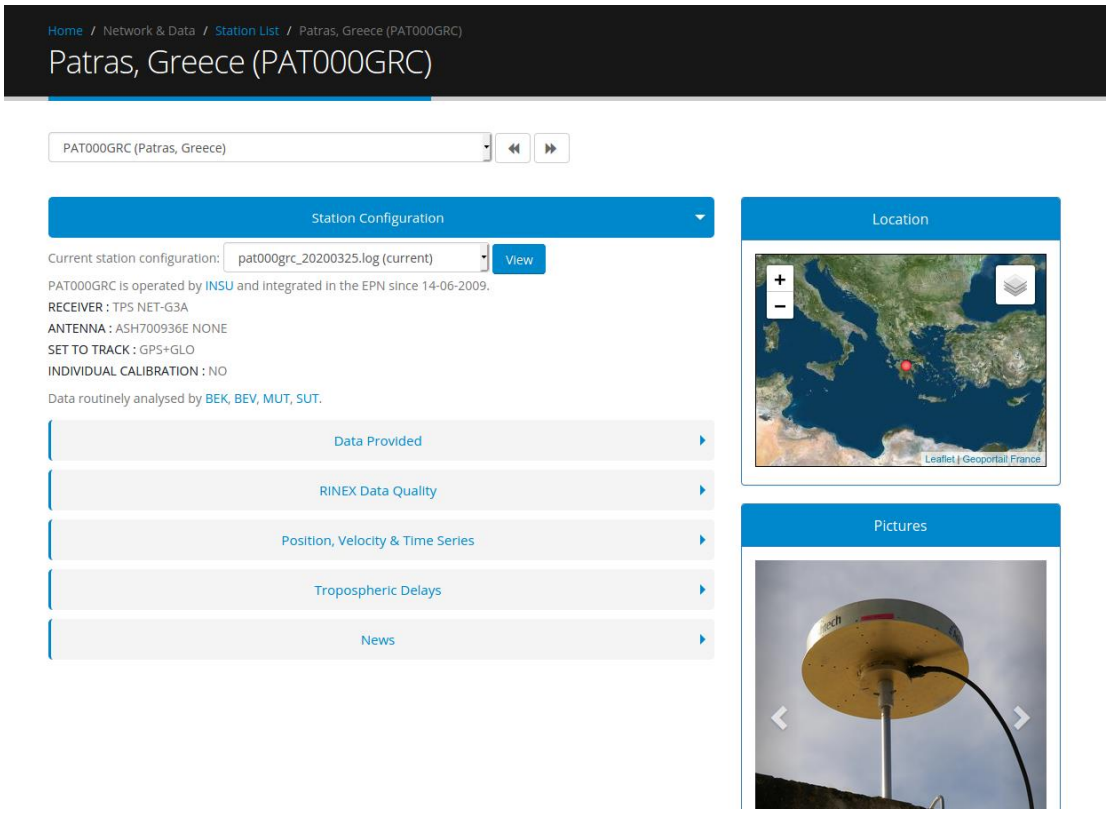
- **NOA100GRC**



Εικόνα 5.1- 4 NOA1 - Απόσπασμα από τον ιστό της EUREF

Ο σταθμός στην Αθήνα NOA100GRC με δέκτη LEICA GRX12000PRO, κεραία LEIAT504 LEIS (GPS).

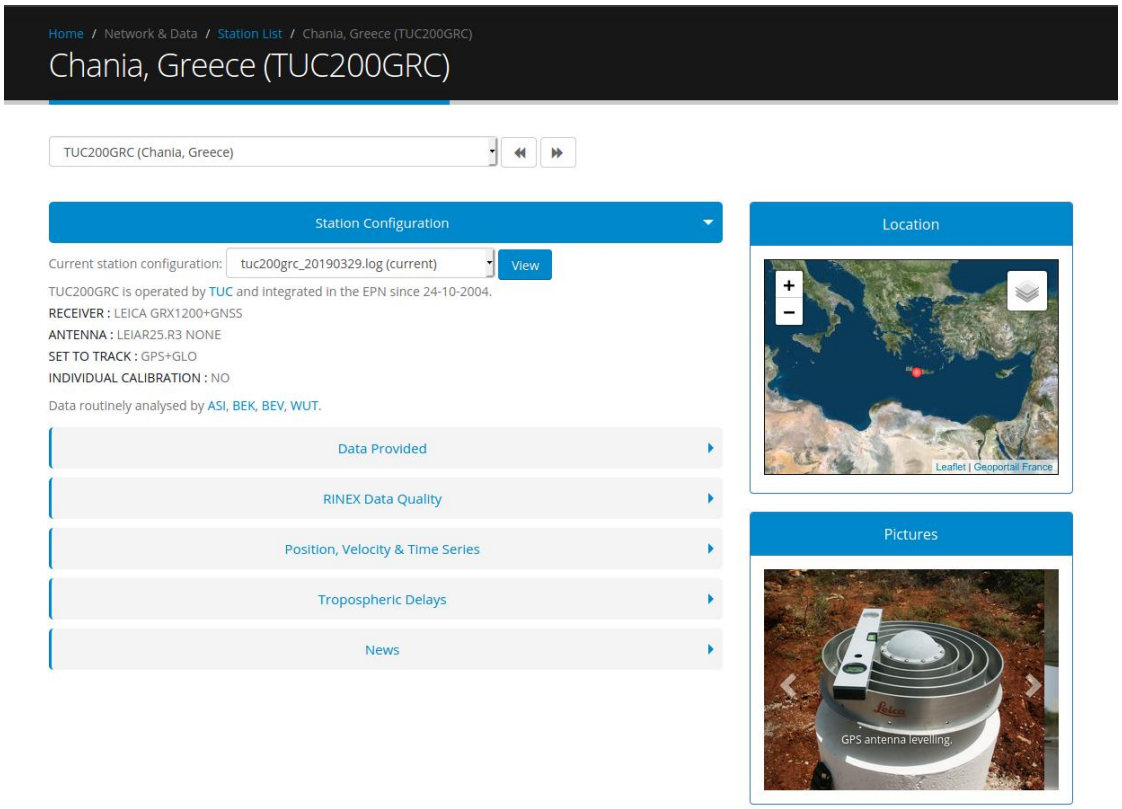
- **PAT000GRC**



Εικόνα 5.1- 5 PAT000GRC - Απόσπασμα από τον ιστό της EUREF

Ο σταθμός στην Πάτρα PAT000GRC με δέκτη TPS NET – G3A, κεραία ASH700936E (GPS και GLONASS).

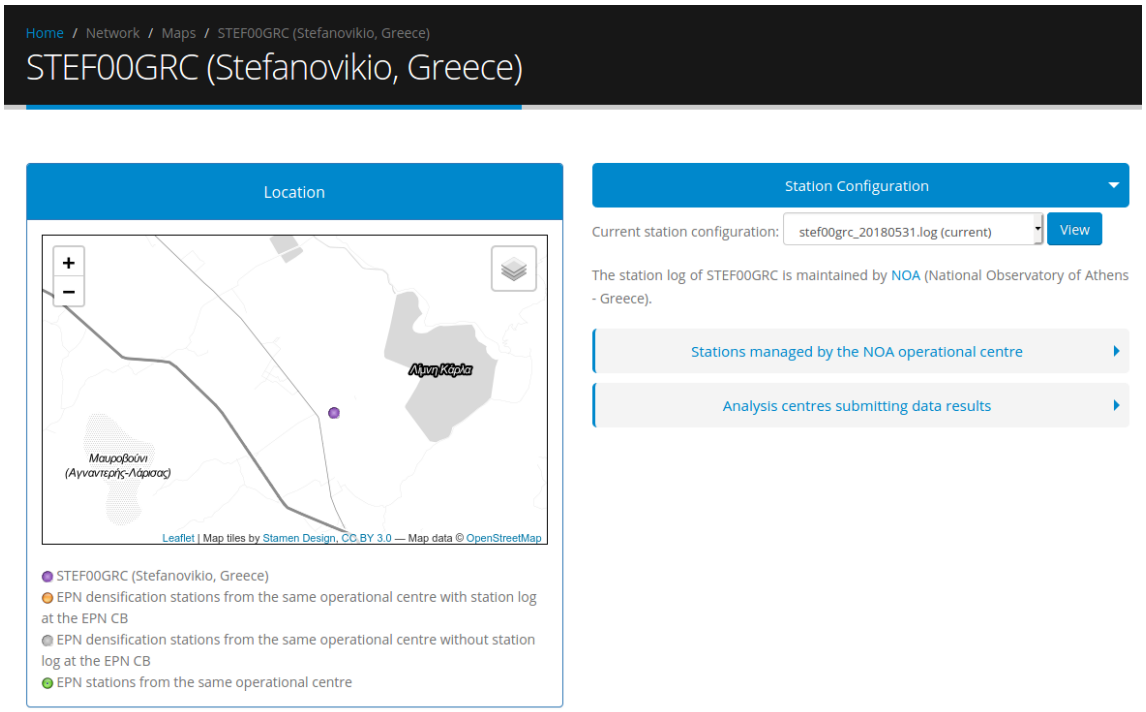
- **TUC200GRC**



Εικόνα 5.1- 6 TUC2 - Απόσπασμα από τον ιστό της EUREF

Ο σταθμός στην Ξάνθη με δέκτη LEICA GRX12000PRO, κεραία LEIAR25.R3 (GPS και GLONASS).

- **STEF00GRC**



Εικόνα 5.1- 7 STEF00GRC - Απόσπασμα από τον ιστό της EUREF

Ο σταθμός στο Στεφανοβίκειο που συντηρείται από το Εθνικό Αστεροσκοπείο των Αθηνών, έχει δέκτη ASHTECH PF500, κεραία ASH111661 καταγράφει παρατηρήσεις GPS και GLONASS.

Τα στοιχεία των σταθμών και οι προσεγγιστικές καρτεσιανές συντεταγμένες τους, φαίνονται συγκεντρωτικά στον παρακάτω πίνακα:

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΔΕΚΤΗΣ	ΚΕΡΑΙΑ	ΣΥΣΤΗΜΑ	X(m)	Y(m)	Z(m)
AUT100GRC	LEICA GRX12000PRO	LEIAT504 LEIS	GPS	4466283.497	1896166.747	4126096.684
DUTH00GRC	LEICA GRX12000PRO	LEIAT504GG LEIS	GPS GLONASS	4362689.881	2026647.969	4174234.224
LARM00GRC	LEICA GRX12000PRO + GNSS	LEIAR25 LEIT	GPS GLONASS	4549397.171	1874003.139	4045167.611
NOA100GRC	LEICA GRX12000PRO	LEIAT504 LEIS	GPS	4599643.319	2034827.976	3909890.749
PAT000GRC	TPS NET – G3A	ASH700936E	GPS GLONASS	4655002.722	1860619.729	3930281.816
TUC200GRC	LEICA GRX12000PRO	LEIAR25.R3	GPS GLONASS	4744543.793	2119411.936	3686258.806
STEF00GRC	ASHTECH PF500	ASH111661	GPS GLONASS	**4547445**.415	1906215.217	4032294.364

Πίνακας 5.1- 1 Γενικά στοιχεία των σταθμών

5.2 Υλοποίηση Συστήματος Αναφοράς

Στόχος είναι ο προσδιορισμός συντεταγμένων του σταθμού του Στεφανοβικείου στο διεθνές σύστημα αναφοράς ITRF14. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιήθηκαν οι σταθμοί της EUREF που προαναφέρθηκαν, για τους οποίους μας δόθηκαν οι συντεταγμένες τους στο ITRF14, για κάθε μέρα επίλυσης, από το εργαστήριο. Έτσι, επιτυγχάνεται η συνόρθωση έμμεσα, χωρίς να χρησιμοποιηθούν παρατηρήσεις από σταθμούς IGS του εξωτερικού. Για την επίλυση του δικτύου δημιουργούνται βάσεις, με κριτήριο την ελάχιστη δυνατή απόσταση μεταξύ των σταθμών, επιλέγοντας τη 'shortest' ως στρατηγική επεξεργασίας (processing strategy). Έτσι, δημιουργούνται 6 βάσεις, που έχουν ως εξής:

- AUDU (AUT1 – DUTH)
- AULR (AUT1 – LARM)
- LRST (LARM – STEF)
- NOP0 (NOA1 – PAT0)
- NOTU (NOA1 – TUC2)
- P0ST (PAT0 – STEF)

Εικόνα 5.2- 1 Γεωγραφική θέση των σταθμών του δικτύου

Τα μήκη των βάσεων, βάσει των οποίων θα επιλεγεί η στρατηγική επίλυσης των ασαφειών φάσης, φαίνονται στον πίνακα ‘5.2-1 Μήκη των βάσεων ’’:

ΣΤΑΘΜΟΙ	ΜΗΚΟΣ ΒΑΣΗΣ (km)
AUT1-DUTH	173.4
AUT1-LARM	118.1
LARM-STEF	34.7
NOA1-PAT0	183.9
NOA1-TUC2	279.6
PAT0-STEF	155.1

Πίνακας 5.2- 1 Μήκη των βάσεων

Σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα ‘5.2-2’, που παρουσιάζει τις ιδιότητες των στρατηγικών επίλυσης, οι μεσαίες βάσεις των 100-200χμ προτιμάται να επεξεργάζονται με τη μέθοδο SIGMA σε δύο βήματα (στην L_5 και στην L_3 – μέθοδος ευρείας και στενής οδού), ενώ οι πιο μεγάλες βάσεις έως και <1000χμ με τη μέθοδο QIF. Έτσι, οι βάσεις AUDU, AULR, LRST, NOP0 και P0ST θα λυθούν με Wide lane/Narrow Lane σε δύο βήματα και η NOTU που είναι μακρύτερη, με τη μέθοδο QIF.

