

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ 1ης ΗΜΕΡΙΔΑΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

Τετάρτη, 25 Ιανουαρίου 2012

ΤΟΠΟΣ: Αμφιθέατρο «Ιωάννης Δρακόπουλος», ΕΚΠΑ, Πανεπιστημίου 30, Αθήνα

09:00 – 09:30 Χαιρετισμοί Φορέων

09:30-11:30 Ενότητα: Έρευνα – χαρτογράφηση της τεκτονικής παραμόρφωσης στο
Ελληνικό τόξο

Προεδρείο: Καθ. Δ. ΠΑΡΑΔΕΙΣΗΣ

ENGLAND, P. (Παν. Οξφόρδης): A Century of Tectonic Geodesy in
Greece

ΓΑΛΑΝΗΣ, Ι. (ΕΜΠ): Η εμπειρία 50 χρόνων στο πεδίο της Τεκτονικής
Γεωδαισίας

ΓΚΑΝΑΣ, Α. (ΕΑΑ): Ανάλυση χρονοσειρών και εκτίμηση τεκτονικών
ταχυτήτων από δεδομένα μόνιμων σταθμών GPS (2007-2011) στην
Κεντρική – Δυτική Ελλάδα.

ΣΑΚΚΑΣ, Β. (ΕΚΠΑ): Διαφορικές Μετρήσεις GPS και Συμβολομετρία
Σταθερών Ανακλαστήρων στην Μελέτη Εδαφικής Παραμόρφωσης
Κεφαλληνίας και Ζακύνθου

ΒΛΑΧΟΥ, Κ. (ΕΚΠΑ): Διαφορικές Μετρήσεις GPS στην Περιοχή του
Πατραϊκού Κόλπου

ΓΙΑΝΝΙΟΥ, Μ. (ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ): Παρακολούθηση τεκτονικών
παραμορφώσεων μέσω του Ελληνικού Συστήματος Εντοπισμού HEPOS

Διάλειμμα 11:30 - 11:45

11:45-13:45 Ενότητα: Χρήση δεδομένων GPS σε πραγματικό χρόνο - Εφαρμογές
στον σχεδιασμό και προστασία

Προεδρείο: Καθ. Σ. ΜΕΡΤΙΚΑΣ

ΣΤΕΙΡΟΣ, Ε. (ΠΑΤΡΑ): Μέτρηση, ανάλυση και ερμηνεία μόνιμων και
δυναμικών σεισμικών, τεκτονικών και ηφαιστειακών κινήσεων του
εδάφους με γεωδαιτική μεθοδολογία

ΠΙΚΡΙΔΑΣ, Χ. (ΑΠΘ): Γεωδαιτικές μέθοδοι ελέγχου των
μικρομετακινήσεων του γήινου φλοιού με χρήση δεδομένων μόνιμων
σταθμών GNSS



ΓΚΑΝΑΣ, Α. (ΕΑΑ): Γεωδυναμική εφαρμογή της μεθόδου PPP σε δεδομένα 1-s μόνιμων σταθμών GNSS στο Ιόνιο πέλαγος.

ΠΑΡΑΔΕΙΣΗΣ, Δ. (ΕΜΠ): Evaluation of Santorini's recent activity via a comparison of space and terrestrial geodetic techniques; Preliminary results.

PARKS, M (Παν. Οξφόρδης): Renewed activity beneath Nea Kameni, Santorini volcano (Greece), identified from InSAR analysis and soil gas CO² flux measurements

ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, Γ. (ΕΑΑ) Ανασκόπηση αποτελεσμάτων και μελλοντικές προοπτικές της εφαρμογής τεκτονικής γεωδαισίας στην Ελλάδα

Διάλειμμα 13:45 - 14:00

14:00 – 15:20
Προεδρείο:

Ενότητα: Εξελίξεις σε θέματα GNSS στον Ελλαδικό Χώρο
Καθ. Ε. ΛΑΓΙΟΣ

ΜΕΡΤΙΚΑΣ, Σ. (ΜΟΠ-ΚΡΗΤΗ): Το δίκτυο μόνιμων γεωδαιτικών σταθμών GNSS στην Δ. Κρήτη

