

# ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΦΑΣΗ Β - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ ΠΕ2 (2015-2016)

## ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

### Συνόρθωση και διαχρονικός έλεγχος του δικτύου METRICANET με μετρήσεις GNSS.

(Κωδικός Έργου ΕΠΙΤΡ. ΕΡΕΥΝΩΝ ΑΠΘ: 92545, έναρξη 01-08-2015, διάρκεια (2) έτη, λήξη 31-7-2017)

Φορέας ανάθεσης: METRICA A.E

Ανάδοχος: ΑΠΘ - Επιστημονικός Υπεύθυνος καθηγητής Α. Φωτίου

Ερευνητική Ομάδα ΑΠΘ (Ε.Ο ΑΠΘ) : Α. Φωτίου, Δ. Ρωσσικόπουλος, Χ. Πικριδάς

**ΑΠΘ** – Πολυτεχνική Σχολή – Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών  
Τομέας Γεωδαισίας και Τοπογραφίας, Πανεπ. Θυρίδα 473  
Εργαστήριο Γεωδαιτικών Μεθόδων και Δορυφορικών Εφαρμογών  
54 124 Θεσσαλονίκη  
τηλ. 2310 996135, κιν. 6947804308  
e-mail: [afotiou@topo.auth.gr](mailto:afotiou@topo.auth.gr)

Προς  
**METRICA A.E.**  
Γκινοσάτη 88Α, Μεταμόρφωση Αττικής, Τ.Κ. 14452  
υπόψη: Διευθύνοντας Συμβούλου, κ. Ε. Σκάση  
e-mail: [e.skassis@metrica.gr](mailto:e.skassis@metrica.gr)

Σύμφωνα με τη Σύμβαση του Ερευνητικού Προγράμματος, υποβάλλεται το 2<sup>ο</sup> Παραδοτέο - Πακέτο Εργασίας (ΠΕ2) της Φάσης Β για το 1<sup>ο</sup> έτος (2015-2016).

Ειδικότερα, η παρούσα Τεχνική Έκθεση αφορά και περιλαμβάνει τα εξής:

α) τελικά αποτελέσματα της νέας συνόρθωσης (Ιούνιος 2016) του δικτύου MetricaNet (SmartNet Greece) των μόνιμων σταθμών GNSS με συντεταγμένες στα συστήματα IGS08 και HTRS07 (Heros) καθώς και ταχύτητες μετακίνησης στο σύστημα IGS08, μετά από συστηματική ποιοτική αξιολόγηση.

β) βεβαίωση πιστοποίησης της ακρίβειας θέσης και ένταξης του δικτύου στο σύστημα του Heros - HTRS07, για όλες τις τεχνικές και εφαρμογές GNSS.

## 1. Εισαγωγή

Από το Μάρτιο του 2016 μέχρι σήμερα (Ιούνιος 2016) εντάχθηκαν δύο νέοι μόνιμοι σταθμοί αναφοράς στο δίκτυο. Συγκεκριμένα εγκαταστάθηκαν ο σταθμός MURG στο Μουργκάνη Καλαμπάκας και ΜΥΚΝ στη χώρα της Μυκόνου. Επίσης, επαναλειτούργησε σε νέα θέση ο σταθμός SKP1 στην Σκόπελο καταγράφοντας και αυτός δεδομένα GPS + GLONASS. Η Ε.Ο/ΑΠΘ προχώρησε σε νέα επεξεργασία και προσδιορισμό συντεταγμένων των νεοϊδρυθέντων σταθμών του δικτύου METRICANET στο πλαίσιο αναφοράς IGS08/ITRF08 καθώς επίσης και σε ένταξή τους στο HTRS07.

Το νέο πλέον δίκτυο METRICANET, αποτελείται από ενενήντα έξι (96) σταθμούς, ενώ υπάρχει πρόβλεψη για την εγκατάσταση επιπλέον σταθμών. Η συνολική εικόνα του δικτύου όπως έχει έως σήμερα φαίνεται στο Σχήμα 1.

Η Ε.Ο ΑΠΘ προχώρησε σε νέα επεξεργασία και συνόρθωση του διευρυμένου δικτύου AUTH-METRICA, όπου χρησιμοποιήθηκαν, εκτός από τις παρατηρήσεις GPS και παρατηρήσεις GLONASS. Επίσης, πραγματοποιήθηκε η νέα ένταξη του δικτύου στο σύστημα του Heros - HTRS07. Η νέα επεξεργασία συμπεριέλαβε και τους νέους μόνιμους σταθμούς από τον Ιανουάριο μέχρι και τον Ιούνιο του 2016.

Επίσης, λόγω του επαρκούς χρονικού διαστήματος δεδομένων στους περισσότερους σταθμούς του δικτύου βελτιώθηκαν και οι ταχύτητες μετακίνησης.

Η στρατηγική της νέας ένταξης του δικτύου AUTH-METRICA στο HTRS07 έχει ως εξής:

- ❖ Οι νέοι σταθμοί αποκτούν ταχύτητες μετακίνησης μέσω κατάλληλης παρεμβολής με βάση τις ταχύτητες που η Ε.Ο. ΑΠΘ έχει επαναπροσδιορίσει στο μεγαλύτερο αριθμό σημείων του Ελλαδικού χώρου, ώστε η πρόγνωση ταχυτήτων να είναι αξιόπιστη (βλέπε και σχετικές δημοσιεύσεις/παρουσιάσεις της Ε.Ο στα διεθνή συνέδρια, IAG-2013, IUGG 2015).
- ❖ Το νέο πλέον δίκτυο AUTH-METRICA, αποτελούμενο από ενενήντα έξι (96) σταθμούς, επιλύεται αρχικά στο τρέχον διεθνές σύστημα IGS08 με τις νέες του συντεταγμένες να αναφέρονται στην **εποχή 5/06/2016** (δεδομένα παρατηρήσεων από 30-05-16 έως 12-06-16).
- ❖ Το δίκτυο AUTH-METRICA μετατίθεται χρονικά στην εποχή αναφοράς 14/10/2007HTRS07, εποχή κατά την οποία το δίκτυο του Heros επιλύθηκε στο ITRF2005, και εντάσσεται στο HTRS07. Η ένταξη πραγματοποιείται με την βοήθεια του μετασχηματισμού ομοιότητας μεταξύ του τρέχοντος δικτύου AUTH-METRICA και του αντιστοίχου παλαιότερου δικτύου (2015), με κοινά σημεία εκείνα των οποίων οι ταχύτητες είναι οι πλέον αξιόπιστες (λεπτομέρειες για τις αντιστοιχίες επιλογές έχουν δοθεί σε Τεχνικές Εκθέσεις προηγούμενων ετών).