Case	Baseline length	Occupation time	P-code available?	Ambiguity resolution (AR) strategy
1A	short (20–40 km)	>1 hr	no	*SIGMA*: L1&L2 or L1 or L2
1B	short (<5–10 km)	ca.1–5 min	no	*SEARCH*: L1&L2, no TRP estimation alternatively *SEARCH*: L1, in reoccupation mode[a]
2[b c]	medium (<100–200 km)	>2–4 hr	no	(0) Ambiguity float (network) solution: *NONE*: L3, estimate/save CRD and TRP (1) Wide-lane ambiguity resolution: *SIGMA*: L5, introduce (fix) CRD, TRP, and ION; save wide-lane ambiguities (2) Narrow-lane ambiguity resolution: *SIGMA*: L3, introduce wide-lane ambiguities; estimate CRD and TRP[d]; save narrow-lane ambiguities
3A[b e]	long (<6 000 km)	>8–24 hr	yes	(1) Wide-lane ambiguity resolution: *SIGMA*: MELWUEBB[f], introduce P1−C1 DCBs[g]; save wide-lane ambiguities (2) Narrow-lane ambiguity resolution: *SIGMA*: L3, introduce wide-lane ambiguities; estimate CRD and TRP[d]; save narrow-lane ambiguities
3B[b c]	long (<1 000–2 000 km)	>8–24 hr	no	*QIF*: L1&L2, estimate SIPs[h], CRD and TRP[d]; introduce (or estimate) ION save L1/L2 ambiguities

Πίνακας 5.2- 2 Ιδιότητες των στρατηγικών επίλυσης ασαφειών

5.3 Καμπάνια 2014

Όπως αναφέρθηκε ήδη, για τη μελέτη της κίνησης του σταθμού του Στεφανοβικείου επιλέχθηκε ένα διάστημα παρακολούθησης τριών ετών, με επιλύσεις για την πρώτη ημέρα του κάθε μήνα. Σε μερικές περιπτώσεις αυτό δεν ήταν εφικτό, καθώς υπήρχε πρόβλημα με τη διαθεσιμότητα κάποιων σταθμών και έτσι επιλέχθηκαν οι κοντινότερες διαθέσιμες ημερομηνίες για κάθε περίπτωση.

Για κάθε έτος και ημέρα επεξεργασίας, ακολουθήθηκε η ίδια σειρά εργασιών στο λογισμικό του BERNSE GNSS Software, όπως αυτή παρουσιάζεται στο κεφάλαιο '4.1 Διαδικασία Επίλυσης'. Τα τελικά αποτελέσματα από τις επεξεργασίες στο πρόγραμμα, είναι τα ποσοστά επίλυσης των ασαφειών της φάσης για κάθε βάση του δικτύου και οι καρτεσιανές συντεταγμένες των σταθμών στο ITRF14, για κάθε μέρα επίλυσης.

Για λόγους χρηστικότητας, οι επεξεργασίες χωρίστηκαν σε τρεις καμπάνιες, μία για κάθε έτος. Στο παρόν κεφάλαιο, παρουσιάζονται οι επιλύσεις για το έτος 2014.

5.3.1 Ασάφειες

Όπως περιγράφεται και νωρίτερα, για τον υπολογισμό των ασαφειών φάσης που προκύπτουν από την επεξεργασία κάθε βάσης, χρησιμοποιούμε είτε τον αλγόριθμο QIF ή τη μέθοδο Wide Lane/Narrow Lane (αλγόριθμο SIGMA) κατά περίπτωση και ανάλογα με το μέγεθος της βάσης. Η QIF για την περίπτωση μεγάλων βάσεων (NOTU) και η SIGMA για τις μεσαίες βάσεις (AUDU, AULR, LRST, NOP0, P0ST).

Στο κεφάλαιο '6.3 Quarter circle issue' γίνεται αναλυτική αναφορά στα αποτελέσματα επίλυσης ασαφειών με χρήση της νέας γενιάς δορυφόρων GPS Block III.

Παρακάτω ακολουθούν πίνακες με τα ποσοστά επίλυσης που προέκυψαν για κάθε μέρα στη συγκεκριμένη καμπάνια:

Ημέρα 1 του 2014, 01.01.2014

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	52.5
AULR	SIGMA	44.6
LRST	SIGMA	63.5
NOP0	SIGMA	57.6
NOTU	QIF	57.7
P0ST	SIGMA	62.2

Πίνακας 5.3.1- 1 Ασάφειες βάσεων

Ημέρα 32 του 2014, 01.02.14

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	64.5
AULR	SIGMA	51.5
LRST	SIGMA	50.8
NOP0	SIGMA	57.1
NOTU	QIF	56.9
P0ST	SIGMA	67.6

Πίνακας 5.3.1- 2 Ασάφειες βάσεων

Ημέρα 60 του 2014, 01.03.2014

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	55
AULR	SIGMA	56.1
LRST	SIGMA	67.5
NOP0	SIGMA	50
NOTU	QIF	41.8
P0ST	SIGMA	69

Πίνακας 5.3.1- 3 Ασάφειες βάσεων

Ημέρα 91 του 2014, 01.04.2014

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	55
AULR	SIGMA	62.2
LRST	SIGMA	59
NOP0	SIGMA	55.4
NOTU	QIF	53.2
P0ST	SIGMA	55.8

Πίνακας 5.3.1- 4 Ασάφειες βάσεων

Ημέρα 121 του 2014, 01.05.2014

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	60
AULR	SIGMA	61.4
LRST	SIGMA	64.7
NOP0	SIGMA	55.4
NOTU	QIF	48.4
P0ST	SIGMA	65.7

Πίνακας 5.3.1- 5 Ασάφειες βάσεων

Ημέρα 152 του 2014, 01.06.2014

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	55.6
AULR	SIGMA	54.8
LRST	SIGMA	64.6
NOP0	SIGMA	53.9
NOTU	QIF	43.6
P0ST	SIGMA	65.1

Πίνακας 5.3.1- 6 Ασάφειες βάσεων

Ημέρα 182 του 2014, 01.07.2014

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	38.6
AULR	SIGMA	47.8
LRST	SIGMA	64.9
NOP0	SIGMA	47.6
NOTU	QIF	46.2
P0ST	SIGMA	59.3

Πίνακας 5.3.1- 7 Ασάφειες βάσεων

Ημέρα 213 του 2014, 01.08.2014

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	37.2
AULR	SIGMA	41.3
LRST	SIGMA	38.4
NOP0	SIGMA	44.4
NOTU	QIF	44.8
P0ST	SIGMA	40

Πίνακας 5.3.1- 8 Ασάφειες βάσεων

Ημέρα 244 του 2014, 01.09.2014

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	55.9
AULR	SIGMA	49.2
LRST	SIGMA	62.5
NOP0	SIGMA	39.7
NOTU	QIF	50
P0ST	SIGMA	52.2

Πίνακας 5.3.1- 9 Ασάφειες βάσεων

Ημέρα 274 του 2014, 01.10.2014

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	40.3
AULR	SIGMA	42.4
LRST	SIGMA	55.4
NOP0	SIGMA	45.6
NOTU	QIF	48.3
P0ST	SIGMA	57.4

Πίνακας 5.3.1- 10 Ασάφειες βάσεων

Ημέρα 335 του 2014, 01.12.2014

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	50.9
AULR	SIGMA	50
LRST	SIGMA	47.6
NOP0	SIGMA	51.7
NOTU	QIF	51.7
P0ST	SIGMA	50.8

Πίνακας 5.3.1- 11 Ασάφειες βάσεων

5.3.2 Συνόρθωση

Αφού υπολογιστούν οι ασάφειες φάσης, ακολουθούν τα τελευταία βήματα στο λογισμικό του Bernese, που είναι η παραγωγή των κανονικών εξισώσεων και η τελική συνόρθωση του δικτύου. Κάνοντας χρήση του GPSEST παράγεται ένα αρχείο με τις κανονικές εξισώσεις για κάθε μέρα επίλυσης και, συνακόλουθα, εισάγεται μαζί με τις apriori συντεταγμένες των σταθμών στην εφαρμογή ADDNEQ2, για την τελική συνόρθωση. Για να γίνει αυτό, εισάγονται οι σταθμοί της EUREF με τις δοσμένες από το εργαστήριο συντεταγμένες και εξάγεται ένα τελικό αρχείο με όλους τους σταθμούς. Έτσι, εντάσσεται ο σταθμός του Στεφανοβικείου στο ITRF14 (υλοποίηση συστήματος αναφοράς), εκτιμώνται συντεταγμένες για κάθε μέρα και ελέγχονται οι aposteriori συντεταγμένες των σταθμών της EUREF συγκριτικά με τις apriori δοσμένες από το εργαστήριο. Τα αποτελέσματα αυτά και οι διαφορές ΔΧ, ΔΨ, ΔΖ από τις αρχικές συντεταγμένες, παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες. Παρατηρείται ότι οι διαφορές είναι της τάξης των μερικών χιλιοστών και, επομένως, δεν έχει γίνει κάποιο σοβαρό σφάλμα κατά την επεξεργασία.

Ημέρα 1 του 2014, 01/01/2014

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.298	1896167.064	4126096.831	-1.1	0.24	-1.32
DUTH	4362689.617	2026648.273	4174234.363	1.7	-0.62	-1.1
LARM	4549396.950	1874003.438	4045167.718	7.6	0.07	4.02
NOA1	4599641.960	2034827.400	3909890.566	-0.28	0.28	-0.45
PAT0	4655002.784	1860619.713	3930281.837	-3.03	-2.9	-2.5
STEF	4547445.414	1906215.215	4032294.363			
TUC2	4744543.792	2119411.980	3686258.748	-0.43	0.93	1.35

Πίνακας 5.3.2- 1 Τελικές Συντεταγμένες στο ITRF14

Ημέρα 32 του 2014, 01.02.2014

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.294	1896167.064	4126096.829	0.86	0.03	-0.52
DUTH	4362689.610	2026648.274	4174234.360	-1.93	-1.54	-1.47
LARM	4549396.952	1874003.440	4045167.721	-0.29	3.19	5.4
NOA1	4599641.962	2034827.404	3909890.569	-0.93	-0.71	-1.24
PAT0	4655002.787	1860619.712	3930281.839	-4.29	-2.39	2.91
STEF	4547445.412	1906215.215	4032294.363			
TUC2	4744543.799	2119411.985	3686258.751	-3.41	0.42	0.74

Πίνακας 5.3.2- 2 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

Ημέρα 60 του 2014, 01.03.2014

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.297	1896167.068	4126096.832	0.76	0.86	0.06
DUTH	4362689.621	2026648.282	4174234.369	-4.4	-2.11	-2.28
LARM	4549396.957	1874003.445	4045167.725	8.42	3.06	4.68
NOA1	4599641.971	2034827.408	3909890.572	-1.39	-0.25	-2.66
PAT0	4655002.792	1860619.717	3930281.841	-2.99	-2.66	-1.72
STEF	4547445.417	1906215.220	4032294.366			
TUC2	4744543.808	2119411.988	3686258.759	-1.4	1.1	2.03

Πίνακας 5.3.2- 3 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

Ημέρα 91 του 2014, 01.04.2014

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.291	1896167.068	4126096.828	-1.89	-0.83	2.14
DUTH	4362689.618	2026648.283	4174234.368	-5.58	-0.35	-3.83
LARM	4549396.954	1874003.444	4045167.723	8.33	-2.61	3.96
NOA1	4599641.965	2034827.406	3909890.566	-0.51	-0.59	-1.1
PAT0	4655002.791	1860619.717	3930281.837	0.82	0.74	1.72
STEF	4547445.404	1906215.214	4032294.355			
TUC2	4744543.797	2119411.985	3686258.748	-1.16	1.9	1.39

Πίνακας 5.3.2- 4 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

Ημέρα 121 του 2014, 01.05.2014

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.288	1896167.068	4126096.826	-0.87	0.17	-1.96
DUTH	4362689.615	2026648.284	4174234.367	-3.27	-0.92	-3.68
LARM	4549396.952	1874003.447	4045167.722	8.07	1.67	3.53
NOA1	4599641.965	2034827.406	3909890.562	0.02	0.75	0.21
PAT0	4655002.790	1860619.715	3930281.835	-1.86	-1.55	-0.29
STEF	4547445.400	1906215.213	4032294.350			
TUC2	4744543.797	2119411.985	3686258.743	-2.09	-0.11	2.18