ΑΜΠΑΤΖΙΔΗΣ, Δ. (ΑΠΘ): Η ανάγκη υλοποίησης ενός Βέλτιστου Γεωδαιτικού Συστήματος Αναφοράς στον Ελλαδικό χώρο:

Ανοιχτά ζητήματα και προτάσεις

ΣΚΑΣΣΗΣ, Ε. (ΜΕΤΡΙΚΑ): SmartNet Greece

ΝΤΕΡΜΑΡΗΣ Α. (IQSOFT): Παρακολούθηση Κατολίσθησης περιοχής Μουζακαίων Δήμου Ιωαννιτών

ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Δρ Α. ΓΚΑΝΑΣ, Γεωλόγος, Κύριος Ερευνητής ΓΕΙΝ/ΕΑΑ, Μέλος ΔΣ ΟΑΣΠ

Δρ Σ. ΛΑΛΕΧΟΣ, Γεωλόγος, Προϊστάμενος Τμ. Σεισμοτεκτονικής ΟΑΣΠ

Β. ΑΒΡΑΜΕΑ, Γεωλόγος MSc, ΟΑΣΠ, Τμ. Σεισμοτεκτονικής

Μ. ΜΑΝΟΥΣΑΚΗ, Γεωλόγος ΟΑΣΠ, Τμ. Σεισμοτεκτονικής

ΠΕΡΙΛΗΨΕΙΣ ΕΙΣΗΓΗΣΕΩΝ



Οργανισμός Αντισεισμικού
Σχεδιασμού & Προστασίας

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο : Η εμπειρία 50 χρόνων στο πεδίο της Τεκτονικής Γεωδαισίας

Γαλάνης Ι. Ζαχαρής Ε., Ζησόπουλος Α., Μαρίνου Α., Παραδείσης Δ.,
Ραπτάκης Κ.

Το Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου και το Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου δραστηριοποιούνται ερευνητικά από την δεκαετία του 1960 στο πεδίο της Δορυφορικής Γεωδαισίας με παρατηρήσεις δορυφόρων με την φωτομηχανή Baker-Nunn και συστήματα LASER, όμως τα τελευταία 30 αυτά χρόνια έχουν στραφεί στα συστήματα GNSS. Όλη αυτή τη χρονική περίοδο τα Εργαστήρια έχουν παρακολουθήσει και αξιοποιήσει όλες τις εξελίξεις της διαστημικής τεχνολογίας εφαρμόζοντας τις με σκοπό την μελέτη της παραμόρφωσης του στερεού φλοιού της γης .

Σε συνεργασία με διάφορα Πανεπιστήμια και ερευνητικούς φορείς από το εξωτερικό και το εσωτερικό έχουν ιδρυθεί μη μόνιμα και μόνιμα δίκτυα GPS στις πιο σεισμογενείς περιοχές της χώρας (Κορινθιακός, Ελληνικό Τόξο, κλπ) για την παρακολούθηση και εκτίμηση της τεκτονικής δραστηριότητας.

Μεγάλη ερευνητική προσπάθεια γίνεται και στο συνδυασμό των αποτελεσμάτων που δίνει η δορυφορική γεωδαισία με τις εξελίξεις στην τηλεπισκόπηση και συγκεκριμένα στην μέθοδο σταθερών σκεδαστών PSInSAR.

Παράλληλα τον τελευταίο καιρό γίνεται προσπάθεια επέκτασης ενός ήδη εκτεταμένου δικτύου παλιρροιογράφων σε σημεία ενδιαφέροντος ταυτόχρονα με γεωδαιτικούς δορυφορικούς σταθμούς, ώστε να είναι εφικτή η ακριβής μέτρηση της μεταβολής της μέσης στάθμης της θάλασσας στο Αιγαίο πέλαγος. Με αυτές τις μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο θα είναι εφικτή η διερεύνηση κινδύνου σε περίπτωση μεγάλου σεισμού για την πρόκληση σεισμικού κύματος (τσουνάμι) μεγάλης έντασης που ενδεχομένως μπορεί να δημιουργήσει καταστροφές στις παράκτιες περιοχές.