AFYO : present present present 159F.16  
AGRI : present present present 159F.16  
ALEX : present present present 159F.16  
ANDR : present present present 159F.16  
ANKR : present present present 159F.16  
ARGO : present present present 159F.16  
ARKL : present present present 159F.16  
ARTA : present present present 159F.16  
ASTY : present present present 159F.16  
AUT1 : present present present 159F.16  
CHIO : present present present 159F.16  
DUTH : present present present 159F.16  
EDES : present present present 159F.16  
GODE : present present present 159F.16  
GOPE : present present present 159F.16  
GOUM : present present present 159F.16  
GREV : present present present 159F.16  
HALK : present present present 159F.16  
IERA : present present present 159F.16  
IGOU : present present present 159F.16  
IOAN : present present present 159F.16  
ISTI : present present present 159F.16  
ITEA : present present present 159F.16  
KAL2 : present present present 159F.16  
KALM : present present present 159F.16  
KALY : present present present 159F.16  
KARP : present present present 159F.16  
KASI : present present 159E.16 159F.16  
KAST : present present present 159F.16  
KATE : present present present 159F.16  
KAVA : present present present 159F.16  
KERK : present present present 159F.16  
KIPO : present present present 159F.16  
KLOK : present present 159E.16 159F.16  
KOMO : present present present 159F.16  
KOPA : present present present 159F.16  
KORI : present present present 159F.16  
KRDI : present present present 159F.16  
KRP1 : present present present 159F.16  
KRUM : present present present 159F.16  
KTCH : present present present 159F.16  
KYMI : present present present 159F.16  
LAMA : present present present 159F.16  
LARI : present present present 159F.16  
LEMN : present present present 159F.16  
LEPE : present present present 159F.16  
LESV : present present present 159F.16  
LFKD : present present present 159F.16  
LYGO : present present present 159F.16  
MEDI : present present present 159F.16  
MET0 : present present present 159F.16  
MILO : present present present 159F.16  
MOIR : present present present 159F.16  
MOLA : present present present 159F.16  
MORP : present present present 159F.16  
MURG : present present present 159F.16  
MYKN : present present present 159F.16  
NAXO : present present present 159F.16  
NEAB : present present present 159F.16

ORES : present present present 159F.16
ORID : present present present 159F.16
PALC : present present present 159F.16
PATR : present present present 159F.16
PAXO : present present present 159F.16
PONT : present present 159E.16 159F.16
PRKV : present present present 159F.16
PROV : present present 159E.16 159F.16
PTOL : present present present 159F.16
PUYV : present present present 159F.16
PVOG : present present present 159F.16
PYLO : present present present 159F.16
PYRG : present present present 159F.16
RETH : present present present 159F.16
RIGA : present present present 159F.16
RLSO : present present present 159F.16
RODO : present present present 159F.16
SAMO : present present present 159F.16
SANT : present present present 159F.16
SERR : present present present 159F.16
SITI : present present present 159F.16
SKP1 : present present present 159F.16
SKYR : present present 159E.16 159F.16
SMOL : present present present 159F.16
SNTR : present present present 159F.16
SPAN : present present 159E.16 159F.16
SPET : present present present 159F.16
STEF : present present present 159F.16
STRA : present present present 159F.16
SVIL : present present present 159F.16
SYRO : present present present 159F.16
THIV : present present present 159F.16
THS1 : present present present 159F.16
TRIP : present present present 159F.16
TUC2 : present present present 159F.16
VERI : present present present 159F.16
VLSM : present present present 159F.16
VOLO : present present present 159F.16
ZAKY : present present present 159F.16

**Πίνακας 1. Διαθεσιμότητα δεδομένων GNSS δικτύου MetricaNet κατά τη διάρκεια μιας ημέρας (DOY:159)**

## **2. Προσδιορισμός ταχυτήτων μετακίνησης στους μόνιμους σταθμούς του δικτύου METRICANET**

Για τον προσδιορισμό των ταχυτήτων μετακίνησης σε σταθμούς του δικτύου AUTH-METRICA με μικρό (σχετικά) χρονικό διάστημα λειτουργίας όπως για παράδειγμα στους νέους σταθμούς MURG και ΜΥΚΝ, λήφθηκαν υπόψη οι πλησιέστεροι σταθμοί που διέθεταν (προσδιορισμένες) ταχύτητες μετακίνησης και τα γεωδυναμικά/τεκτονικά χαρακτηριστικά της περιοχής που βρίσκεται ο εκάστοτε σταθμός. Σημειώνεται ότι οι ταχύτητες μετακίνησης αναφέρονται στο διεθνές

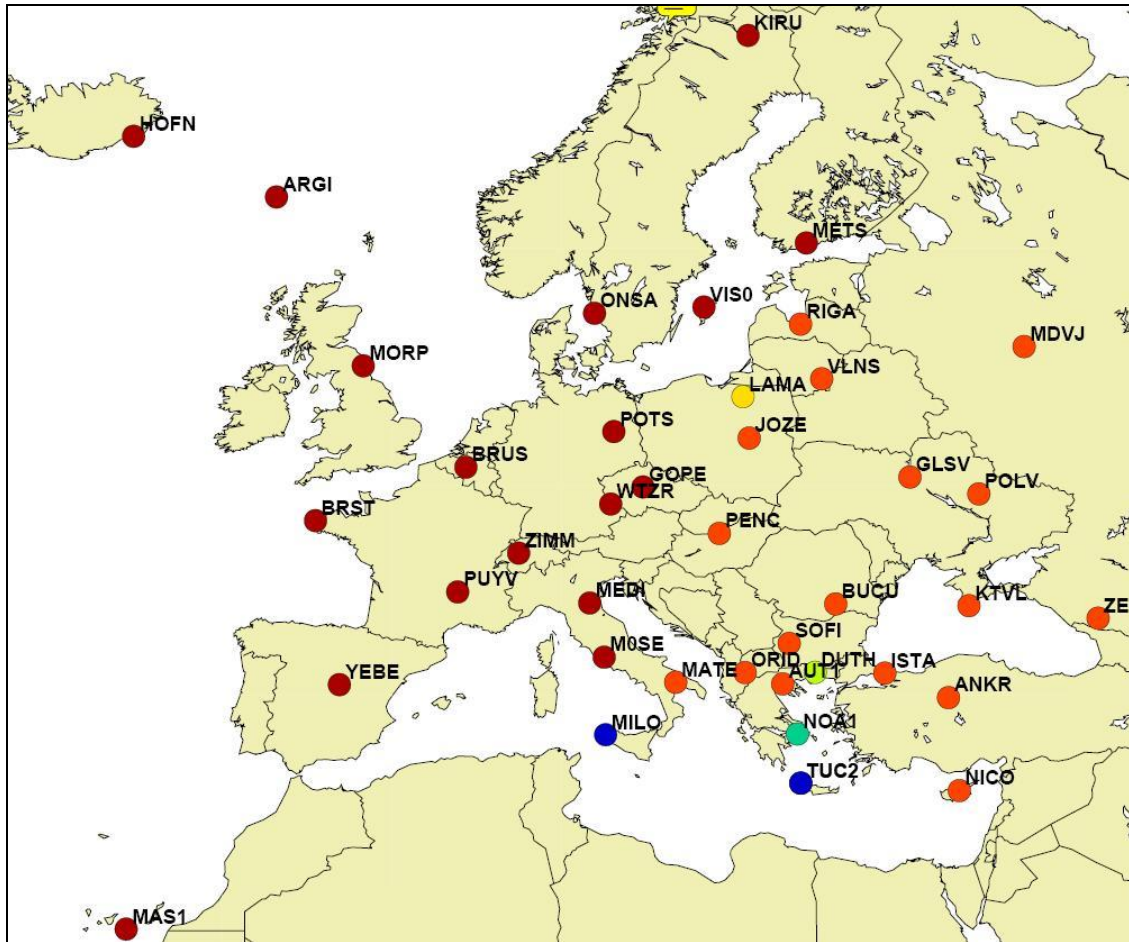
σύστημα αναφοράς IGS08 (2008). Διευκρινίζεται ότι για τον τελικό υπολογισμό των ταχυτήτων χρησιμοποιήθηκαν και οι προγενέστερες επιλύσεις του δικτύου που έχει πραγματοποιήσει η Ε.Ο.