Πίνακας 5.3.2- 5 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

Ημέρα 152 του 2014, 01.06.2014

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.288	1896167.073	4126096.828	-1.17	-0.33	-0.55
DUTH	4362689.607	2026648.288	4174234.364	-0.57	-1.67	-0.22
LARM	4549396.954	1874003.447	4045167.721	6.93	1.11	4.01
NOA1	4599641.968	2034827.408	3909890.561	-0.11	-0.77	-0.82
PAT0	4655002.788	1860619.715	3930281.833	-1.69	-1.79	-1.54
STEF	4547445.395	1906215.210	4032294.347			
TUC2	4744543.801	2119411.984	3686258.751	-3.38	3.49	-0.88

Πίνακας 5.3.2- 6 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

Ημέρα 182 του 2014, 01.07.2014

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.286	1896167.074	4126096.827	-3.16	-0.8	-1.87
DUTH	4362689.610	2026648.295	4174234.370	-3.62	-2.42	-5.02
LARM	4549396.948	1874003.444	4045167.715	5.73	0.23	3.62
NOA1	4599641.965	2034827.409	3909890.558	1.36	0.14	0.27
PAT0	4655002.782	1860619.711	3930281.827	-3.38	0.95	-1.43
STEF	4547445.372	1906215.199	4032294.326			
TUC2	4744543.799	2119411.987	3686258.744	3.07	1.91	4.43

Πίνακας 5.3.2- 7 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

Ημέρα 213 του 2014, 01.08.2014

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.288	1896167.075	4126096.826	-0.36	3.33	-0.14
DUTH	4362689.611	2026648.295	4174234.369	-6.15	-4.31	-5.25
LARM	4549396.948	1874003.440	4045167.707	6.63	5.88	3.22
NOA1	4599641.972	2034827.409	3909890.557	-4.03	-1.15	-3.38
PAT0	4655002.786	1860619.714	3930281.826	0.88	-0.08	0.62
STEF	4547445.349	1906215.183	4032294.299			
TUC2	4744543.783	2119411.984	3686258.730	3.04	-3.66	4.94

Πίνακας 5.3.2- 8 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

Ημέρα 244 του 2014, 01.09.2014

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.288	1896167.081	4126096.829	-0.76	0.87	-0.29
DUTH	4362689.608	2026648.295	4174234.369	-0.22	-1.15	-0.39
LARM	4549396.945	1874003.444	4045167.708	5.03	1.28	3.04
NOA1	4599641.965	2034827.407	3909890.557	-0.51	0.39	-0.87
PAT0	4655002.789	1860619.716	3930281.831	1.84	0.3	1.46
STEF	4547445.331	1906215.178	4032294.284			
TUC2	4744543.801	2119411.990	3686258.740	-5.38	-1.17	-2.95

Πίνακας 5.3.2- 9 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

Ημέρα 274 του 2014, 01.10.2014

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.277	1896167.080	4126096.827	0.15	-2.12	0.58
DUTH	4362689.602	2026648.295	4174234.370	-0.77	-2.15	-3.66
LARM	4549396.937	1874003.443	4045167.712	0.22	3.82	6.1
NOA1	4599641.974	2034827.411	3909890.564	-2.54	-0.59	-4.75
PAT0	4655002.798	1860619.719	3930281.836	-2.49	1.11	0.01
STEF	4547445.319	1906215.174	4032294.278			
TUC2	4744543.805	2119411.994	3686258.745	-1.56	-0.07	1.82

Πίνακας 5.3.2- 10 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

Ημέρα 335 του 2014, 01.12.2014

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)
AUT1	4466283.283	1896167.086	4126096.833	-0.74	0.77	-0.54
DUTH	4362689.604	2026648.301	4174234.374	-2.83	-2.52	-2.46
LARM	4549396.944	1874003.456	4045167.723	8.31	3.06	5.11
NOA1	4599641.974	2034827.419	3909890.556	-0.11	0.29	-0.46
PAT0	4655002.797	1860619.723	3930281.834	-7.50	-2.93	-6.14
STEF	4547445.322	1906215.185	4032294.280			
TUC2	4744543.805	2119411.993	3686258.744	2.87	1.32	4.51

Πίνακας 5.3.2- 11 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

5.4 Καμπάνια 2015

5.4.1 Ασάφειες

Παρακάτω ακολουθούν πίνακες με τα ποσοστά επίλυσης που προέκυψαν για κάθε μέρα στη συγκεκριμένη καμπάνια για το 2015. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι όμοια με την προηγούμενη καμπάνια:

Ημέρα 1 του 2015, 01.01.2015

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	55.6
AULR	SIGMA	53.8
LRST	SIGMA	63.7
NOP0	SIGMA	51.7
NOTU	QIF	48.3
P0ST	SIGMA	70.4

Πίνακας 5.4.1- 1 Ασάφειες βάσεων

Ημέρα 32 του 2015, 01.02.2015

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	47.4
AULR	SIGMA	42.6
LRST	SIGMA	57.6
NOP0	SIGMA	40.3
NOTU	QIF	41
P0ST	SIGMA	56

Πίνακας 5.4.1- 2 Ασάφειες βάσεων

Ημέρα 65 του 2015, 06.03.2015

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	56.6
AULR	SIGMA	54.2
LRST	SIGMA	24.5
NOP0	SIGMA	43.6
NOTU	QIF	40
P0ST	SIGMA	31

Πίνακας 5.4.1- 3 Ασάφειες βάσεων

Ημέρα 91 του 2015, 01.04.2015

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	52.5
AULR	SIGMA	57.5
LRST	SIGMA	35.6
NOP0	SIGMA	50.8
NOTU	QIF	33.8
P0ST	SIGMA	59.2

Πίνακας 5.4.1- 4 Ασάφειες βάσεων

Ημέρα 121 του 2015, 01.05.2014

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	52.5
AULR	SIGMA	49.2
LRST	SIGMA	50
NOP0	SIGMA	55.4
NOTU	QIF	44.6
P0ST	SIGMA	72.5

Πίνακας 5.4.1- 5 Ασάφειες βάσεων

Ημέρα 152 του 2015, 01.06.2015

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	54.1
AULR	SIGMA	53.7
LRST	SIGMA	59.8
NOP0	SIGMA	41
NOTU	QIF	43.6
P0ST	SIGMA	74.5

Πίνακας 5.4.1- 6 Ασάφειες βάσεων

Ημέρα 182 του 2015, 01.07.2015

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	47
AULR	SIGMA	44.9
LRST	SIGMA	50.5
NOP0	SIGMA	35
NOTU	QIF	34.8
P0ST	SIGMA	60.2

Πίνακας 5.4.1- 7 Ασάφειες βάσεων

Ημέρα 213 του 2015, 01.08.2015

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	40
AULR	SIGMA	44.3
LRST	SIGMA	61.5
NOP0	SIGMA	36.2
NOTU	QIF	46.6
P0ST	SIGMA	67.6

Πίνακας 5.4.1- 8 Ασάφειες βάσεων

Ημέρα 244 του 2015, 01.09.2015

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	47.6
AULR	SIGMA	52.5
LRST	SIGMA	45.7
NOP0	SIGMA	55.8
NOTU	QIF	51.9
P0ST	SIGMA	62.3

Πίνακας 5.4.1- 9 Ασάφειες βάσεων

Ημέρα 274 του 2015, 01.10.2015

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	58.2
AULR	SIGMA	57.5
LRST	SIGMA	70.1
NOP0	SIGMA	56.5
NOTU	QIF	39.1
P0ST	SIGMA	64.1

Πίνακας 5.4.1- 10 Ασάφειες βάσεων

Ημέρα 305 του 2015, 01.11.2015

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	49.2
AULR	SIGMA	50.8
LRST	SIGMA	68.5
NOP0	SIGMA	55
NOTU	QIF	42.2
P0ST	SIGMA	69.8

Πίνακας 5.4.1- 11 Ασάφειες βάσεων

Ημέρα 335 του 2015, 01.12.2015

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	59.5
AULR	SIGMA	53.8
LRST	SIGMA	49.2
NOP0	SIGMA	39.7
NOTU	QIF	45
P0ST	SIGMA	55.6

Πίνακας 5.4.1- 12 Ασάφειες βάσεων

5.4.2 Τελική Συνόρθωση

Στο κεφάλαιο αυτό, παρουσιάζονται οι τελικές συντεταγμένες των σταθμών που προκύπτουν από τη συνόρθωση για το έτος 2015, καθώς και οι διαφορές apriori – aposteriori των συντεταγμένων σε mm:

Ημέρα 1 του 2015, 01.01.2015

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.277	1896167.082	4126096.828	-1.76	-0.08	-1.17
DUTH	4362689.593	2026648.295	4174234.365	0.34	-1.11	-2.53
LARM	4549396.941	1874003.453	4045167.720	6.07	1.29	3.76
NOA1	4599641.960	2034827.413	3909890.547	0.21	0.4	1.24
PAT0	4655002.789	1860619.719	3930281.829	-3.48	-1.69	-2.28
STEF	4547445.317	1906215.183	4032294.275			
TUC2	4744543.802	2119411.991	3686258.741	-1.38	1.2	0.98

Πίνακας 5.4.2- 1 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

Ημέρα 32 του 2015, 01.02.2015

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.284	1896167.088	4126096.826	-2.01	-0.18	-0.57
DUTH	4362689.610	2026648.307	4174234.373	-8.91	-5.14	-5.91
LARM	4549396.946	1874003.461	4045167.724	7.45	2.01	4.68
NOA1	4599641.973	2034827.417	3909890.542	-1.16	-0.13	-2.07
PAT0	4655002.804	1860619.725	3930281.834	6.14	3.19	4.07
STEF	4547445.312	1906215.184	4032294.263			
TUC2	4744543.813	2119411.997	3686258.744	-1.50	0.24	-0.20

Πίνακας 5.4.2- 2 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

Ημέρα 65 του 2015, 06.03.2015

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.274	1896167.086	4126096.831	-4.43	-0.39	-3.12
DUTH	4362689.597	2026648.305	4174234.373	-1.86	0.13	-1.51
LARM	4549396.934	1874003.456	4045167.723	7.72	2.84	4.08
NOA1	4599641.980	2034827.420	3909890.552	-2.17	-0.72	-1.46
PAT0	4655002.790	1860619.723	3930281.832	1.84	-0.51	1.51
STEF	4547445.320	1906215.189	4032294.281			
TUC2	4744543.809	2119411.995	3686258.745	2.23	-1.09	0.51

Πίνακας 5.4.2- 3 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

Ημέρα 91 του 2015, 01.04.2015

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)
AUT1	4466283.275	1896167.091	4126096.830	0.06	-0.8	-0.93
DUTH	4362689.596	2026648.310	4174234.371	-3.71	-3.24	-2.52
LARM	4549396.937	1874003.461	4045167.722	7.74	1.00	3.56
NOA1	4599641.968	2034827.417	3909890.546	0.91	2.22	0.15
PAT0	4655002.794	1860619.722	3930281.828	-2.22	-1.71	-0.79
STEF	4547445.311	1906215.185	4032294.273			
TUC2	4744543.803	2119411.994	3686258.741	-2.78	2.53	0.53

Πίνακας 5.4.2- 4 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

Ημέρα 121 του 2015, 01.05.2015

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.275	1896167.089	4126096.828	-0.25	5.23	4.38
DUTH	4362689.596	2026648.305	4174234.371	-4.89	2.86	-0.81
LARM	4549396.954	1874003.432	4045167.724	5.59	6.04	-4.9
NOA1	4599641.973	2034827.419	3909890.544	-1.74	0.54	0.51
PAT0	4655002.797	1860619.724	3930281.828	-4.28	-0.82	-0.25
STEF	4547445.303	1906215.180	4032294.261			
TUC2	4744543.804	2119411.997	3686258.738	-4.43	0.22	1.12

Πίνακας 5.4.2- 5 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

Ημέρα 152 του 2015, 01.06.2015

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.276	1896167.097	4126096.837	-0.02	0.99	-0.87
DUTH	4362689.595	2026648.311	4174234.375	-3.22	-2.25	-3.16
LARM	4549396.938	1874003.464	4045167.723	6.21	3.08	4.72
NOA1	4599641.959	2034827.424	3909890.545	0.76	-0.18	0.48
PAT0	4655002.793	1860619.725	3930281.829	-2.91	-0.64	-0.83
STEF	4547445.292	1906215.175	4032294.255			
TUC2	4744543.803	2119411.998	3686258.738	-2.63	-1.00	-0.36

Πίνακας 5.4.2- 6 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

Ημέρα 182 του 2015, 01.07.2015

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.279	1896167.099	4126096.839	-4.37	-0.74	-3.07
DUTH	4362689.597	2026648.312	4174234.379	-8.4	-1.9	-5.79
LARM	4549396.936	1874003.463	4045167.720	5.99	1.82	3.17
NOA1	4599641.967	2034827.422	3909890.543	-0.48	-0.4	-0.47
PAT0	4655002.793	1860619.725	3930281.827	2.69	1.10	2.4
STEF	4547445.291	1906215.177	4032294.253			
TUC2	4744543.803	2119412.001	3686258.738	4.57	0.12	3.75