Σκοπός των Εργαστηρίων είναι η συντήρηση και η επέκταση των δικτύων καθώς και η συνεχής επεξεργασία όλων των διαθέσιμων δεδομένων με τα πλέον σύγχρονα πακέτα επεξεργασίας, έτσι ώστε να είναι διαθέσιμα τοπικά, αλλά και συνολικά για τον Ελλαδικό Χώρο αξιόπιστα πεδία ταχυτήτων και εκτιμήσεις για την παραμόρφωση που σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα από άλλα επιστημονικά πεδία μπορούν να βοηθήσουν στην εκτίμηση για τον κίνδυνο μεγάλων σεισμών σε συγκεκριμένες περιοχές.

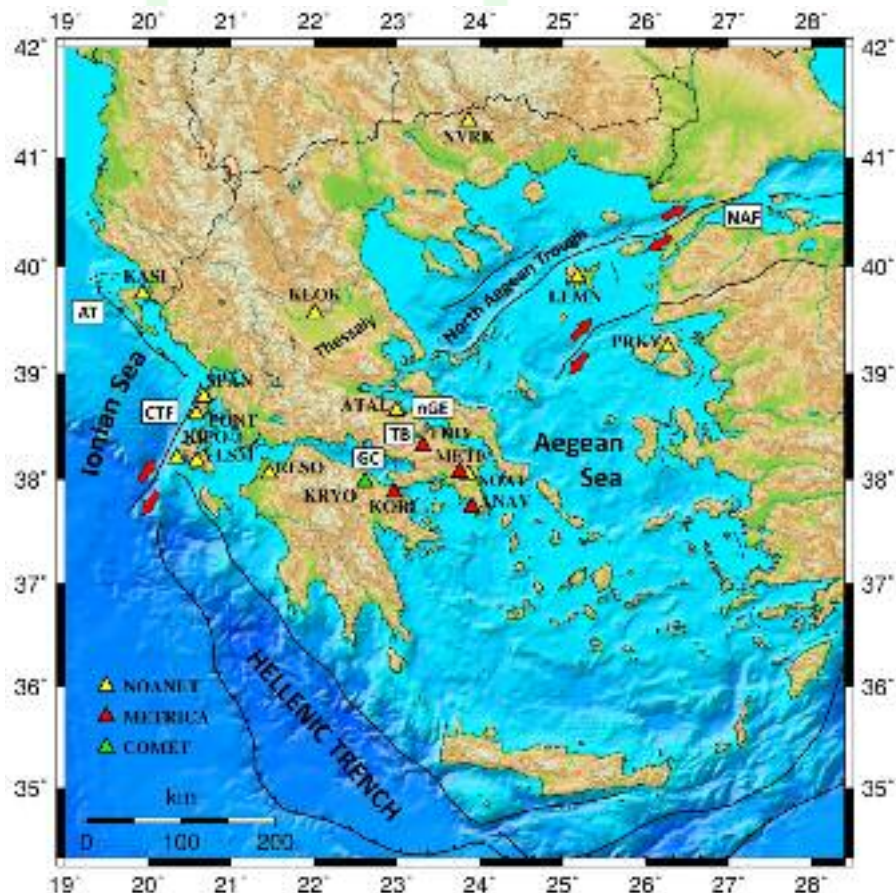
ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΑΠΟ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΜΟΝΙΜΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ GPS (2007-2011) ΣΤΗΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗ – ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ.