Η εκτίμηση μικρομετακινήσεων του γήινου φλοιού απαιτεί καταρχάς παρατηρήσεις υψηλής ακρίβειας και μεγάλης διάρκειας, της τάξης των αρκετών ετών. Τα προς μελέτη δορυφορικά δεδομένα (όλων των μόνιμων σταθμών) έχουν μεγάλο όγκο και απαιτούν αρκετό υπολογιστικό φόρτο τόσο για την κάθε καθημερινή περίοδο επεξεργασίας όσο και για τον συνδυασμό όλων των περιόδων, με τελικό σκοπό την εκτίμηση των ταχυτήτων μετακίνησης. Για το λόγο αυτό η Ε.Ο ΑΠΘ έχει ομαδοποιήσει την ταυτόχρονη επεξεργασία σε επιμέρους τμήματα (Clusters) με σκοπό την αποδοτικότερη χρονική επεξεργασία με κατάλληλη αντιστοίχιση των μόνιμων σταθμών στους επιμέρους πυρήνες της κύριας μονάδας επεξεργασίας (Main Processing Unit). **Η συγκεκριμένη τεχνική επεξεργασίας εφαρμόζεται από τα κέντρα ανάλυσης του Ευρωπαϊκού δικτύου (EUREF/EPN). Από τα μέσα Σεπτεμβρίου 2014 η Ε.Ο/ΑΠΘ ξεκίνησε και συνεχίζει τη λειτουργία, του πρώτου στην Ελλάδα, πρότυπου κέντρου ανάλυσης (GNSS Analysis Center).**

Σύντομα, η Ε.ΟΑΠΘ θα μεταφέρει την επεξεργασία και κατά συνέπεια όλες τις αντίστοιχες τεχνικές σε επιμέρους Servers, που όμως θα βρίσκονται σε συνεχή επικοινωνία μεταξύ τους κάτι που θα βελτιώσει ακόμη περισσότερο τη χρονική επεξεργασία και κατ' επέκταση τη συνεχή παρακολούθηση του δικτύου.

Ενδεικτικά, στο Σχήμα 3 απεικονίζεται η ομαδοποίηση των σταθμών του δικτύου MetricaNet-SmartNet Greece κατά την διάρκεια της ταυτόχρονης επίλυσης όλου του δικτύου.



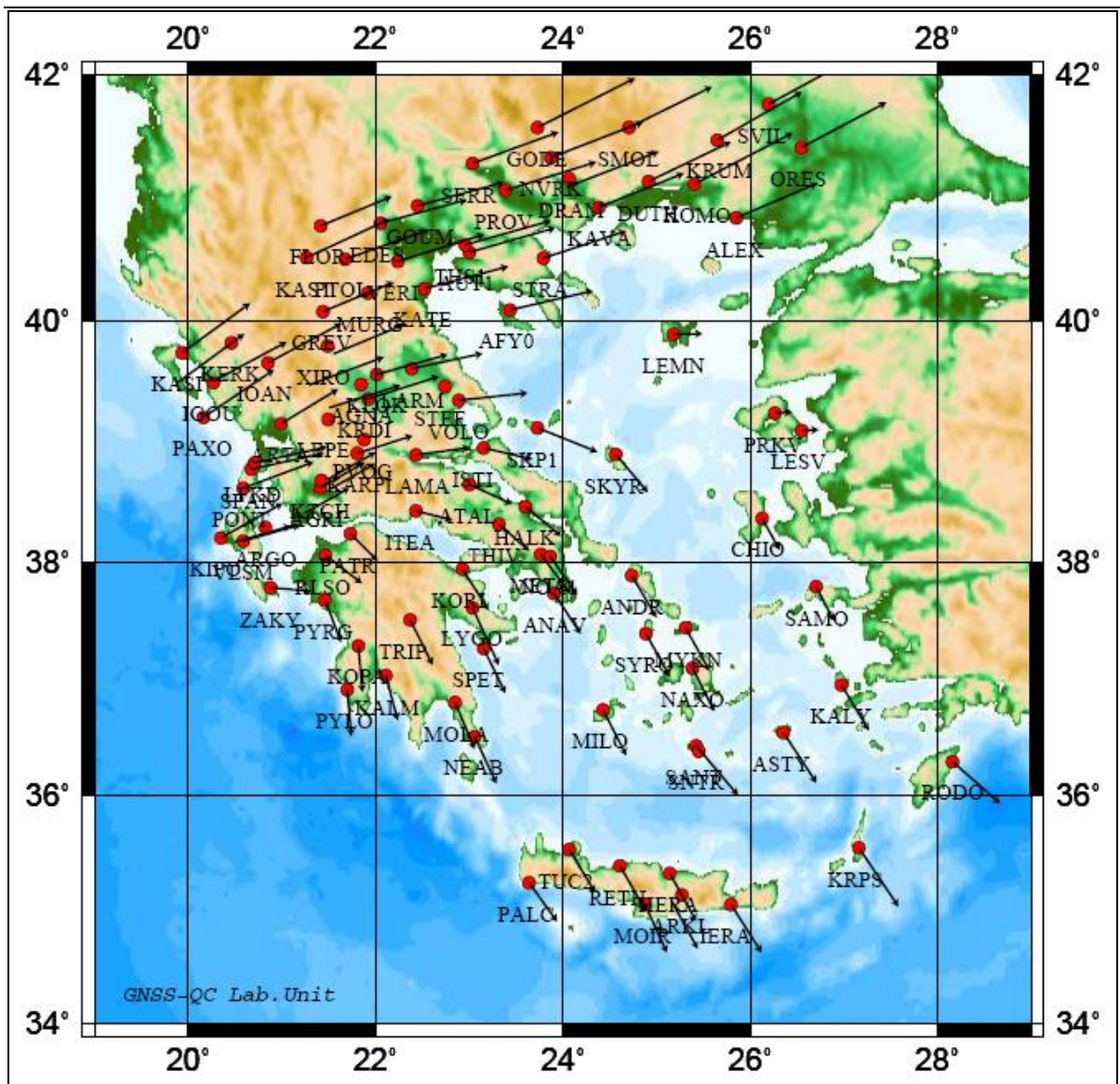


Σχήμα 4. Η ομαδοποίηση των σταθμών του δικτύου IGS και EPN/EUREF κατά την διάρκεια της ταυτόχρονης επεξεργασίας.