Πίνακας 5.4.2- 7 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

Ημέρα 213 του 2015, 01.08.2015

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.383	1896167.098	4126096.858	-2.91	-0.33	-2.96
DUTH	4362689.704	2026648.313	4174234.403	-0.09	-0.57	-1.18
LARM	4549397.040	1874003.457	4045167.733	5.87	1.54	2.28
NOA1	4599642.055	2034827.418	3909890.561	-1.66	-0.01	-0.97
PAT0	4655002.904	1860619.726	3930281.852	3.45	0.42	2.67
STEF	4547445.372	1906215.159	4032294.254			
TUC2	4744543.916	2119411.996	3686258.760	-3.86-	-1.05	0.15

Πίνακας 5.4.2- 8 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

Ημέρα 244 του 2015, 01.09.2015

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.274	1896167.103	4126096.838	-0.02	0.99	-0.16
DUTH	4362689.597	2026648.318	4174234.380	-0.16	-0.88	-0.22
LARM	4549396.931	1874003.464	4045167.713	7.77	2.42	4.76
NOA1	4599641.977	2034827.427	3909890.546	-1.25	-1.17	-1.96
PAT0	4655002.792	1860619.726	3930281.823	2.5	1.30	1.07
STEF	4547445.238	1906215.152	4032294.207			
TUC2	4744543.816	2119412.003	3686258.739	-8.84	-2.65	-3.49

Πίνακας 5.4.2- 9 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

Ημέρα 274 του 2015, 01.10.2015

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.270	1896167.103	4126096.835	-1.65	-0.26	-0.91
DUTH	4362689.584	2026648.311	4174234.375	-1.94	-0.57	-1.71
LARM	4549396.935	1874003.468	4045167.720	6.56	1.98	4.05
NOA1	4599641.962	2034827.428	3909890.552	0.91	-1.41	-1.06
PAT0	4655002.794	1860619.727	3930281.828	-6.12	-2.68	-4.48
STEF	4547445.244	1906215.159	4032294.212			
TUC2	4744543.805	2119411.998	3686258.732	2.23	2.95	4.12

Πίνακας 5.4.2- 10 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

Ημέρα 305 του 2015, 01.11.2015

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.266	1896167.104	4126096.836	-2.14	-0.47	-1.8
DUTH	4362689.571	2026648.303	4174234.369	2.66	0.57	1.98
LARM	4549396.930	1874003.470	4045167.722	5.15	0.59	1.88
NOA1	4599641.955	2034827.423	3909890.537	2.19	1.17	1.94
PAT0	4655002.789	1860619.727	3930281.828	-7.79	-3.90	-6.67
STEF	4547445.236	1906215.159	4032294.208			
TUC2	4744543.805	2119412.001	3686258.734	1.97	-2.99	3.67

Πίνακας 5.4.2- 11 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

Ημέρα 335 του 2015, 01.12.2015

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.272	1896167.108	4126096.838	-3.36	-1.75	-3.69
DUTH	4362689.591	2026648.322	4174234.382	-4.49	-2.97	-4.16
LARM	4549396.936	1874003.473	4045167.726	5.48	1.43	2.41
NOA1	4599641.973	2034827.427	3909890.540	1.43	0.68	0.81
PAT0	4655002.792	1860619.727	3930281.823	-0.59	0.82	0.32
STEF	4547445.240	1906215.162	4032294.210			
TUC2	4744543.801	2119412.001	3686258.727	1.53	1.8	4.31

Πίνακας 5.4.2- 12 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

5.5 Καμπάνια 2016

5.5.1 Ασάφειες

Όμοια με προηγούμενα, παρακάτω ακολουθούν πίνακες με τα ποσοστά επίλυσης ασαφειών που προέκυψαν για κάθε μέρα για το έτος 2016:

Ημέρα 1 του 2016, 01.01.2016

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	47.3
AULR	SIGMA	52.6
LRST	SIGMA	61.7
NOP0	SIGMA	55.6
NOTU	QIF	52.4
P0ST	SIGMA	69.5

Πίνακας 5.5.1- 1 Ασάφειες βάσεων

Ημέρα 32 του 2016, 01.02.2016

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	52.1
AULR	SIGMA	50.7
LRST	SIGMA	35.7
NOP0	SIGMA	54.1
NOTU	QIF	45
P0ST	SIGMA	60.8

Πίνακας 5.5.1- 2 Ασάφειες βάσεων

Ημέρα 61 του 2016, 01.03.2016

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	45.6
AULR	SIGMA	40.3
LRST	SIGMA	23.6
NOP0	SIGMA	50.9
NOTU	QIF	51.9
P0ST	SIGMA	47.7

Πίνακας 5.5.1- 3 Ασάφειες βάσεων

Ημέρα 93 του 2016, 02.04.2016

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	22.7
AULR	SIGMA	20
LRST	SIGMA	67.8
NOP0	SIGMA	30.3
NOTU	QIF	51.7
P0ST	SIGMA	70.1

Πίνακας 5.5.1- 4 Ασάφειες βάσεων

Ημέρα 127 του 2016, 06.05.2016

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	41.8
AULR	SIGMA	44.1
LRST	SIGMA	60.6
NOP0	SIGMA	44.9
NOTU	QIF	42.9
P0ST	SIGMA	68.7

Πίνακας 5.5.1- 5 Ασάφειες βάσεων

Ημέρα 153 του 2016, 01.06.2016

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	40.3
AULR	SIGMA	33.3
LRST	SIGMA	51.3
NOP0	SIGMA	35.2
NOTU	QIF	38.8
P0ST	SIGMA	58.1

Πίνακας 5.5.1- 6 Ασάφειες βάσεων

Ημέρα 183 του 2016, 01.07.2016

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	49.3
AULR	SIGMA	44
LRST	SIGMA	55.7
NOP0	SIGMA	40
NOTU	QIF	40.9
P0ST	SIGMA	71.7

Πίνακας 5.5.1- 7 Ασάφειες βάσεων

Ημέρα 214 του 2016, 01.08.2016

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	38
AULR	SIGMA	36.3
LRST	SIGMA	58.9
NOP0	SIGMA	35.2
NOTU	QIF	45.8
P0ST	SIGMA	58.1

Πίνακας 5.5.1- 8 Ασάφειες βάσεων

Ημέρα 275 του 2016, 01.10.2016

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	40
AULR	SIGMA	38
LRST	SIGMA	62.2
NOP0	SIGMA	56.9
NOTU	QIF	47.7
P0ST	SIGMA	75

Πίνακας 5.5.1- 9 Ασάφειες βάσεων

Ημέρα 306 του 2016, 01.11.2016

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	56
AULR	SIGMA	52.6
LRST	SIGMA	48.1
NOP0	SIGMA	54.4
NOTU	QIF	45.3
P0ST	SIGMA	64.4

Πίνακας 5.5.1- 10 Ασάφειες βάσεων

Ημέρα 336 του 2016, 01.12.2016

ΒΑΣΗ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	ΑΣΑΦΕΙΕΣ (%)
AUDU	SIGMA	54.2
AULR	SIGMA	53.3
LRST	SIGMA	35
NOP0	SIGMA	56.1
NOTU	QIF	42.2
P0ST	SIGMA	56

Πίνακας 5.5.1- 11 Ασάφειες βάσεων

5.5.2 Τελική Συνόρθωση

Το κεφάλαιο παρουσιάζει τα αποτελέσματα της συνόρθωσης (τελικές συντεταγμένες) και τις διαφορές τους από τις αρχικές σε mm για το 2016:

Ημέρα 1 του 2016, 01.01.2016

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.266	1896167.113	4126096.839	2.77	4.49	2.16
DUTH	4362689.583	2026648.323	4174234.380	-3.28	-7.35	-7.55
LARM	4549396.932	1874003.481	4045167.727	7.32	6.82	6.99
NOA1	4599641.974	2034827.433	3909890.544	-5.79	-3.44	-2.45
PAT0	4655002.794	1860619.733	3930281.828	-1.59	2.08	-0.31
STEF	4547445.237	1906215.168	4032294.209			
TUC2	4744543.806	2119412.008	3686258.734	-3.43	0.4	1.16

Πίνακας 5.5.2- 1 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

Ημέρα 32 του 2016, 01.02.2016

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.266	1896167.108	4126096.838	0.12	-1.82	-2.70
DUTH	4362689.581	2026648.320	4174234.379	-1.16	-1.04	-0.11
LARM	4549396.933	1874003.477	4045167.730	5.64	0.22	2.57
NOA1	4599641.974	2034827.426	3909890.540	-0.39	1.62	0.31
PAT0	4655002.796	1860619.726	3930281.825	-2.83	0.36	-1.03
STEF	4547445.227	1906215.159	4032294.204			
TUC2	4744543.808	2119412.003	3686258.733	-4.38	0.66	0.93

Πίνακας 5.5.2- 2 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

Ημέρα 61 του 2016, 01.03.2016

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.268	1896167.113	4126096.842	-0.37	0.72	-0.26
DUTH	4362689.581	2026648.324	4174234.382	-2.28	-2.25	-0.93
LARM	4549396.933	1874003.479	4045167.731	6.73	2.03	4.06
NOA1	4599641.979	2034827.430	3909890.546	-0.6	0.58	-2.17
PAT0	4655002.795	1860619.730	3930281.829	-2.45	-1.78	0.15
STEF	4547445.233	1906215.164	4032294.207			
TUC2	4744543.808	2119412.004	3686258.736	-1.03	0.70	-0.86

Πίνακας 5.5.2- 3 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

Ημέρα 93 του 2016, 02.04.2016

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.265	1896167.114	4126096.842	-2.74	-2.94	-7.01
DUTH	4362689.574	2026648.323	4174234.378	1.82	1.27	2.33
LARM	4549396.930	1874003.480	4045167.729	6.91	2.12	3.63
NOA1	4599641.975	2034827.430	3909890.538	0.54	0.89	1.39
PAT0	4655002.792	1860619.730	3930281.825	-2.00	-0.50	-2.26
STEF	4547445.228	1906215.163	4032294.204			
TUC2	4744543.808	2119412.006	3686258.729	-4.53	-0.85	0.61

Πίνακας 5.5.2- 4 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

Ημέρα 127 του 2016, 06.05.2016

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.267	1896167.118	4126096.844	-1.34	-0.56	-1.04
DUTH	4362689.579	2026648.327	4174234.384	-3.78	-1.75	-2.20
LARM	4549396.934	1874003.484	4045167.733	6.62	0.49	2.94
NOA1	4599641.975	2034827.431	3909890.541	-0.02	0.55	-0.63
PAT0	4655002.798	1860619.734	3930281.827	-3.86	-2.66	-1.48
STEF	4547445.231	1906215.165	4032294.206			
TUC2	4744543.808	2119412.007	3686258.732	2.37	3.93	2.41

Πίνακας 5.5.2- 5 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

Ημέρα 153 του 2016, 01.06.2016

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.260	1896167.117	4126096.839	-1.74	1.17	-1.90
DUTH	4362689.576	2026648.329	4174234.384	-0.49	-1.15	-0.66
LARM	4549396.928	1874003.481	4045167.724	6.67	2.66	3.64
NOA1	4599641.981	2034827.432	3909890.539	1.85	-0.16	0.22
PAT0	4655002.792	1860619.730	3930281.819	-2.01	-1.77	0.11
STEF	4547445.213	1906215.154	4032294.191			
TUC2	4744543.806	2119412.008	3686258.727	-4.27	-0.74	-1.41

Πίνακας 5.5.2- 6 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

Ημέρα 183 του 2016, 01.07.2016

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.257	1896167.119	4126096.839	0.71	-0.02	-0.84
DUTH	4362689.576	2026648.331	4174234.382	-2.31	-2.73	-1.09
LARM	4549396.930	1874003.479	4045167.722	7.62	1.56	3.73
NOA1	4599641.974	2034827.433	3909890.535	-2.01	-1.00	-4.60
PAT0	4655002.784	1860619.728	3930281.814	-0.04	-0.40	0.45
STEF	4547445.199	1906215.149	4032294.178			
TUC2	4744543.806	2119412.006	3686258.723	-3.96	2.58	2.35

Πίνακας 5.5.2- 7 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

Ημέρα 214 του 2016, 01.08.2016

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.255	1896167.120	4126096.837	1.88	-1.35	-1.40
DUTH	4362689.578	2026648.331	4174234.386	-0.83	-0.28	-1.10
LARM	4549396.922	1874003.474	4045167.711	4.84	5.19	6.23
NOA1	4599641.968	2034827.430	3909890.534	-0.01	264	0.09
PAT0	4655002.797	1860619.733	3930281.819	-4.56	0.21	-0.46
STEF	4547445.181	1906215.139	4032294.158			
TUC2	4744543.810	2119412.013	3686258.725	-5.32	-6.41	-3.36

Πίνακας 5.5.2- 8 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

Ημέρα 275 του 2016, 01.10.2016

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.253	1896167.125	4126096.841	-1.03	0.18	-1.42
DUTH	4362689.573	2026648.333	4174234.384	-1..94	-1.21	-0.88
LARM	4549396.926	1874003.488	4045167.724	6.03	1.69	3.15
NOA1	4599641.982	2034827.437	3909890.536	-2.07	-0.99	-2.86
PAT0	4655002.792	1860619.734	3930281.818	-1.73	-1.28	-0.62
STEF	4547445.166	1906215.141	4032294.144			
TUC2	4744543.808	2119412.009	3686258.719	0.74	1.62	2.63

Πίνακας 5.5.2- 9 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

Ημέρα 306 του 2016, 01.11.2016

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.255	1896167.129	4126096.844	-1.03	-0.38	-1.93
DUTH	4362689.573	2026648.336	4174234.387	-1.58	-0.95	-1.85
LARM	4549396.926	1874003.490	4045167.727	7.55	1.73	3.83
NOA1	4599641.979	2034827.437	3909890.535	-1.10	0.02	-0.99
PAT0	4655002.792	1860619.734	3930281.818	-1.68	-0.84	0.29
STEF	4547445.170	1906215.145	4032294.148			
TUC2	4744543.811	2119412.012	3686258.723	-2.15	0.42	0.64

Πίνακας 5.5.2- 10 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

Ημέρα 336 του 2016, 01.12.2016

ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
AUT1	4466283.255	1896167.128	4126096.842	-1.81	-0.79	-3.33
DUTH	4362689.571	2026648.336	4174234.387	-2.87	-1.85	-3.78
LARM	4549396.927	1874003.493	4045167.731	6.29	1.13	1.77
NOA1	4599641.976	2034827.438	3909890.536	0.47	0.57	0.67
PAT0	4655002.795	1860619.735	3930281.821	-1.87	-0.40	1.47
STEF	4547445.166	1906215.147	4032294.146			
TUC2	4744543.808	2119412.011	3686258.719	-0.20	1.33	3.20

Πίνακας 5.5.2- 11 Τελικές συντεταγμένες στο ITRF14

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΕΠΙΛΥΣΗΣ

6.1 Πρόβλημα Διαθεσιμότητας Δεδομένων

Στόχος του κεφαλαίου είναι η ανάδειξη των προβλημάτων που αντιμετωπίστηκαν κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας. Παρουσιάζονται με τη σειρά που συναντήθηκαν και δίνεται έμφαση στον τρόπο αντιμετώπισής τους.