Αθανάσιος Γκανάς, Κωνσταντίνος Χουσιανίτης, Γεώργιος Δρακάτος, Μάριος Παπανικολάου, Παναγιώτης Αργυράκης, Κων/νος Μακρόπουλος

Γεωδυναμικό Ινστιτούτο, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Λόφος Νυμφών, Θησείο, 118 10 Αθήνα, aganas@noa.gr

Περίληψη

Αναλύσαμε ημερήσια δεδομένα 30-s από 15 μόνιμους σταθμούς GPS της Κεντρικής και Δυτικής Ελλάδας για το χρονικό διάστημα 2007-2011. Τα αποτελέσματα περιλαμβάνουν χρονοσειρές μετατοπίσεων για όλους τους σταθμούς, οι οποίες φανερώνουν την ύπαρξη ετήσιων και ημι-ετήσιων περιοδικών σημάτων τα οποία έχουν προστεθεί στη γραμμική τεκτονική κίνηση των σταθμών. Τα σήματα αυτά υπολογίστηκαν για όλους τους μόνιμους σταθμούς που αναλύθηκαν, καθώς εάν δεν ληφθούν υπόψη είναι δυνατό να επηρεάσουν το τελικό αποτέλεσμα της ταχύτητας που προκύπτει από τις χρονοσειρές. Η περιοδικότητα οφείλεται στην αλλαγή σχήματος του πλανήτη με μέγιστο απομάκρυνσης στην μεν κατακόρυφο κάθε Σεπτέμβριο στον δε άξονα Βορρά - Νότου κάθε Απρίλιο. Η τεκτονική κίνηση αυξάνει από Βορρά προς Νότο σε συσχέτιση με τις μεγάλες, ενεργές γεωλογικές δομές (Νότια Θεσσαλία, Ευβοϊκός, Κορινθιακός) και σταθεροποιείται στην περιοχή της Βόρειας Πελοποννήσου - Αττικής. Ο ρυθμός έκτασης των αποστάσεων μεταξύ των σταθμών υπολογίστηκε μεταξύ 0,63 - 4,68 mm/yr σε τομή Β-Ν, σε συμφωνία με τα γεωλογικά δεδομένα για τις ταχύτητες ολίσθησης των ρηγμάτων στην Κεντρική Ελλάδα.



Διαφορικές Μετρήσεις GPS και Συμβολομετρία Σταθερών Ανακλαστήρων στην Μελέτη Εδαφικής Παραμόρφωσης Κεφαλληνίας και Ζακύνθου

Βασίλειος Σακκάς

Τομέας Γεωφυσικής – Γεωθερμίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Πανεπιστημιούπολις-Ιλίσια, Αθήναι 156 84.

Μελέτη εδαφικής παραμόρφωσης τη χρήση διαφορικών μετρήσεων GPS (DGPS) και Συμβολομετρίας Σταθερών Ανακλαστήρων (PSInSAR) πραγματοποιήθηκαν στις νήσους Κεφαλληνίας και Ζακύνθου για την περίοδο 1992-2010. Στην Κεφαλληνία οι διαφορικές μετρήσεις GPS για την χρονική περίοδο 2001-2010 έδειξαν μια κυκλική περιστροφή της νήσου ως προς τον Αίνο, και με ταχύτητα κυμαινόμενη μεταξύ 3 και 8 χιλ./έτος. Τα μεγαλύτερα ανύσματα οριζόντιας ταχύτητας εμφανίστηκαν στο νότιο και δυτικό τμήμα της νήσου. Το πεδίο τάσεων το οποίο υπολογίσθηκε από την οριζόντια συνιστώσα την εδαφικής παραμόρφωσης ανέδειξε ισχυρές συμπιεστικές τάσεις στο νοτιοδυτικό και δυτικό τμήμα της νήσου, και εφελκυσμό στο βόρειο τμήμα. Αναφορικά με την κατακόρυφη συνιστώσα της εδαφικής παραμόρφωσης, οι μετρήσεις GPS σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα της Συμβολομετρίας Σταθερών Ανακλαστήρων ανέδειξαν δύο περιόδους παραμόρφωσης: (i) κατά την πρώτη περίοδο (1992-2003) εμφανίζεται μια ελαφρά γραμμική καθίζηση (≈ 1 χιλ./έτος) η οποία είναι συμβατή με την αναμενόμενη νεοτεκτονική κίνηση της περιοχής, (ii) η δεύτερη περίοδος (2003 έως 2010) χαρακτηρίζεται από έντονη εδαφική ανύψωση (2-4 χιλ./έτος) κυρίως στο νότιο και νοτιοδυτικό τμήμα, ενώ ισχυρότερη ανύψωση στο δυτικό μέρος (>4 χιλ./έτος). Η μελέτη της τυπικής απόκλισης του πεδίου ταχυτήτων των σταθερών ανακλαστήρων ανέδειξε την μη-γραμμικότητα της εδαφικής παραμόρφωσης την περίοδο 2003-2008, ενώ η μελέτη του πεδίου επιτάχυνσης κατέδειξε επιταχυνόμενο ρυθμό ανύψωσης στο νοτιο-δυτικό τμήμα και επιβραδυνόμενο ρυθμό ανύψωσης στο δυτικό τμήμα της Κεφαλληνίας. Η μη-γραμμική ανυψωτική εδαφική κίνηση από ανάλυση των χρονοσειρών των σταθερών ανακλαστήρων φαίνεται ότι άρχισε στα μέσα του 2005, με αυξημένο ρυθμό στο νότιο τμήμα και ελαττούμενο ρυθμό στο δυτικό άκρο της νήσου, όπως προέκυψε και από το πεδίο επιτάχυνσης. Το άνυσμα της παρατηρούμενης εδαφικής παραμόρφωσης μπορεί να θεωρηθεί ότι περιγράφει μια ευρύτερη παραμόρφωση του ανώτερου στερεού φλοιού στην περιοχή, η οποία είναι συμβατή με το φαινόμενο της διασταλτικότητας σε μια περιοχή του Ελλαδικού Χώρου, όπου κατά το παρελθόν έλαβαν χώρα ισχυροί σεισμοί.