Στο Σχήμα 5 απεικονίζονται οι νέες ταχύτητες μετακίνησης όλων των μόνιμων σταθμών GNSS που συμμετέχουν στο δίκτυο METRICANET ως προς το σύστημα IGS08. Οι ταχύτητες μετακίνησης στο οριζόντιο επίπεδο (2-Δ) απεικονίζονται με μαύρο χρώμα. Σημειώνεται ότι για τους πρόσφατα εγκατεστημένους σταθμούς, πχ. οι σταθμοί στην Καλαμπάκα και Μύκονο, οι τιμές των ταχυτήτων προέκυψαν μέσω κατάλληλης παρεμβολής, με βάση το πεδίο ταχυτήτων που έχει προσδιορίσει και συνεχίζει να ανανεώνει η Ε.Ο ΑΠΘ.

Αξίζει να σημειωθεί ο διαφορετικός προσανατολισμός που εμφανίζουν οι σταθμοί του Ελλαδικού χώρου επιβεβαιώνοντας τον διαφορετικό τρόπο μετακίνησης. Ενώ η Βόρεια Ελλάδα ακολουθεί τη μετακίνηση της Ευρασιατικής τεκτονικής πλάκας, μέρος της Κεντρικής και κυρίως η Νότια Ελλάδα συμπεριφέρονται διαφορετικά, γεγονός σημαντικό σε σχέση με την επιλογή και διαχείριση ενός συστήματος αναφοράς.





Σχήμα 5. Οι ταχύτητες μετακίνησης των σταθμών του δικτύου METRICA στο σύστημα IGS08.

Στον Πίνακα 2, δίνονται οι ταχύτητες μετακίνησης των σταθμών, στο σύστημα αναφοράς IGS08.

LOCAL GEODETIC DATUM: IGS08

STATION NAME	VX (M/Y)	VY (M/Y)	VZ (M/Y)
--------------	----------	----------	----------

Ο Πίνακας αυτός δεν είναι δημοσιεύσιμος

Πίνακας 2. Ταχύτητες μετακίνησης των σταθμών του AUTH-METRICA στο IGS08.

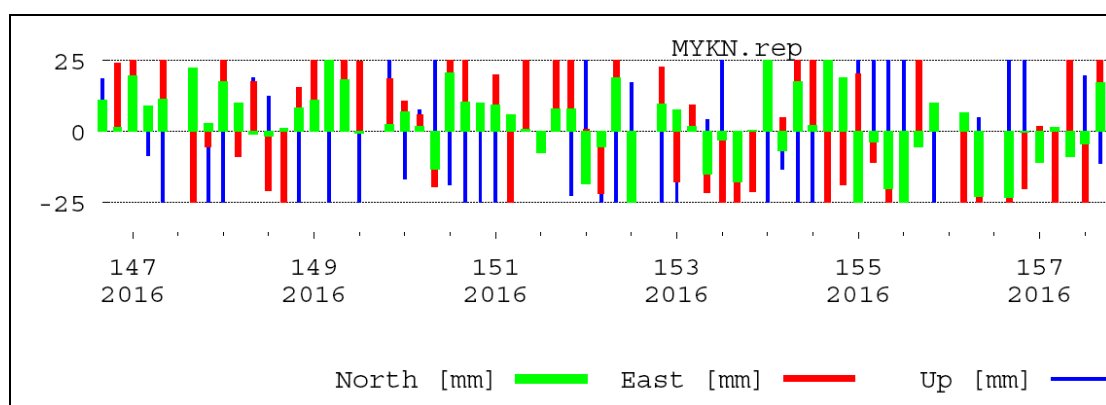
### 3. Επεξεργασία δορυφορικών δεδομένων GNSS και τελική συνόρθωση του διευρυμένου δικτύου AUTH-METRICA

Μετά τον προσδιορισμό των ταχυτήτων μετακίνησης των μόνιμων σταθμών του δικτύου AUTH-METRICA πραγματοποιήθηκε η τελική επεξεργασία και συνόρθωσή του. Για την τελική επίλυση επιλέχθηκε το χρονικό διάστημα από **30 Μαΐου 2016 μέχρι 12 Ιουνίου 2016**.

Ο αριθμός των σταθμών που πήραν μέρος στην τελική επίλυση είναι 120, εκ των οποίων αρκετοί ανήκουν και στο δίκτυο της IGS, όπως πχ., οι σταθμοί MATE, SOFI, NOT1, ORID, NICO, BUCU, ISTA, WTZR, ZIMM, ANKR, ONSA, YEBE (Σχήμα 4).

Το δίκτυο επιλύθηκε αρχικά για κάθε μια ημέρα ξεχωριστά (session solution) και στη συνέχεια επιλύθηκε/συνορθώθηκε με όλες τις περιόδους μαζί (multi-session solution), πάντα με το λογισμικό **BERNESE GPS SOFTWARE V.5.2**.

Κατά τη διαδικασία επίλυσης κάθε περιόδου (session solution) δεν παρουσιάστηκε πρόβλημα. Λεπτομέρειες για τις επιλογές παραμέτρων επίλυσης, δόθηκαν σε παραδοτέα τεύχη προηγούμενων ετών. Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας και ύστερα από τις επιμέρους επιλύσεις, η Ε.Ο παρακολουθεί και εφαρμόζει συνεχώς ποιοτικούς ελέγχους στους μόνιμους σταθμούς του δικτύου AUTH-METRICA. Στο Σχήμα 5 φαίνονται οι εκτιμήσεις των σφαλμάτων ανά συνιστώσα (N, E, U) για τον νέο μόνιμο σταθμό ΜΥΚΝ (Μύκονο), όπως προκύπτουν από τα διάφορα στάδια επίλυσης συνεχόμενων ημερών για χρονικό διάστημα δέκα ημερών. Από το επίπεδο των ορίων των σφαλμάτων γίνεται φανερό και η υψηλή ποιότητα (κάθε περίοδο) των προσδιοριζόμενων συντεταγμένων του.