Αρχικά, όπως έχει διατυπωθεί και προηγουμένως, θέλαμε να παράγουμε επιλύσεις για την πρώτη μέρα κάθε μήνα και ένα διάστημα τριών ετών (2014-2016). Αυτό δεν κατέστη εφικτό σε όλες τις περιπτώσεις, αφού για συγκεκριμένες ημερομηνίες δεν ήταν διαθέσιμα τα αρχεία παρατηρήσεων ορισμένων σταθμών που είχαν επιλεχθεί για την ίδρυση του δικτύου μας. Έτσι, επιλέχθηκαν μετά από αναζήτηση οι κοντινότερες ημερομηνίες με πλήρη διαθεσιμότητα. Αυτό έγινε στις εξής περιπτώσεις:

- 1/3/15 (Μη διαθέσιμο RINEX για LARM) » Επιλέχθηκε 6/3/15
- 1/4/16 (Μη διαθέσιμο RINEX για AUT1) » Επιλέχθηκε 2/4/16
- 1/5/16 (Μη διαθέσιμο RINEX για LARM) » Επιλέχθηκε 6/5/16
- 1/9/16 (Μη διαθέσιμο RINEX για NOA1) » Επιλέχθηκε 6/9/16

Εξαίρεση αποτέλεσε ο Νοέμβριος του 2014, όπου δεν ήταν διαθέσιμος ο σταθμός της Πάτρας (PAT0). Δεδομένου ότι οι μοναδικές διαθέσιμες ημερομηνίες ήταν πολύ κοντά στο Δεκέμβριο, επιλέχθηκε να μη συμπεριληφθεί ο συγκεκριμένος μήνας στην επίλυση και τη σύνταξη της χρονοσειράς.

6.2 Έλλειψη παρατηρήσεων

Ένα ακόμη πρόβλημα που προέκυψε, ήταν περιπτώσεις όπου τα αρχεία RINEX είχαν μικρό αριθμό παρατηρήσεων. Αυτό συνέβη σε δύο περιπτώσεις:

- 2/4/16

Στη συγκεκριμένη ημερομηνία επίλυσης, συναντήθηκε πολύ μικρός αριθμός ασαφειών κατά τη διαδικασία επίλυσης δύο βάσεων που συμμετείχε ο σταθμός AUT1 (AUDU, AULR – 22 και 20 ασάφειες αντίστοιχα). Όταν εξετάστηκε το μέγεθος του ημερήσιου αρχείου παρατηρήσεων του AUT1, ήταν σημαντικά μικρότερο (386.1 kb) από το μέσο αρχείο RINEX που έχει μέγεθος μερικά mb. Συμπέρασμα είναι, ότι το συγκεκριμένο αρχείο έχει αισθητά μικρότερο αριθμό παρατηρήσεων με αποτέλεσμα τον ασυνήθιστα μικρό αριθμό ασαφειών που υπολογίστηκαν. Παρ' όλα αυτά, οι βάσεις συμπεριλήφθηκαν στις επεξεργασίες για τη συγκεκριμένη μέρα.

- 6/9/16

Κατά τη μετατροπή των αρχείων σε format του Bernese τη συγκεκριμένη μέρα, δεν ήταν εφικτό να δημιουργηθούν τα αντίστοιχα αρχεία για το σταθμό του Στεφανοβικείου. Όπως αποδείχθηκε αργότερα, το ημερήσιο αρχείο RINEX του STEF περιείχε μόλις δύο παρατηρήσεις και αυτή ήταν η αιτία του προβλήματος. Η μέρα προφανώς δε συμπεριλήφθηκε στη δημιουργία των χρονοσειρών.

6.3 Quarter Cycle Issue

Τέλος, ένα ακόμη πρόβλημα ήταν το γενικά χαμηλό ποσοστό επίλυσης των βάσεων και ειδικότερα κάποιων βάσεων λυμένων με QIF. Το γεγονός, όπως αποδείχτηκε, οφείλεται στην παρουσία του κώδικα L2C – ο οποίος εισήχθη στο σήμα των δορυφόρων νέας γενιάς και έχει σα στόχο τη βελτίωση της ακρίβειας του συστήματος GPS των πολιτών για καθημερινή χρήση.

Σήμερα το διαστημικό τμήμα του GPS αποτελείται (περίπου κατά το ήμισυ) από δορυφόρους παλαιότερης γενιάς Block IIA και Block IIR αλλά και νεότερους, γενιάς IIR-M και IIF. Οι τελευταία αυτοί δορυφόροι μπορούν να εκπέμπουν το καινούριο σήμα L2C το οποίο είναι σε τετραγωνική μετατόπιση φάσης (quadrature) σε σχέση με το παλιό σήμα L2P(Y), το οποίο και επέμπεται από όλους τους δορυφόρους. Το μορφότυπο RINEX-2 παρόλα αυτά, δεν είναι προετοιμασμένο να καταγράφει μετρήσεις του φέροντος κύματος (στην L2) και από τα δύο σήματα (λόγω χρήσης δύο χαρακτήρων ανά παρατηρούμενο μέγεθος, δεν μπορεί να γίνει διαχωρισμός). Αν λοιπόν σε ένα ή περισσότερα στην περίπτωση σχετικού εντοπισμού αρχεία RINEX-2 υπάρχουν (μη ευθυγραμμισμένες) παρατηρήσεις L2C και L2P(Y) το αρχείο καθίσταται μη χρησιμοποιούμενο για εφαρμογές υψηλής ακρίβειας. Αυτή η μίξη μη ευθυγραμμισμένων παρατηρήσεων, αναφέρεται στην βιβλιογραφία ως "quarter cycle bias". Το πρόβλημα αυτό αναμένεται να αρθεί με την υιοθέτηση του μορφότυπου RINEX-3.

Να σημειωθεί ότι επειδή η μέτρηση του φέροντος κύματος έχει μικρότερο θόρυβο με τη χρήση της L2C (σε σύγκριση με την L2P(Y)), πολλοί δέκτες χρησιμοποιούν αυτή την τεχνική (όταν είναι διαθέσιμο το σήμα) για να κάνουν μετρήσεις φάσης στην L_2 (Bernese). Κάποιοι κατασκευαστές διορθώνουν (μετατοπίζουν) τις παρατηρήσεις φάσης κατά 1/4 του κύκλου και άλλοι όχι. Όταν τέτοιες παρατηρήσεις συνδυάζονται (δηλαδή έχουμε το λεγόμενο quarter cycle bias), καταστρέφεται η ακέραια φύση των κύκλων ολίσθησης. Για το λόγο αυτό, το Bernese προσφέρει τρεις επιλογές κατά την επίλυση ασαφειών φάσης:

- α) Οι ασάφειες δεν λύνονται ποτέ σε ακέραιους όταν εμπλέκεται δορυφόρος καινούριας γενιάς (ασφαλής αλλά πεσιμιστική επιλογή) (επιλογή always)
- β) επίλυση ακέραιων ασαφειών με αύξηση ορίου του δεκαδικού μέρους σε 1/4 του κύκλου (επιλογή never)
- γ) επιλογή του λογισμικού με βάση μία προκαθορισμένη λίστα δεκτών για τον αν θα επιλυθούν οι ασάφειες σε ακέραιους ή όχι (επιλογή if indicated)

Στην περίπτωσή μας, για τη διαπίστωση του προβλήματος, επιλέξαμε δύο από τις βάσεις που επιλυθήκαν με τη μέθοδο QIF και είχαν τα χαμηλότερα ποσοστά και δύο βάσεις με ποσοστά κοντά στο γενικό μέσο όρο επίλυσης ασαφειών. Αφού μηδενίστηκαν οι λυμένες ασάφειες με τη βοήθεια του SATMARK και της επιλογής initialize, ξαναϋπολογίστηκαν οι ασάφειες των βάσεων στο GPSEST επιλέγοντας τη στρατηγική 'never' στο μενού 'consider GPS quarter-cycle biases'. Αποτέλεσμα της διαδικασίας ήταν η σημαντική βελτίωση του ποσοστού των επιλυμένων ασαφειών (25-30%) και το συμπέρασμα ότι τα χαμηλά ποσοστά οφείλονται στην πιθανή παρουσία του L2C και της μετατόπισής του κατά ένα τέταρτο του κύκλου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΕΣ

7.1 Χρονοσειρά θέσης του STEF

Στο παρόν κεφάλαιο, παρατίθενται τα διαγράμματα των χρονοσειρών που προέκυψαν από τη μελέτη του σταθμού του Στεφανοβικείου και την επίλυση του δικτύου μας. Με το πέρας των εργασιών στο λογισμικό του Bernese, προέκυψαν τελικές συντεταγμένες στο ITRF14 για κάθε σταθμό και μέρα επεξεργασίας. Από τις τιμές αυτές, υπολογίστηκε η μέση τιμή των συντεταγμένων του STEF και εν συνεχεία μετατράπηκαν σε ελλειψοειδείς, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

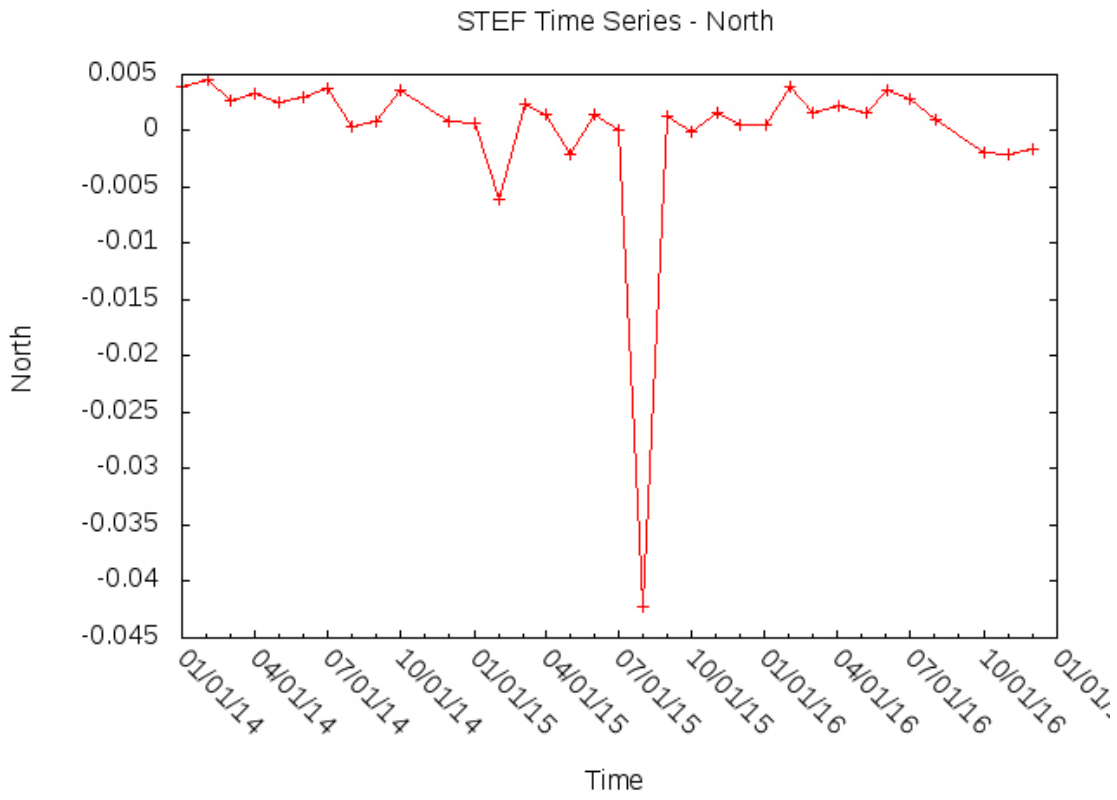
ΣΤΑΘΜΟΣ	X (m)	Y (m)	Z (m)	φ (dms)	λ (dms)	h (m)
STEF	4547445.2904	1906215.17639	4032294.25166	39° 27’ 50.9422’’	22° 44’ 33.5015’’	98.677