Μελέτη της εδαφικής παραμόρφωσης στην Ζάκυνθο με DGPS για ένα μικρό χρονικό διάστημα (2005-2006) ανέδειξαν την έντονη παραμόρφωση του νοτίου τμήματος της νήσου λόγω της σεισμικής έξαρσης που παρατηρήθηκε στην περιοχή κατά την περίοδο Απρίλιο 2006. Το πεδίο τάσεων που προσδιορίσθηκε επιβεβαίωσε τις εφελκυστικές τάσεις στο νότιο τμήμα. Η χρήση Συμβολομετρίας Σταθερών Ανακλαστήρων για τις περιόδους 1992-2000 και 2003-2010 αποκάλυψε μια μεταστροφή της κατακόρυφης συνιστώσας από ελαφριά καθίζηση (-1 χιλ./έτος) σε ελαφριά ανύψωση (+1 χιλ./έτος), κατά τις δύο αυτές περιόδους, με το άνυσμα να αυξάνει στο νότιο τμήμα της νήσου, ακολουθώντας και την παρατηρούμενη αύξηση της σεισμικότητας στην περιοχή. Η μελέτη της τυπικής απόκλισης του πεδίου ταχυτήτων σταθερών ανακλαστήρων ανέδειξε την μη-γραμμικότητα της ανυψωτικής εδαφικής παραμόρφωσης η οποία έχει πολύ μικρότερο ρυθμό συγκριτικά με ότι παρατηρείται στην Κεφαλληνία.

Διαφορικές Μετρήσεις GPS στην Περιοχή του Πατραϊκού Κόλπου

Κωνσταντίνα Βλάχου

Τομέας Γεωφυσικής – Γεωθερμίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Πανεπιστημιούπολις-Ιλίσια, Αθήναι 156 84.

Δίκτυο δέκα σταθμών GPS το οποίο εκτείνεται στην ευρύτερη περιοχή του Πατραϊκού Κόλπου εγκαταστάθηκε το 1994 για την μελέτη της εδαφικής παραμόρφωσης σε τοπική και ευρύτερη κλίμακα. Το δίκτυο επαναμετρήθηκε τρεις φορές το 1994, 2006 και 2011. Ένα δεύτερο τοπικό δίκτυο εγκαταστάθηκε στην περιοχή του Ρίου-Αντιρρίου το 2008 για την μελέτη της παραμόρφωσης εκατέρωθεν της εκεί γέφυρας.