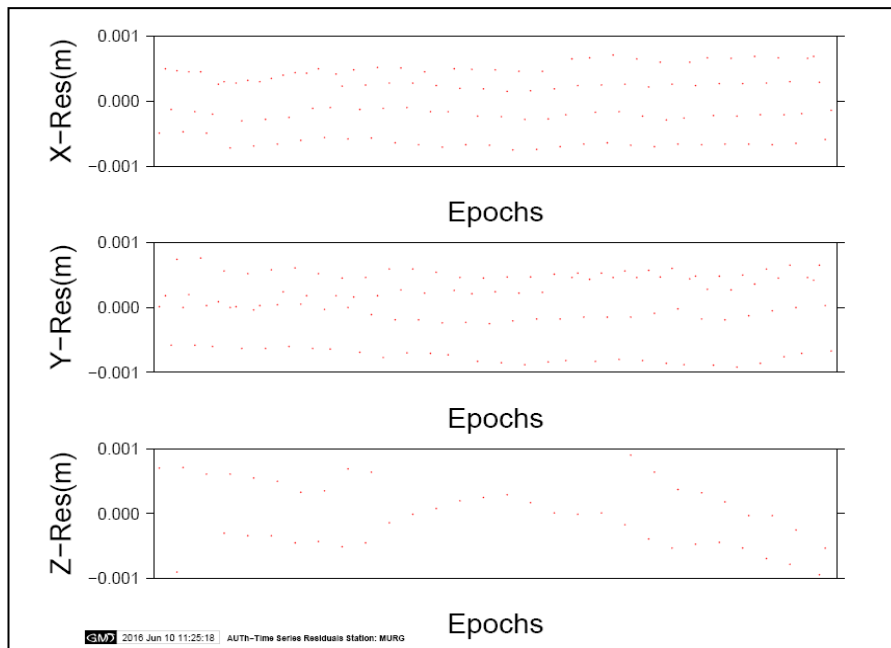


Σχήμα 5. Εκτιμήσεις σφαλμάτων (mm) κατά (N, E, U) στα στάδια επεξεργασίας του σταθμού στην Μύκονο.

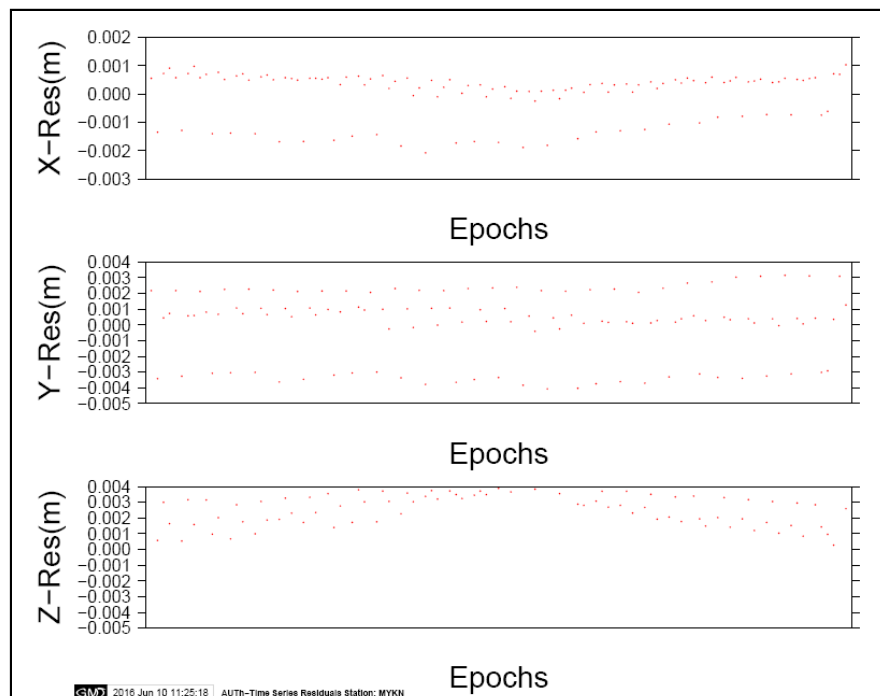
Επιπλέον, πραγματοποιείται μελέτη των χρονοσειρών των συντεταγμένων κάθε

σταθμού, με τη χρήση ειδικού αλγορίθμου που συμπεριλαμβάνει το λογισμικό Bernese (FODITS: Find Outliers and Discontinuities in Time Series). Οι έλεγχοι αυτοί επικεντρώνονται στην μελέτη σταθερότητας των συντεταγμένων αλλά και στον εντοπισμό σφαλμάτων που μπορεί να προκύψουν από διάφορες αιτίες, όπως πχ. προβλήματα στον εξοπλισμό, παρεμβολές στο δορυφορικό σήμα, αλλαγή στην ταχύτητα μετακίνησης κ.ά..

Στα Σχήματα 6 και 7 φαίνονται οι εκτιμήσεις των σφαλμάτων κατά (X, Y, Z) για τους νέους σταθμούς στην Καλαμπάκα και τη Μύκονος, όπως προκύπτουν από την ανάλυση μικρού διαστήματος χρονοσειράς (αρκετές ημέρες) δίνοντας μια ένδειξη της ποιότητας. Προσεχώς θα υπάρξει ουσιαστικότερη ανάλυση.



**Σχήμα 6. Εκτιμήσεις σφαλμάτων (m) για το σταθμό στην Καλαμπάκα.**



**Σχήμα 7. Εκτιμήσεις σφαλμάτων (m) για το σταθμό στην Μύκονο.**

Από το επίπεδο του μεγέθους των σφαλμάτων γίνεται φανερή η υψηλή ποιότητα των συντεταγμένων. Στην ίδια τάξη μεγέθους σφαλμάτων (μερικά mm) ανήκουν όλοι οι σταθμοί του δικτύου.

Η τελική συνόρθωση (multi-session solution/adjustment), πραγματοποιήθηκε με δεσμεύσεις μόνον για το σταθμό AUT1, με σκοπό την ένταξη του δικτύου στο πλαίσιο αναφοράς IGS08. Ο κύριος λόγος είναι ότι το δίκτυο του HEPOS επιλύθηκε με την ίδια δέσμευση αλλά στο ITRF05. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η βέλτιστη συμβατότητα μεταξύ των δύο δικτύων (AUTH-METRICA και HEPOS). Στον Πίνακα 3 δίνονται οι τελικές συντεταγμένες των σταθμών του δικτύου AUTH-METRICA στο σύστημα (πλαίσιο) IGS08 για την εποχή αναφοράς **5 Ιουνίου 2016**.