Πίνακας 7- 1 Μέσες τελικές συντεταγμένες του σταθμού του Στεφανοβικείου

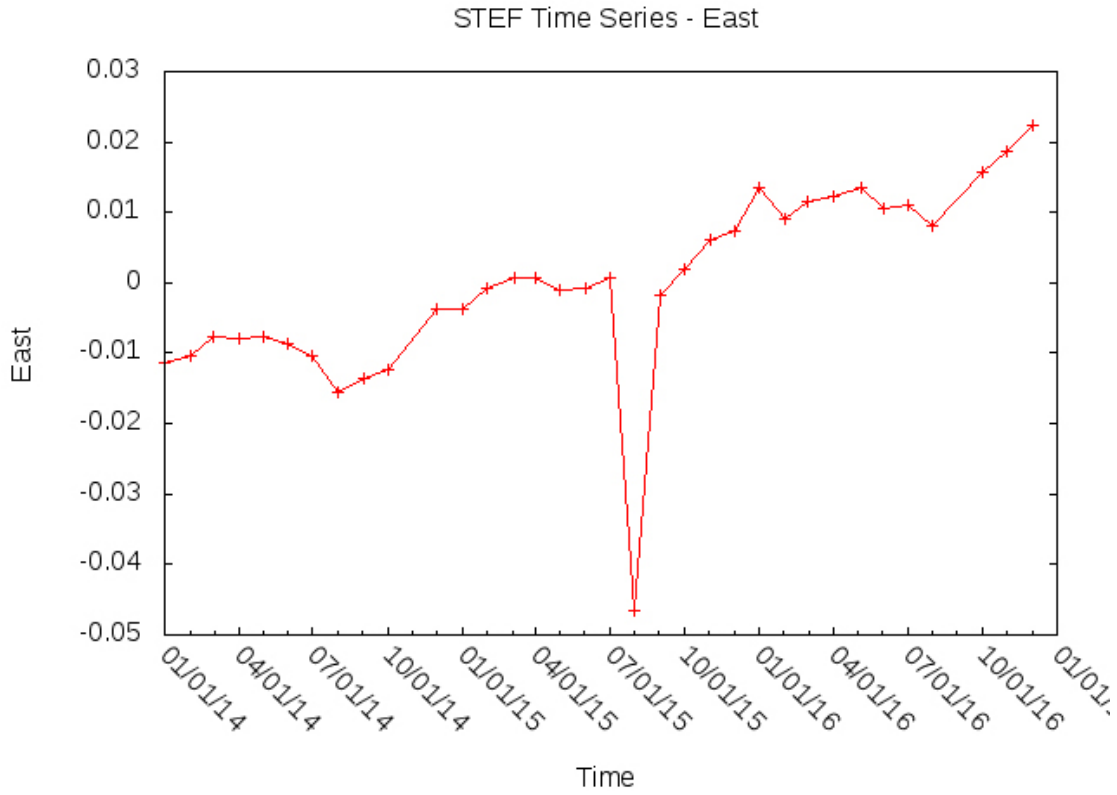
Οι διαφορές των ημερήσιων aposteriori συντεταγμένων από τη μέση τιμή, θα χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία των χρονοσειρών θέσης για το διάστημα μεταξύ Ιανουαρίου 2014 και Δεκεμβρίου 2016. Για τη σύνταξη των διαγραμμάτων, προτιμάται η απεικόνιση σε τοποκεντρικές συντεταγμένες (με κέντρο τη μέση τιμή), η οποία διαχωρίζει την οριζοντιογραφία από το υψόμετρο και παρέχει μια πιο εποπτική εικόνα για την τοπική κίνηση του εδάφους· η μετατροπή των διαφορών των συντεταγμένων από γεωκεντρικές σε τοποκεντρικές (North, East, Up), γίνεται με χρήση ενός πίνακα στροφής όπως φαίνεται παρακάτω:

$$\begin{bmatrix} \Delta N \\ \Delta E \\ \Delta U \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -sin\varphi cos\lambda & -sin\varphi sin\lambda & cos\varphi \\ -sin\lambda & cos\lambda & 0 \\ cos\varphi cos\lambda & cos\varphi sin\lambda & sin\varphi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta \Psi \\ \Delta Z \end{bmatrix}$$

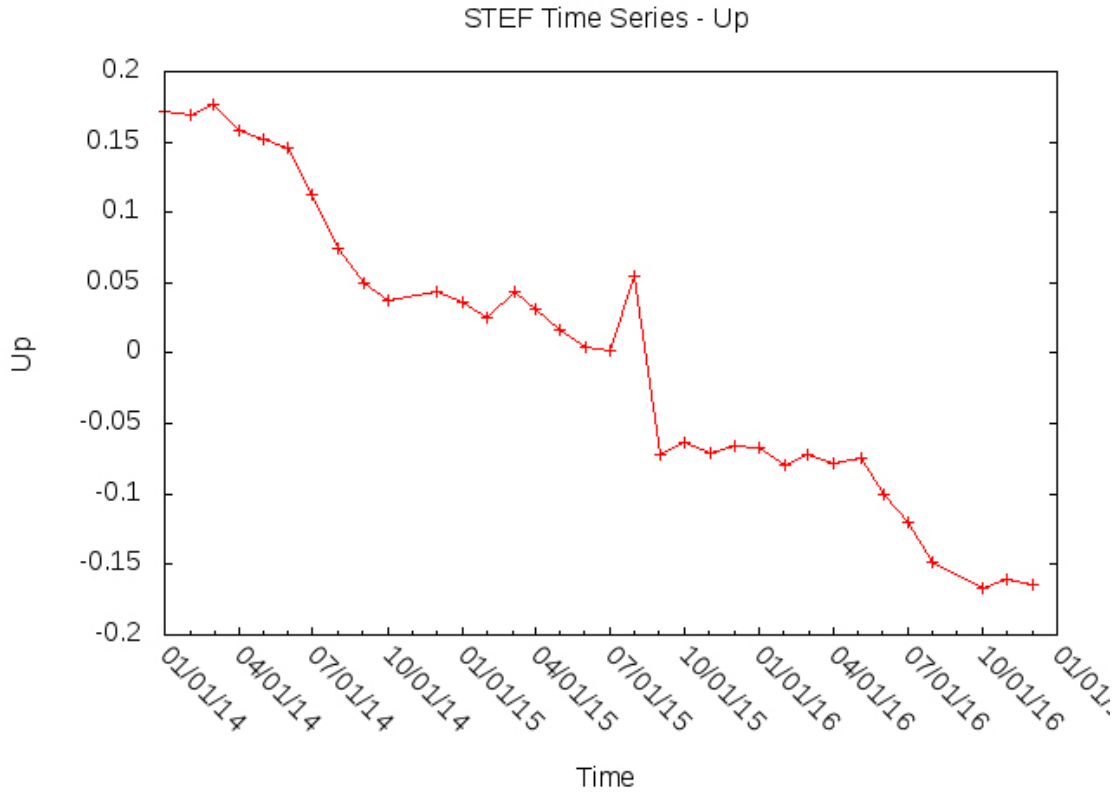
Έτσι, αφού προκύψουν τα διανύσματα διαφορών ΔN, ΔE, ΔU (διαφορές από τη μέση τιμή σε τοποκεντρικό σύστημα), εισάγονται στην εφαρμογή GNUPLOT και απεικονίζονται ώστε να δημιουργηθούν οι χρονοσειρές. Ακολουθούν τα διαγράμματα για το σταθμό του Στεφανοβικείου, με τον άξονα X να ορίζει το χρόνο και τον άξονα Y τη μετατόπιση σε μέτρα:



Εικόνα 7- 1 Αρχικό διάγραμμα χρονοσειράς (North)

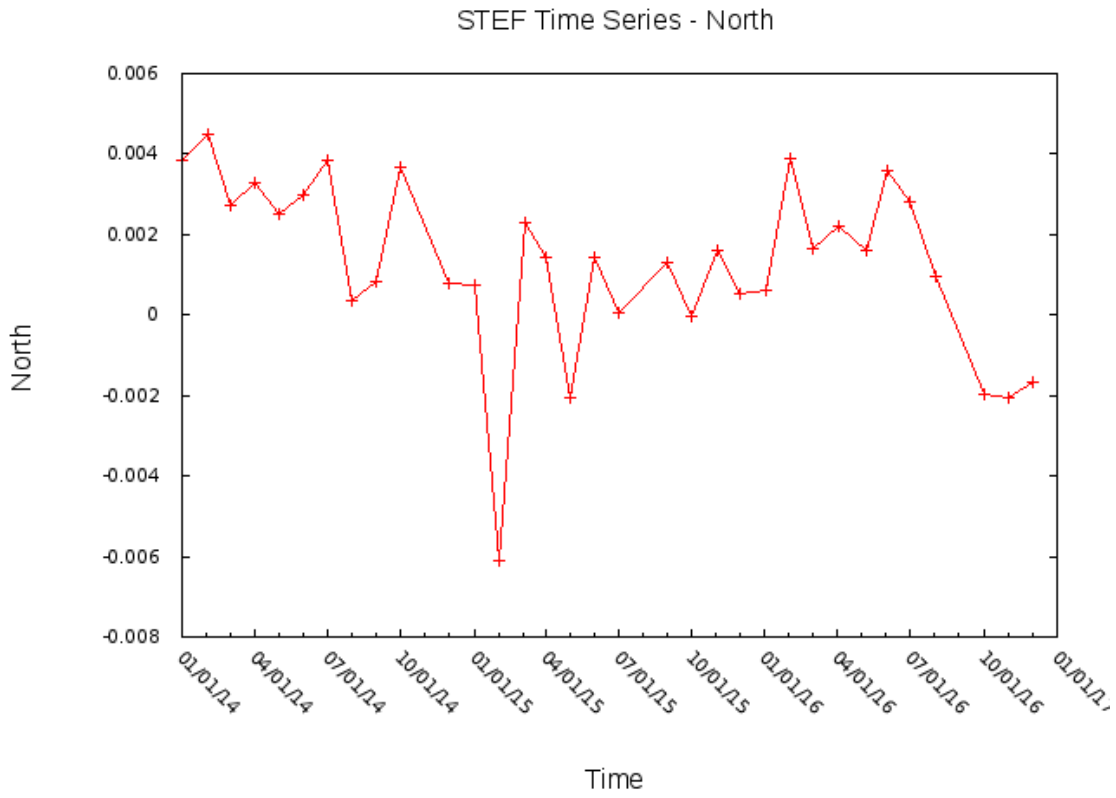


Εικόνα 7- 2 Αρχικό διάγραμμα χρονοσειράς (East)

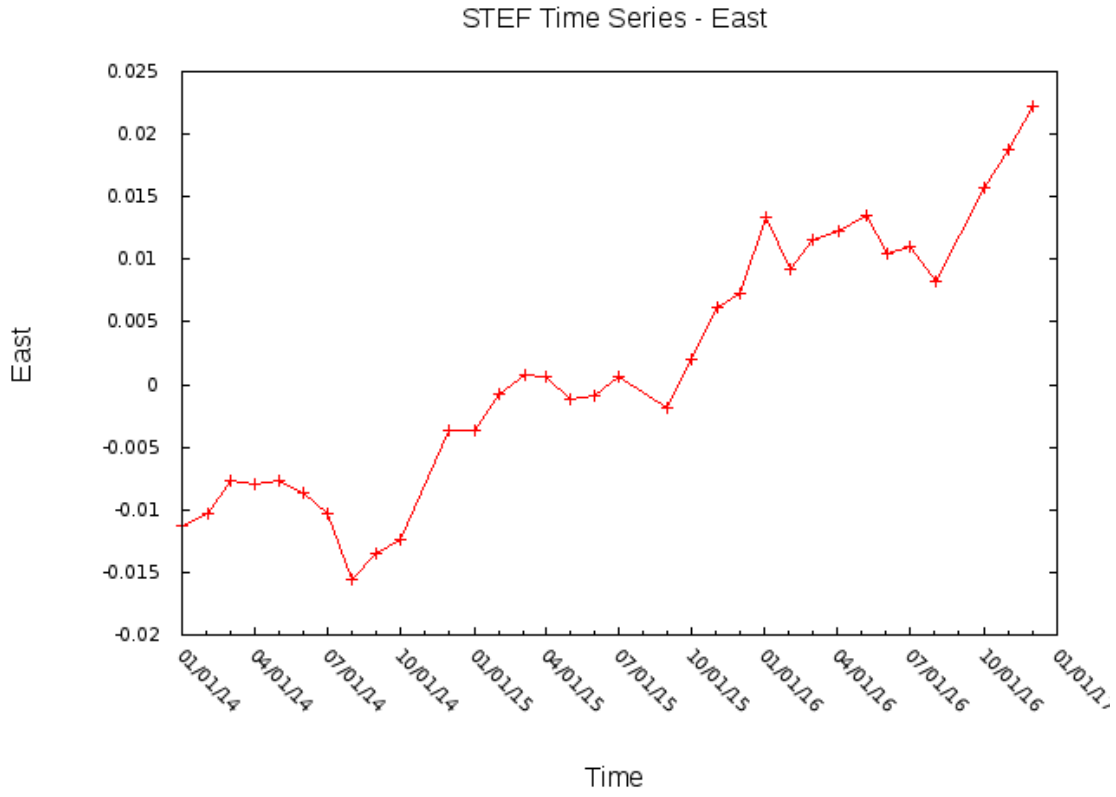


Εικόνα 7- 3 Αρχικό διάγραμμα χρονοσειράς (Up)