Διαφορική ανάλυση των μετρήσεων GPS των δύο δικτύων ανέδειξε την διάνοιξη του Πατραϊκού Κόλπου με μια μέση ταχύτητα 10 χιλ/έτος καθώς και την ανύψωση του νοτίου τμήματος σε σχέση με το βόρειο τμήμα του κόλπου το οποίο καθιζάνει. Η παρατηρηθείσα διάνοιξη του Πατραϊκού Κόλπου συμφωνεί με παλαιότερες μελέτες και μπορεί να αποδοθεί στην αριστερόστροφη περιστροφή της Πελοποννήσου σε σχέση με την Στερεά Ελλάδα ως προς άξονα ο οποίος διέρχεται από τον Σαρωνικό Κόλπο. Το πεδίο τάσεων το οποίο υπολογίστηκε από την οριζόντια συνιστώσα του πεδίου ταχυτήτων κατέδειξε τον ισχυρό εφελακυσμό στο δυτικό τμήμα του κόλπου που βαίνει μειούμενος προς τα ανατολικά όπου εμφανίζονται και συμπιεστικές τάσεις.

GPS σταθμός συνεχούς καταγραφής (με συχνότητα 1 Hz) εγκαταστάθηκε και λειτουργεί στην περιοχή του Ριόλου από το 2006. Αυτόματη ανάλυση των ημερήσιων δεδομένων με την χρήση του λογισμικού Bernese Processing Engine προσδιόρισε την κατακόρυφη και οριζόντια συνιστώσα του ανύσματος της εδαφικής παραμόρφωσης κατά το διάστημα 2006-2011. Η γεινίαση του σταθμού με το επίκεντρο του σεισμού της Ανδραβίδας το 2008 ($M_w=6,4$) είχε ως αποτέλεσμα την λεπτομερή καταγραφή της συν- και μετα-σεισμικής παραμόρφωσης της περιοχής. Η ανάλυση της χρονοσειράς των συντεταγμένων του σταθμού κατέδειξε την έντονη μετατόπιση της βόρειας συνιστώσας κατά 10 χιλ., η οποία είναι συμβατή με την δεξιόστροφη κίνηση του ενεργοποιημένου ρήγματος, επιβεβαιώνεται δε και από τον μηχανισμό γένεσης του σεισμού, και αντιπροσωπεύει την γνωστή τεκτονική κινήματι της περιοχής.

Σχεδιασμού & Προστασίας

Παρακολούθηση τεκτονικών παραμορφώσεων μέσω του Ελληνικού Συστήματος Εντοπισμού HEPOS

Γιαννίου Μιχάλης
ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το Ελληνικό Σύστημα Εντοπισμού (HEPOS: HEllenic POsitioning System) παρέχει υπηρεσίες προσδιορισμού θέσης αξιοποιώντας το παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα εντοπισμού GPS. Το HEPOS αποτελείται από ένα δίκτυο μόνιμων δορυφορικών σταθμών αναφοράς, κατανεμημένων σε ολόκληρη τη χώρα. Οι μετρήσεις των σταθμών αυτών συγκεντρώνονται σε πραγματικό χρόνο στο Κέντρο Ελέγχου του συστήματος, όπου γίνεται η επεξεργασία τους.

Το HEPOS αξιοποιεί δικτυακές τεχνικές, όπως VRS, FKP και MAC, οι οποίες στηρίζονται στη μοντελοποίηση των σφαλμάτων για να αυξήσουν την ακρίβεια και την αποδοτικότητα του εντοπισμού. Προϋπόθεση για την αξιόπιστη μοντελοποίηση των σφαλμάτων αποτελεί η γνώση των συντεταγμένων των σταθμών αναφοράς με τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια. Τα έντονα τεκτονικά φαινόμενα του Ελλαδικού χώρου προκαλούν μεταβολές των συντεταγμένων των σταθμών, οι οποίες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Η ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε. στο πλαίσιο διαχείρισης του HEPOS, παρακολουθεί σε μόνιμη βάση τις συντεταγμένες των σταθμών του συστήματος από τα τέλη του 2007, οπότε ξεκίνησε η λειτουργία του συστήματος.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της διαχρονικής παρακολούθησης των σταθμών του δικτύου του HEPOS, από την ανάλυση των οποίων προκύπτει μία λεπτομερής περιγραφή του σύνθετου πεδίου τεκτονικών παραμορφώσεων του Ελλαδικού χώρου.