---

NUM STATION NAME X (M) Y (M) Z (M)

Ο Πίνακας αυτός δεν είναι δημοσιεύσιμος

**Πίνακας 3. Τελικές συντεταγμένες των σταθμών του MetricaNet στο IGS08 στην εποχή 05/06/2016.**

---

POINT	N (mm)	E (mm)	U (mm)	POINT	N (mm)	E (mm)	U (mm)
AFY0	4.2	6.4	1.3	LEPE	3.3	14.3	18.2
AGRI	2.9	0.1	9.0	LESV	1.0	5.1	5.8
ALEX	5.1	0.5	20.8	LFKD	5.4	7.0	4.5
ANDR	8.3	4.5	2.3	LYGO	3.4	0.2	4.0
ARGO	4.5	3.1	5.5	MILO	0.7	5.5	0.4
ARKL	0.1	0.9	10.1	MOIR	5.9	3.5	10.6
ARTA	0.6	0.1	4.5	MOLA	4.4	5.7	0.4
ASTY	5.4	0.9	0.2	MURG	1.3	3.7	4.1
AUT1	2.2	1.8	10.2	MYKN	1.4	0.6	10.0
CHIO	5.7	24.8	22.6	NAXO	2.9	0.6	6.8
DRAM	2.1	2.7	1.3	NEAB	1.6	2.9	3.2
DUTH	4.2	7.1	5.6	ORES	1.0	4.0	0.2
EDES	11.3	10.9	19.7	PALC	3.4	2.6	4.5
GODE	5.2	1.0	2.2	PATR	7.5	0.5	11.7
GOPE	1.4	0.5	1.8	PAXO	6.0	1.2	15.7
GOUM	2.7	4.6	2.4	PONT	0.6	0.2	0.9
GREV	1.2	6.3	1.9	PROV	3.1	0.6	6.3
HALK	4.7	5.0	1.8	PTOL	0.3	2.1	0.1
HERA	6.8	1.4	4.6	PVOG	0.9	2.6	4.4
IERA	3.5	2.9	14.6	PYLO	4.7	2.7	2.8

IGOU	0.8	2.9	3.2	PYRG	5.0	4.1	11.8
IOAN	0.4	0.5	6.4	RETH	4.2	2.2	12.7
ISTI	8.1	3.9	7.8	RLSO	2.5	1.9	3.0
ITEA	10.6	13.4	6.6	RODO	1.5	5.6	0.7
KAL1	1.3	0.7	5.5	SAMO	3.3	0.2	5.3
KAL2	2.7	0.5	2.3	SANT	1.1	2.5	5.0
KALM	6.8	3.4	2.0	SERR	2.4	7.6	1.3
KALY	0.1	4.2	10.8	SITI	0.3	1.9	6.2
KARP	7.6	8.5	8.6	SKP1	0.3	14.1	1.7
KASI	0.8	3.6	7.3	SKYR	1.5	1.6	3.6
KAST	1.4	0.4	4.3	SMOL	0.1	2.2	0.2
KATE	4.8	2.5	5.6	SPAN	0.5	3.3	0.9
KAVA	4.0	3.9	13.2	SPET	3.5	0.4	7.0
KERK	1.2	0.2	8.4	STEF	4.2	6.0	7.8
KIRU	6.5	1.4	7.2	STRA	6.3	1.7	13.0
KLOK	3.3	2.4	3.7	SVIL	1.8	0.9	29.3
KOMO	3.4	4.2	4.5	SYRO	2.6	7.0	14.2
KOPA	3.2	3.3	3.3	THIV	6.9	4.6	19.4
KORI	1.9	0.3	16.8	THS1	1.3	12.6	10.9
KRDI	0.1	2.4	4.3	TRIP	1.9	2.8	11.6
KRP1	1.0	6.8	7.8	TUC2	3.2	11.3	4.3
KRPS	7.9	0.4	10.6	VERI	1.0	9.5	3.8
KRUM	3.2	1.1	14.5	VLSM	8.4	0.6	35.2
KTCH	3.8	4.1	17.2	VOLO	3.1	5.2	7.7
KYMI	2.3	0.7	11.3	ZAKY	4.9	18.3	12.8
LAMA	3.1	3.1	2.0				
LARM	0.1	1.1	2.0				
LEMN	4.5	6.6	2.1				

**Πίνακας 4. Επαναληπτικότητες (sd's) των σταθμών του δικτύου MetricaNet από τη συνόρθωση των 14 ημερών.**

Στον Πίνακα 4 φαίνονται οι τοπικές αποκλίσεις για τις 14 ημέρες επιλύσεων του δικτύου, που εκφράζουν για το διάστημα αυτό την επαναληπτικότητα του κάθε σταθμού ή μέτρο της ακρίβειά του. Παρατηρούμε ότι το μέγεθος εν γένει δεν ξεπερνά τα 5 mm εκτός από μερικούς σταθμούς που φτάνει το 1 έως 2 cm και για δύο σταθμούς που φτάνει τα 3 περίπου cm. Οι τιμές αυτές εκφράζουν μέτρα υψηλής ακρίβειας των εκτιμήσεων των συντεταγμένων του δικτύου.

#### **4. Η ένταξη του δικτύου METRICANET στο σύστημα HTRS07 του Heros**

Για το δίκτυο AUTH-METRICA, που έχει επιλυθεί στο IGS08 και στην εποχή 05-06-2016 (Πίνακας 3), εφαρμόστηκαν οι ταχύτητες μετακίνησης όλων των σταθμών (Πίνακας 2), οπότε το δίκτυο μετατέθηκε στην εποχή 14/10/2007, εποχή που συνορθώθηκε και εντάχθηκε το δίκτυο HEPOS στο ITRF2005.

Στην συνέχεια εφαρμόστηκε ο 7- παραμετρικός μετασχηματισμός ομοιότητας (τρεις μεταθέσεις, τρεις στροφές και μία κλίμακα) μεταξύ του παλιού δικτύου AUTH-

METRICA (επίλυση 2014, HTRS07 εποχή 2007.5) και του νέου τρέχοντος δικτύου AUTH-METRICA (IGS08 εποχή 14/10/2007), προσθέτοντας και κάποιους επιπλέον σταθμούς για τους οποίους η εκτίμηση των ταχυτήτων ήταν πλέον αξιόπιστη. Στον μετασχηματισμό συμμετέχουν 37 σταθμοί (κοινά σημεία) οι οποίοι αφενός καλύπτουν ομοιόμορφα όλον τον ελλαδικό χώρο και αφετέρου χαρακτηρίζονται με υψηλής ακρίβειας ταχύτητες μετακίνησης.

Αποτέλεσμα της εφαρμογής του μετασχηματισμού είναι η βέλτιστη ένταξη του νέου τρέχοντος δικτύου AUTH-METRICA στο HTRS07. Τα αποτελέσματα του μετασχηματισμού δίνονται στον Πίνακα 5.