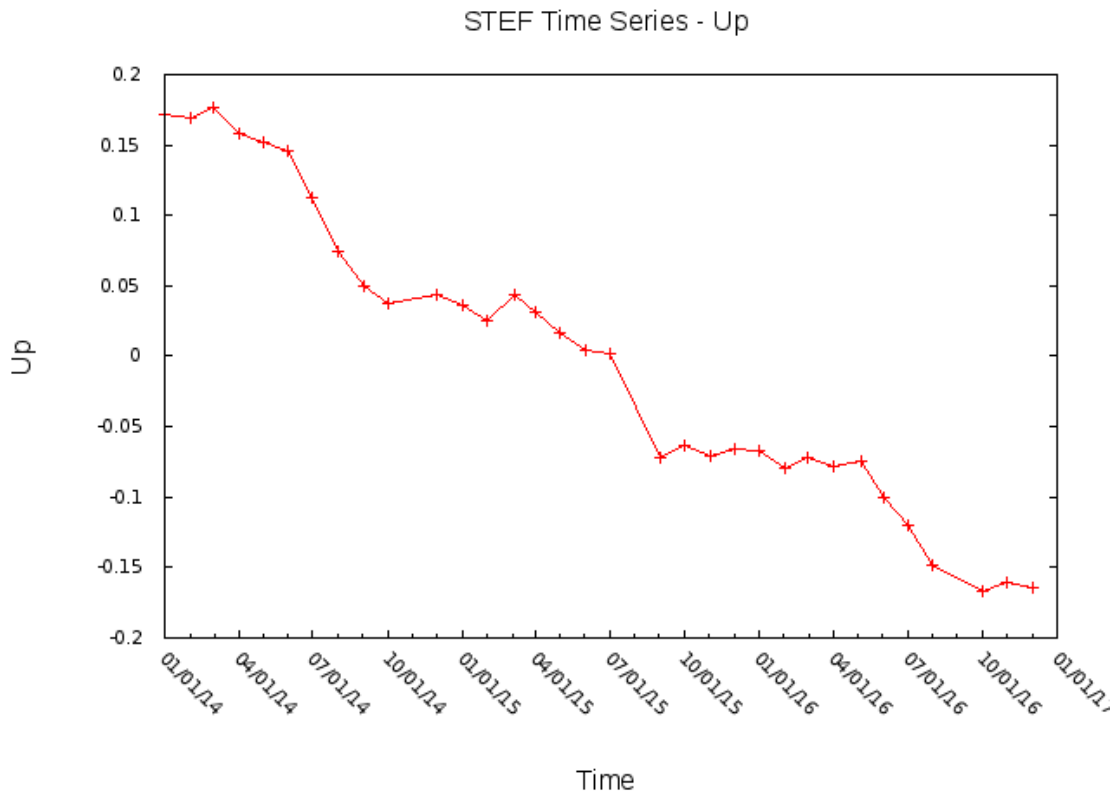
Παρατηρούμε πως υπάρχει πρόβλημα την 1/8/15, καθώς εμφανίζεται μια απόκλιση σε σχέση με τις υπόλοιπες τιμές, που ξεπερνά τα 4 cm στα διαγράμματα North και East. Το γεγονός, προφανώς οφείλεται σε χονδροειδές σφάλμα και η παρατήρηση αποκλείεται. Έτσι, οι χρονοσειρές παίρνουν την τελική τους μορφή που έχει ως εξής:



Εικόνα 7- 4 Τελικό διάγραμμα χρονοσειράς (North)



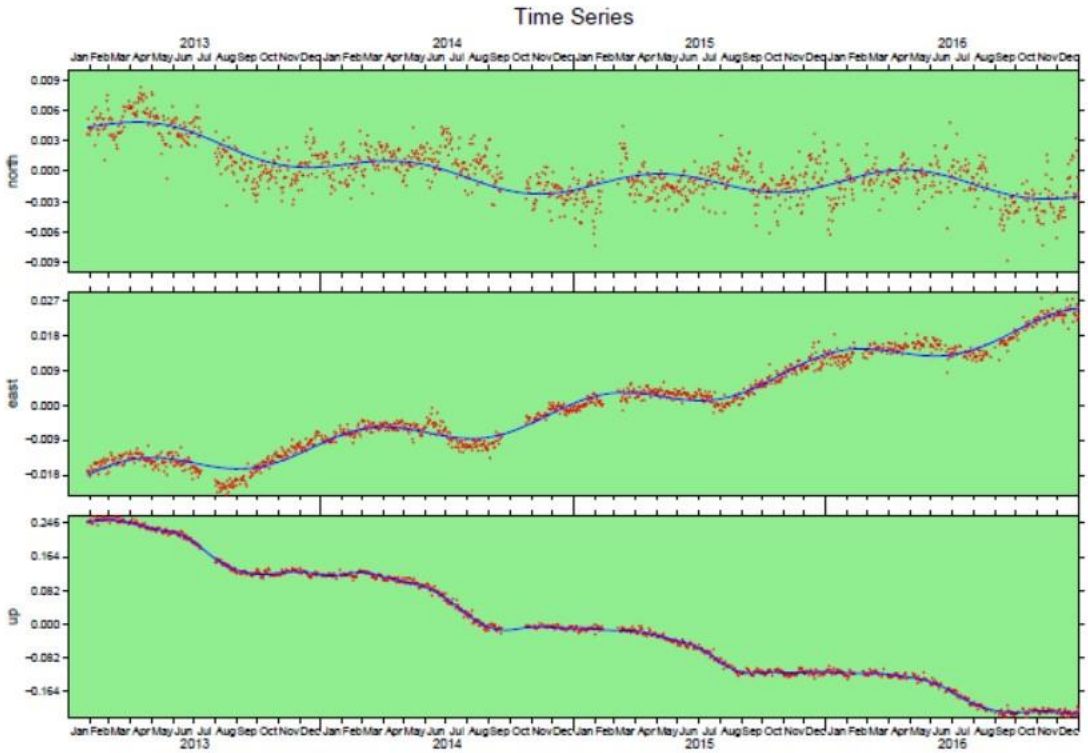
Εικόνα 7- 5 Τελικό διάγραμμα χρονοσειράς (East)



Εικόνα 7- 6 Τελικό διάγραμμα χρονοσειράς (Up)

7.2 Μαθηματικό μοντέλο κίνησης

Στο παρόν κεφάλαιο, παρουσιάζεται η προσπάθεια μοντελοποίησης της κίνησης του σταθμού του Στεφανοβικείου με ένα μαθηματικό μοντέλο, με την καλύτερη δυνατή προσαρμογή. Το μοντέλο έχει ήδη υπολογιστεί από το Κέντρο Δορυφόρων του Διονύσου, με χρήση χρονοσειράς διαστήματος τεσσάρων ετών, όπως φαίνεται στην εικόνα 7.2-1:



Εικόνα 7.2- 1 Χρονοσειρά θέσης του STEF από το Κ.Δ.Δ. και το μαθηματικό μοντέλο κίνησης

Στην περίπτωσή μας, εξετάζουμε ένα μοντέλο κίνησης που ακολουθεί την εξίσωση:

$$y(t_i) = a_0 + a_1 * \delta t + \sum_{i=1}^{n_1} b_i + \sum_{i=1}^{n_2} \left(c_i * sin\big(\omega_i(t_i - t_0)\big) + d_i * cos\big(\omega_i(t_i - t_0)\big) \right)$$

όπου

a_0 σταθερός όρος (αρχική μετατόπιση)

a_1 γραμμική τεκτονική ταχύτητα

n_1 αριθμός "μετατοπίσεων" (jumps) και b_i μέγεθος κάθε μετατόπισης

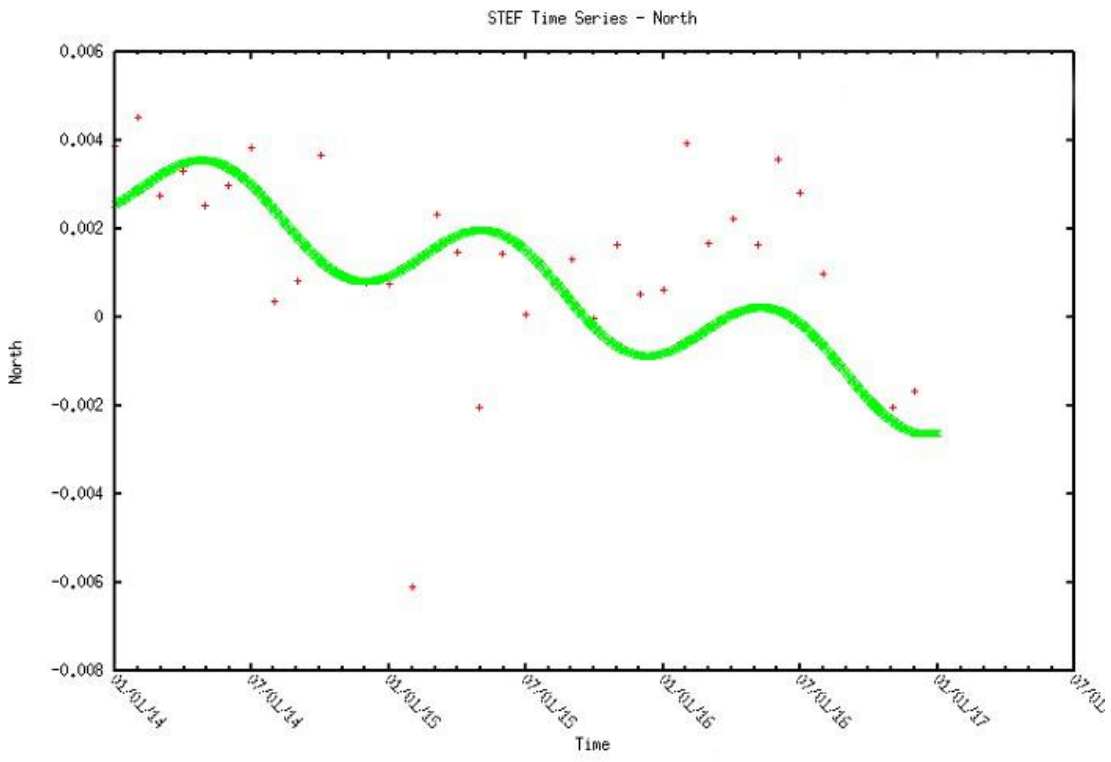
c_i πλάτος ταλάντωσης out-of-phase, d_i πλάτος ταλάντωσης in-phase, ω_i συχνότητα ταλάντωσης, n_2 αριθμός αρμονικών σημάτων

Τα στοιχεία του μοντέλου κίνησης, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