Ο.Α.Σ.Π.
Οργανισμός Αντισεισμικού
Σχεδιασμού & Προστασίας

Μέτρηση, ανάλυση και ερμηνεία μόνιμων και δυναμικών σεισμικών, τεκτονικών και ηφαιστειακών κινήσεων του εδάφους με γεωδαιτική μεθοδολογία

Στάθης Στείρος

Εργαστήριο Γεωδαισίας Τμ. Πολιτικών Μηχανικών Παν. Πατρών

Η ανάπτυξη της σύγχρονης σεισμολογίας ως θεωρίας ελαστικής παραμόρφωσης και θραύσης βασίστηκε στις γεωδαιτικές παρατηρήσεις του σεισμού Σαν Φρανσίσκο του 1906, αλλά μέχρι τη γενίκευση του GPS, οι σεισμοτεκτονικές-ηφαιστειολογικές γεωδαιτικές παρατηρήσεις με συμβατικά όργανα παρέμειναν συνήθως τοπικές και ευκαιριακές για σχεδόν ένα αιώνα. Στην Ελλάδα για την περίοδο αυτή είναι διαθέσιμα γεωδαιτικά στοιχεία τοπικής και ευρύτερης κλίμακας που επιτρέπουν προσομοίωση σεισμικών παραμορφώσεων (πχ σεισμοί Θεσσαλονίκης 1978, Αλμυρού 1980) και εκτίμηση της παραμόρφωσης σε ημι-περιφερειακή κλίμακα για το διάστημα 1890-1960 με βάση κυρίως μετρήσεις της ΓΥΣ, και την αναγνώριση επεισοδίου μικρής κλίμακας διόγκωσης της καλδέρας της Σαντορίνης.

Η εκτεταμένη χρήση του GPS περίπου από το 2000 (κυρίως μέσω μόνιμων δικτύων στοχευμένου ή πολυχρηστικού χαρακτήρα και δικτύων περιοδικής μέτρησης), η γενίκευση της δορυφορικής Συμβολομετρίας Ρανταρ και η πρόσφατη εισαγωγή του υψίσυχνου GPS/GNSS και νέων μεθόδων υπολογισμού συντεταγμένων επέτρεψαν γενίκευση των γεωδαιτικών μετρήσεων, οι οποίες πλέον τείνουν να συνεισφέρουν συστηματικά στην σεισμοτεκτονική και ηφαιστειολογική έρευνα σε τέσσερις βασικούς άξονες:

- 1) αναγνώριση μακροπρόθεσμης τάσης μεταβολής συντεταγμένων σημείων σε περιφερειακή κυρίως κλίμακα και εντοπισμό ανωμαλιών σεισμοτεκτονικού ή τεκτονο-ηφαιστειακού χαρακτήρα,
- 2) μεταβολή συντεταγμένων σημείων πριν και μετά από ένα γεγονός (πχ. τυπικό ή «άτυπο» σεισμό, διόγκωση μαγματικού θαλάμου) και προσομοίωσή του με ελαστικό κυρίως μοντέλο παραμόρφωσης,
- 3) λεπτομερή αναπαράσταση της σεισμικής κίνησης του εδάφους με βάση μετατοπίσεις, σε αντιδιαστολή με τους σειсмоγράφους και επιταχυνσιογράφους που εστιάζονται στην καταγραφή ταχύτητας και επιτάχυνσης, αντίστοιχα, και
- 4) ανάπτυξη συστημάτων συνεχούς παρακολούθησης, μικρής υστέρησης ως μέσο επιτήρησης και συναγερμού, κυρίως σε περίπτωση ηφαιστειακών γεγονότων.