---

TRANSFORMATION IN EQUATORIAL SYSTEM (X, Y, Z):  
RESIDUALS IN LOCAL SYSTEM (NORTH, EAST, UP)

NUM	NAME	FLG	RESIDUALS IN MILLIMETERS		
3	ALEX	A A	-5.23	-1.92	1.20
137	ARGO	A A	1.73	-5.58	0.84
11	AUT1	A A	-1.30	-0.19	-7.03
16	DRAM	A A	-5.31	-7.53	1.88
17	DUTH	A A	0.79	1.27	-3.57
21	GODE	A A	5.77	2.57	8.55
25	HALK	A A	2.42	5.75	0.84
26	HERA	A A	1.17	1.15	-0.28
29	IGOU	A A	-1.90	0.71	4.26
33	ITEA	A A	-0.50	4.36	0.82
38	KALY	A A	-0.28	-1.18	-1.29
41	KAST	A A	0.13	2.37	2.36
43	KATE	A A	0.43	-1.75	5.75
139	KERK	A A	0.30	-2.37	-0.22
49	KORI	A A	1.65	1.17	-3.77
50	KRDI	A A	1.11	1.44	-1.65
57	LEMN	A A	3.54	-0.86	1.14
58	LESV	A A	1.26	2.09	-5.18
63	MATE	W W	0.05	-1.56	-0.19
67	MET0	A A	1.30	1.30	-0.11
70	MOIR	A A	-0.65	-2.21	-1.21
74	NEAB	A A	-0.51	1.52	-4.60
78	ORES	A A	-1.76	-3.00	-0.17
79	ORID	A A	-1.41	1.24	-6.30
80	PALC	A A	0.77	1.28	-4.41
81	PATR	A A	-0.95	-1.66	2.17
93	PYRG	A A	0.93	-4.00	2.22
97	RODO	A A	-2.25	0.78	2.41
100	SERR	A A	-1.07	1.81	-1.57
101	SITI	A A	-5.37	0.91	4.44
106	SOFI	W W	-1.47	-0.07	-4.89
110	STRA	A A	2.82	-2.87	4.58
113	THIV	A A	-2.20	-0.05	-3.83
114	THS1	A A	0.14	1.71	1.86
116	TUC2	A A	5.78	1.10	2.29
118	VERI	A A	0.55	0.99	-4.07
122	VOLO	A A	-0.65	0.98	6.73

---

	RMS / COMPONENT					
	MEAN			2.46	2.58	3.71
	MIN			-0.01	-0.01	0.00
	MAX			-5.37	-7.53	-7.03
				5.78	5.75	8.55

NUMBER OF PARAMETERS : 7  
NUMBER OF COORDINATES : 111  
RMS OF TRANSFORMATION : 3.03 MM

PARAMETERS :

TRANSLATION IN X :  
TRANSLATION IN Y :  
TRANSLATION IN Z : στοιχεία μη δημοσιεύσιμα  
ROTATION AROUND X-AXIS: - 0 0 "  
ROTATION AROUND Y-AXIS: - 0 0 "  
ROTATION AROUND Z-AXIS: - 0 0 "  
SCALE FACTOR :

**Πίνακας 5. Στοιχεία του 7--παραμετρικού μετασχηματισμού ομοιότητας μεταξύ της νέας επίλυσης (IGS08 05/06/2016) και της προηγούμενης του AUTH-METRICA στην ίδια εποχή 2007.5.**

Στον Πίνακα 6 δίνονται οι τελικές συντεταγμένες των σταθμών του AUTH-METRICANET στο πλαίσιο HTRS07 (εποχή 2007.5).

LOCAL GEODETIC DATUM:	HTRS07	EPOCH:	2007-10-14 11:59:00
NUM STATION NAME	X (M)	Y (M)	Z (M)

Ο Πίνακας αυτός δεν είναι δημοσιεύσιμος

**Πίνακας 6. Τελικές συντεταγμένες των σταθμών του AUTH-METRICA στο HTRS07 στην εποχή 2007.5.**

Σύμφωνα με τον Πίνακα 6, το rmse του μετασχηματισμού είναι **3.03 mm** και το rmse ανά συνιστώσα "North", "East" και "Up είναι **2.46 mm**, **2.58 mm** και **3.71 mm**, αντιστοίχως. Τα παραπάνω αποτελέσματα είναι πλήρως ικανοποιητικά και αναμενόμενα.

Η ακρίβεια (ποιότητα) προσδιορισμού των σταθμών του δικτύου AUTH-METRICA στο HTRS07 μπορεί να εκφραστεί επίσης από την επαναληπτικότητα (repeatability) των σταθμών χρησιμοποιώντας τις τιμές των τελευταίων ετών επίλυσης, όπως φαίνεται στον Πίνακα 7, εξαιρουμένων μερικών σταθμών που επηρεάστηκαν

σημαντικά από έντονα γεωδυναμικά φαινόμενα (σεισμοί), π.χ. περιοχή Ιονίων νήσων. Με βάση τον Πίνακα 7, επιβεβαιώνεται τόσο η υψηλή ποιότητα επίλυσης του δικτύου AUTH-METRICA όσο και η αξιοπιστία του πεδίου ταχυτήτων που έχει χρησιμοποιηθεί για τον μετασχηματισμό στην εποχή 2007.5. Η τάξη μεγέθους για τις τυπικές αποκλίσεις του Πίνακα 7 είναι 1 cm για την πλειονότητα των σταθμών και έως 2 – 2.5 cm για μερικούς μόνον σταθμούς.

Station	HTRS07 Frame		Repeatability (mm)		
	Years	ADJs	N	E	U
AFYT	3	APA	5.69	1.26	12.49
AGRI	4	APAA	4.86	14.40	13.93
ALEX	4	APAA	11.55	4.87	3.45
ANAV	3	APA	3.96	2.43	1.15
ANDR	4	APAA	4.72	3.01	14.32
ARGO	2	AA	1.22	3.95	0.59
ARKL	3	PAA	9.66	1.73	7.22
ARTA	4	APAA	16.37	9.06	17.76
ASTY	4	APAA	6.67	16.84	17.18
AUT1	4	WPAA	4.87	0.61	7.41
CHIO	4	APAA	2.64	2.31	13.14
DRAM	2	AA	3.75	5.32	1.33
DUTH	4	APAA	6.41	2.56	3.20
EDES	4	APAA	9.83	8.33	18.33
FLOR	3	APA	15.21	8.35	17.98
GODE	3	A AA	19.38	32.09	9.66
GOUM	2	AA	1.71	1.05	2.20
GREV	4	APAA	5.56	8.84	31.99
HALK	4	APAA	5.47	2.63	22.07
HERA	4	APAA	10.53	1.36	4.68
IERA	4	APAA	9.01	7.48	8.67
IGOU	4	APAA	15.77	4.77	8.34
IOAN	4	APAA	13.44	7.84	8.69
ISTI	4	APAA	9.99	6.37	16.99
ITEA	4	APAA	15.07	11.61	19.74
KAL1	2	AA	0.67	0.61	2.80
KAL2	2	AA	0.71	0.08	5.17
KALM	4	APAA	8.70	9.02	5.86
KALY	4	APAA	5.45	14.98	6.36
KARP	4	APAA	6.83	5.83	20.67
KASI	4	APAA	2.90	6.37	5.70
KAST	4	APAA	11.60	7.66	12.00
KATC	3	APA	4.25	28.53	28.06
KATE	4	APAA	2.67	1.08	6.78
KAVA	4	APAA	6.67	18.16	4.86
KERK	2	AA	0.21	1.68	0.15
KLOK	3	APA	2.23	2.48	5.40
KOMO	4	APAA	18.74	22.20	3.08
KORI	4	APAA	3.66	5.61	2.70
KRDI	4	APAA	4.23	1.60	8.98
KRPS	2	AP	19.85	26.11	25.71
KRUM	4	APAA	15.16	7.23	0.78
KTCH	2	AA	6.64	20.45	18.45