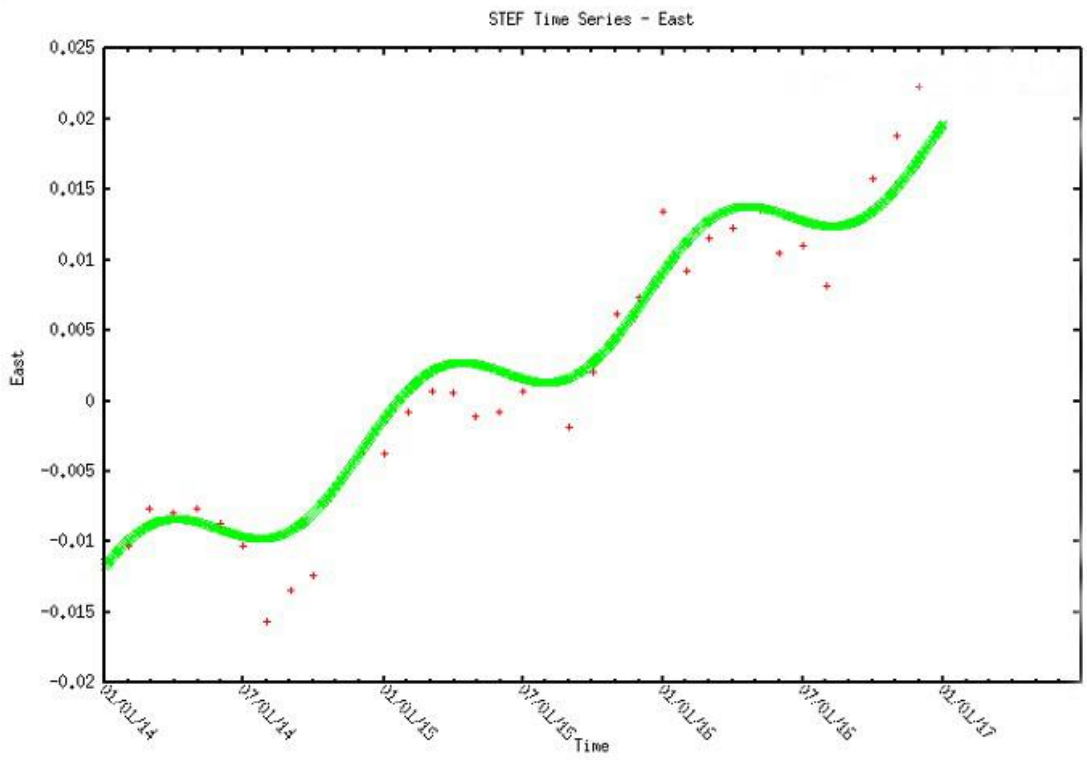
Προσεγγιστικές Ελλειψοειδείς Συντεταγμένες	φ : 39.4642 λ : 22.7426 h : 98.70
NORTH	
Κεντρική Εποχή	2015-05-18
Γραμμικοί Συντελεστές	
Τεκτονική ταχύτητα	-0.002 m/y
Αρμονικοί Συντελεστές	
Πλάτος	6.8e-05 (in-phase) 1.1e-06 (out-of-phase)
Περίοδος	1345 μέρες
Πλάτος	0.001 (in-phase) 4.0-05 (out-of-phase)
Περίοδος	374 μέρες
EAST	
Κεντρική Εποχή	2015-05-18
Γραμμικοί Συντελεστές	
Τεκτονική ταχύτητα	0.011 m/y
Αρμονικοί Συντελεστές	
Πλάτος	0.001 (in-phase) -0.003 (out-of-phase)
Περίοδος	374 μέρες
UP	
Κεντρική Εποχή	2015-05-18
Γραμμικοί Συντελεστές	
Τεκτονική ταχύτητα	-0.117 m/y
Αρμονικοί Συντελεστές	
Πλάτος	0.022 (in-phase) -0.0148 (out-of-phase)
Περίοδος	374 μέρες

Πίνακας 7.2- 1 Στοιχεία μαθηματικού μοντέλου κίνησης του STEF

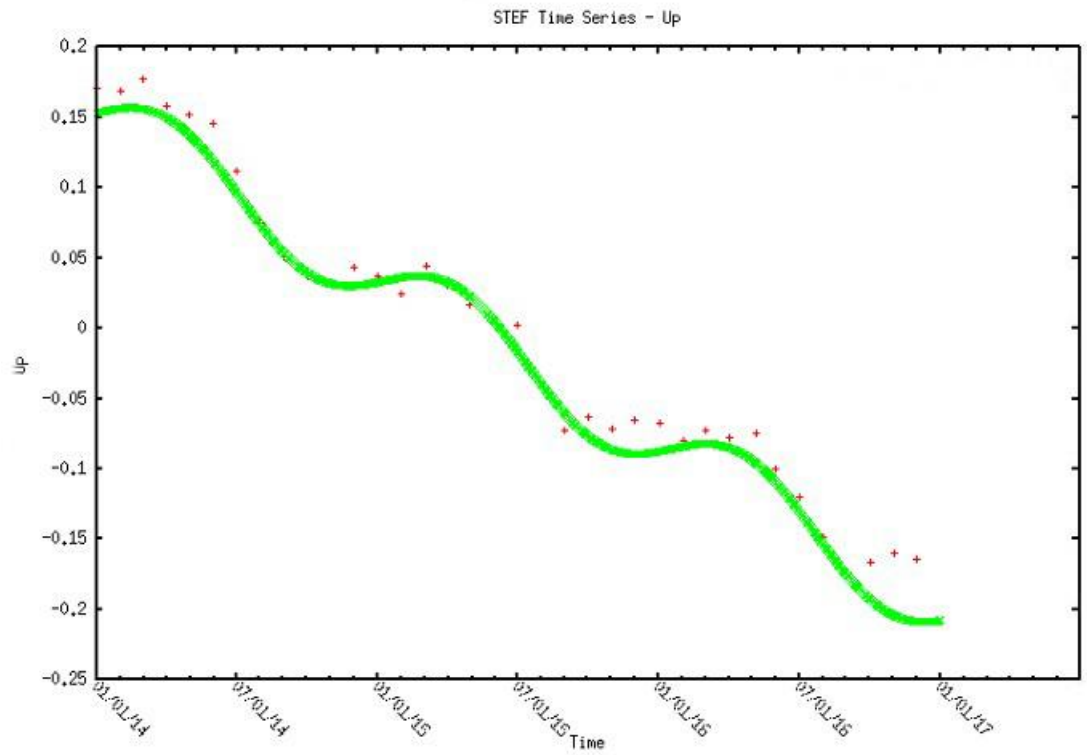
Το μαθηματικό μοντέλο δόθηκε από το εργαστήριο, ώστε να ελεγχθεί η ποιότητα των επεξεργασιών και το κατά πόσο προσαρμόζεται στις χρονοσειρές από τη δική μας επίλυση δικτύου. Παρατηρούμε ότι οι χρονοσειρές θέσης του STEF ακολουθούν αρκετά πιστά (με αποκλίσεις μερικών χιλιοστών) το δοσμένο μοντέλο κίνησης, στα διαγράμματα που ακολουθούν:



Εικόνα 7.2- 2 Χρονοσειρά θέσης STEF (North) και μαθηματικό μοντέλο κίνησης



Εικόνα 7.2- 3 Χρονοσειρά θέσης STEF (East) και μαθηματικό μοντέλο κίνησης

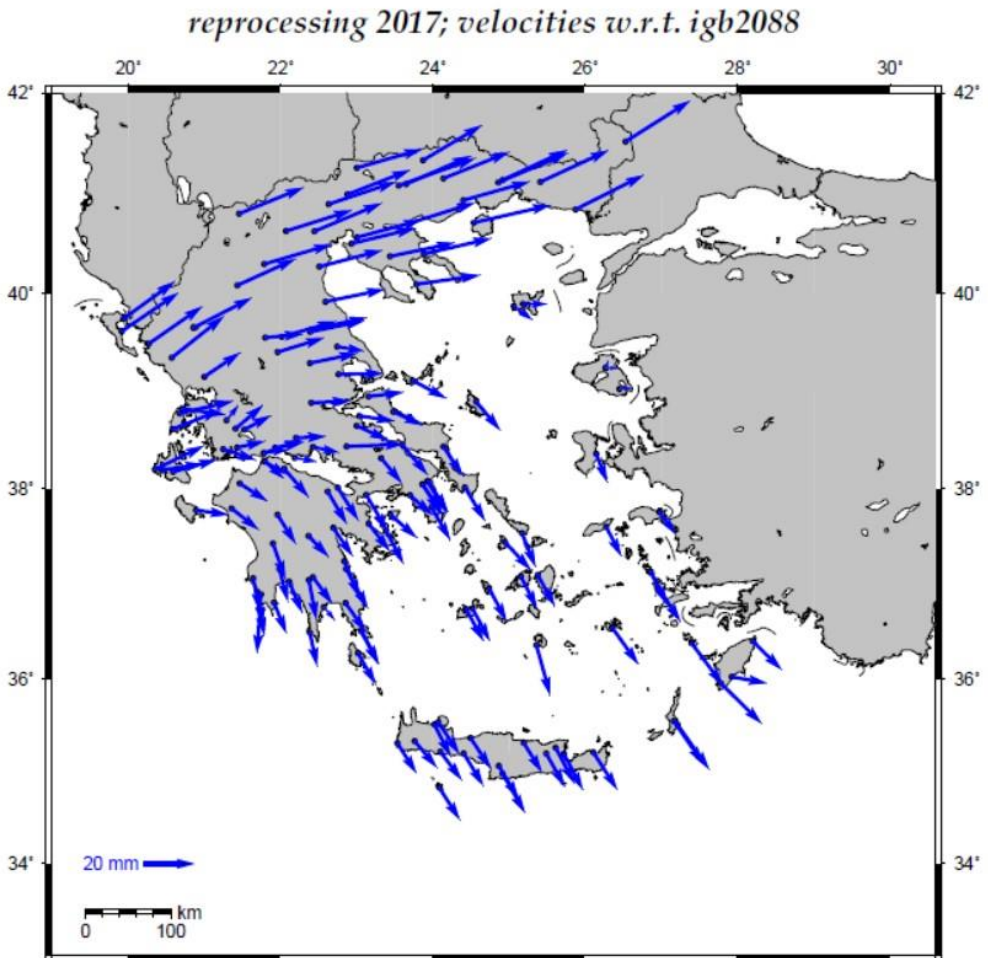


Εικόνα 7.2- 4 Χρονοσειρά θέσης STEF (Up) και μαθηματικό μοντέλο κίνησης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Ύπαρξη τεκτονικών ταχυτήτων που οριζοντιογραφικά συμφωνούν με την ευρύτερη κίνηση στον ελλαδικό χώρο. Παρατηρώντας το πρόσημο των ταχυτήτων στους άξονες North και East (οριζοντιογραφία), μπορούμε να καταλάβουμε τον προσανατολισμό κίνησης του σταθερού σταθμού στο Στεφανοβίκειο. Βάσει της παρατήρησης αυτής, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η περιοχή μας κινείται Νοτιοανατολικά, γεγονός που έρχεται σε συμφωνία με την ευρύτερη κίνηση στην περιοχή, όπως φαίνεται και στην εικόνα 8-1.



Εικόνα 8- 1 Τεκτονικές ταχύτητες όπως έχουν εκτιμηθεί από επεξεργασίες του Κέντρου Δορυφόρων Διονύσου

- Από τη μελέτη της χρονοσειράς του υψομέτρου, φαίνεται μεγάλη καθίζηση του εδάφους. Συγκεκριμένα, παρατηρείται ετήσια καθίζηση περίπου 12cm, συμπεριφορά που παρατηρήθηκε και από το Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών, αλλά και από το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο (πηγή: https://www.tanea.gr/print/2018/11/10/greece/sima-kindynou-gia-crto-stefanovikeio/).
- Ύπαρξη και στις τρεις συνιστώσες αρμονικού σήματος με περίοδο περίπου ενός έτους. Για την ακρίβεια, παρατηρείται κίνηση με πλάτος 0.001m, 0.003m και 0.026m κατά North, East και Up αντίστοιχα, με περίοδο 373 ημερών.
- Μεγάλο πλάτος παρατηρείται στην κατακόρυφη συνιστώσα, καθώς υπολογίζεται 0.026cm και είναι της τάξης μερικών εκατοστών, σε αντίθεση με τις υπόλοιπες συνιστώσες που είναι της τάξης των μερικών χιλιοστών.
- Η καθίζηση φαίνεται να επιταχύνεται τους καλοκαιρινούς μήνες με ελάχιστες τιμές ως προς το υψόμετρο προς το τέλος του καλοκαιριού. Μετά και ως την αρχή του επομένου καλοκαιριού φαίνεται μια σχετική σταθερότητα. Το γεγονός προφανώς οφείλεται στις αυξημένες ανάγκες άρδευσης τους καλοκαιρινούς μήνες και κατ' επέκταση, στην υπεράντληση των υδάτων με γεωτρήσεις εκτός του προβλεπόμενου πλαισίου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλιογραφία

- Φωτίου Α. Ι. & Πικρίδας Χ. Κ. (2012).GPS και γεωδαιτικές εφαρμογές. Θεσσαλονίκη : Ζήτη
- Dach R. & Lutz S. & Walser P. & Fridez P. (2015).Bernese GNSS Software Version 5.2 . Astronomical Institute, University of Bern .
- Dach R. & Fridez P. (2018).Bernese GNSS Software Version 5.2 .Tutorial Processing Example Introductory Course Terminal Session . Astronomical Institute, University of Bern.
- Γεώργιος – Κυριάκος Πιτσικάλης (2011). Δορυφορικές Γεωδαιτικές Μετρήσεις για την Μελέτη Μικρομετακινήσεων στην περιοχή της λίμνης Κάρλα
- Παπακώστα Ευαγγελία (2010). Υδρολογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες της υδρολογικής λεκάνης της Κάρλας και σχεδιασμός των υδάτινων πόρων.

Διαδικτυακοί τόποι

- https://el.wikipedia.org/wiki/Λίμνη_Κάρλα
- https://archive.ert.gr/61819
- http://www.fdkarlas.gr/History.aspx
- http://www.minagric.gr/ardeftika/files/results/geol/21.RESULTS_KARLA
- https://www.epncb.oma.be/
- ftp://ftp.aiub.unibe.ch/CODE/
- http://www.gein.noa.gr/
- http://geodesy.gein.noa.gr:8000/nginfo/
- https://www.skai.gr/news/environment/vouliazei-o-thessalikos-kampos-apo-tin-yperantlisi
- https://www.taxydromos.gr/E.Chanou/167739-elleimma-130-ek-k-m-neroy-sthn-karla.html
- https://www.tanea.gr/print/2018/11/10/greece/sima-kindynou-gia-crto-stefanovikeio/