KYMI	2	AA	3.39	23.03	6.37
LAMA	4	APAA	9.81	3.37	19.63
LARM	2	A A	6.79	15.23	4.57
LEMN	4	APAA	32.22	13.38	11.00
LEPE	2	AA	4.09	13.23	13.95
LESV	2	AA	0.89	1.48	3.66
LFKD	2	AA	22.31	21.03	3.02
LYGO	2	AA	1.82	0.71	6.83
MET0	4	APAA	5.66	5.60	3.15
MILO	4	APAA	4.08	4.33	18.45
MOIR	4	APAA	9.21	4.36	8.79
MOLA	4	APAA	5.32	20.50	13.65
MURG	2	AA	0.32	0.65	2.74
NAXO	4	APAA	3.11	1.42	10.46
NEAB	4	APAA	4.05	9.00	16.77
NOA1	3	WPA	6.29	6.06	2.55
ORES	4	APAA	2.41	4.24	22.49
PALC	4	APAA	2.63	1.87	5.55
PATR	4	APAA	3.74	7.24	23.80
PAXO	4	APAA	5.53	7.44	35.66
PRKV	3	APA	5.72	3.65	8.42
PROV	4	APAA	11.77	32.46	8.23
PTOL	4	APAA	2.80	9.31	14.46
PVOG	2	AA	2.74	1.21	3.93
PYLO	4	APAA	4.98	11.99	16.82
PYRG	4	APAA	11.24	2.48	6.09
RETH	4	APAA	12.71	6.02	9.41
RLSO	3	A AA	5.48	5.47	2.59
RODO	4	APAA	1.96	3.69	21.31
SAMO	4	APAA	11.48	23.64	19.72
SANT	4	APAA	24.77	57.62	50.94
SERR	4	APAA	11.19	4.53	17.57
SITI	4	APAA	19.12	12.60	15.17
SKOP	3	APA	21.92	25.77	21.99
SKYR	4	APAA	8.52	5.77	18.54
SMOL	4	APAA	15.98	2.31	14.61
SNTR	3	APA	1.95	7.05	13.82
SPET	4	APAA	4.38	4.93	9.61
STRA	4	APAA	8.35	4.07	7.17
SVIL	4	APAA	1.42	3.99	18.60
SYRO	4	APAA	6.46	8.74	11.81
THIV	4	APAA	2.48	3.82	10.87
THS1	4	APAA	1.95	3.19	9.26
TRIP	4	APAA	8.03	8.08	22.06
TUC2	4	WPAA	2.37	2.18	0.98
VERI	3	PAA	3.40	0.90	7.26
VLSM	4	APAA	19.78	14.01	27.61
VOLO	4	APAA	7.84	12.52	24.26
ZAKY	3	PAA	20.39	19.70	18.72

-----  
**Πίνακας 7. Η επαναληπτικότητα σε mm για τους σταθμούς του δικτύου AUTH-METRICA στο σύστημα HTRS07**

## 5. Συμπεράσματα και προτάσεις

Το δίκτυο AUTH-METRICA συνορθώθηκε με δεδομένα GPS και GLONASS, δυνατότητα που παρέχει η τελευταία έκδοση Bernese v.5.2. σε συνδυασμό με περισσότερες επιλογές παραμέτρων επίλυσης. Για την επίλυση του δικτύου των εννενήντα έξι (96) σταθμών του ελλαδικού χώρου, χρησιμοποιήθηκαν και αρκετοί σταθμοί της EUREF και της IGS, σύμφωνα με τις διεθνείς προδιαγραφές. Η ποιότητα όπως εκφράζεται από την επαναληπτικότητα των 14 ημερών επίλυσης είναι της τάξης του 0.5 - 1 cm (τυπικές αποκλίσεις).

Από την προηγούμενη επίλυση-συνόρθωση του δικτύου (2015) νέοι σταθμοί ιδρύθηκαν ενώ τρεις σταθμοί τοποθετήθηκαν σε νέες θέσεις. Το σύνολο των σταθμών που πήραν μέρος στη συνόρθωση ξεπέρασε τους 100, φτάνοντας τους 120. Αναμένεται η εγκατάσταση επιπλέον μόνιμων σταθμών.

Η ακρίβεια της ένταξης του δικτύου στο σύστημα HTRS07 του Herpos, όπως εκφράζεται από το rmse του μετασχηματισμού, εκτιμήθηκε στο επίπεδο των 3 mm.

Τα μέτρα ακρίβειας σε σύγκριση με τα αντίστοιχα προηγούμενων λύσεων είναι πλήρως συμβατά. Σημειώνεται ότι με την προσθήκη και δεδομένων GLONASS, τα τελευταία χρόνια, αυξάνεται συνεχώς η αξιοπιστία της τρέχουσας λύσης και των αντιστοιχών μέτρων ακρίβειας, ιδιαίτερα για τις εφαρμογές RTK.

Οι τελικές συντεταγμένες των μόνιμων σταθμών του νέου δικτύου AUTH-METRICANET στο HTRS07 μεταβλήθηκαν μέσα σε ένα χρόνο λιγότερο από είκοσι χιλιοστά (<20 mm), όπως αναμένεται με βάση το πεδίο ταχυτήτων, εκτός από ορισμένους σταθμούς όπως της Σαντορίνης και της Λευκάδας, που μεταβλήθηκαν αρκετά εκατοστά εξαιτίας της έντονης σεισμικής δραστηριότητας στις εν λόγω περιοχές.

Το δίκτυο των μόνιμων σταθμών χρειάζεται συνεχή παρακολούθηση και επίλυση ανά τακτά χρονικά διαστήματα, τουλάχιστον ετήσια. Ο μεγαλύτερος χρόνος λειτουργίας των σταθμών και η πύκνωση του δικτύου στο μέλλον, προσφέρει τη δυνατότητα για περαιτέρω βελτίωση του πεδίου ταχυτήτων και περισσότερο αξιόπιστα αποτελέσματα.

Οι έλεγχοι ποιότητας προσδιορισμού θέσης του δικτύου MetricaNet (SmartNet Greece) με βάση όλες τις τεχνικές πραγματικού χρόνου - NRTK και μετέπειτα επεξεργασίας (post processing), οι οποίοι διαρκώς πραγματοποιούνται, δίνουν ακριβή και αξιόπιστα αποτελέσματα, πλήρως συμβατά με το σύστημα HTRS07 του δικτύου Herpos.