Το Εργαστήριο Γεωδαισίας του Τμ. Πολιτικών Μηχ. Παν. Πατρών έχει από χρόνια προσανατολιστεί σε δράση και στους τέσσερις αυτούς άξονες, και παράλληλα, σε βασική έρευνα για την τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων μέσω πειραμάτων, αποφυγή σφαλμάτων που οφείλονται στο θόρυβο και «τυφλή» επεξεργασία των μετρήσεων, και κυρίως την ανάπτυξη κατάλληλων αλγορίθμων και μεθόδων επεξεργασίας δυναμικών μετρήσεων υψίσυχνων δεδομένων GNSS, τόσο για σεισμικές κινήσεις του εδάφους, όσο και ταλαντώσεις κατασκευών λόγω δυναμικών φορτίων, πχ. ανέμου, κυκλοφορίας.

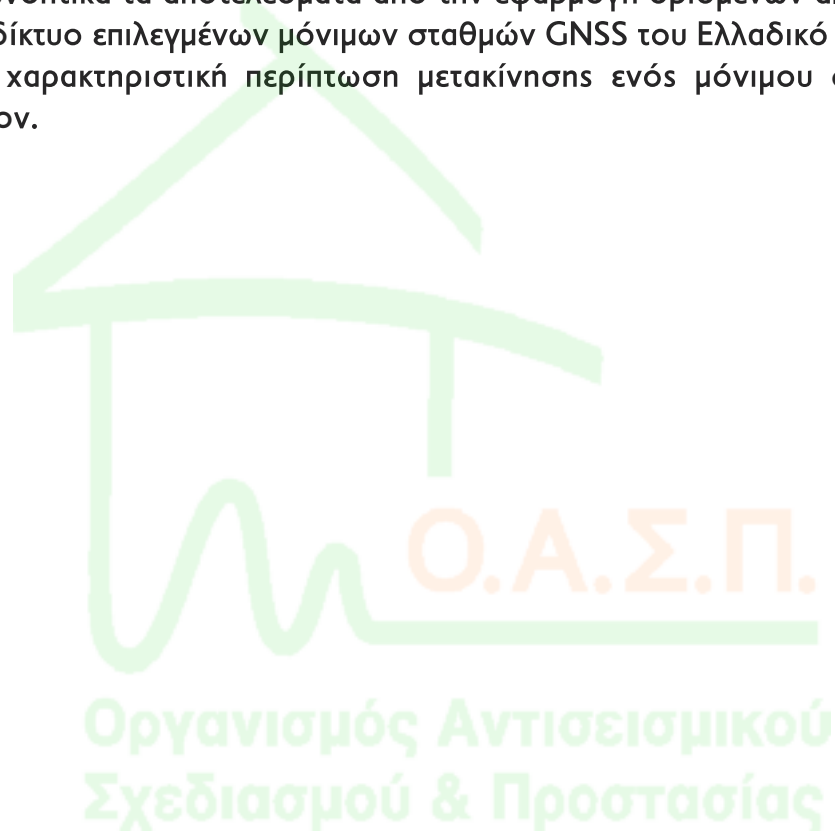
Γεωδαιτικές μέθοδοι ελέγχου των μικρομετακινήσεων του γήινου φλοιού με χρήση δεδομένων μόνιμων σταθμών GNSS.

Α. Φωτίου, Δ. Ρωσσικόπουλος, Χ. Πικριδάς, Μ. Χατζηνίκος

Τομέας Γεωδαισίας και Τοπογραφίας, Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΑΠΘ

Περίληψη

Στην εργασία αυτή γίνεται μία σύντομη αναφορά στις μεθόδους ανάλυσης διαχρονικών δικτύων που ιδρύονται με σκοπό την εκτίμηση των μεταβολών θέσης και ταχύτητας των κορυφών τους και κατά συνέπεια τον προσδιορισμό της παραμόρφωσης του γήινου φλοιού. Παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα από την εφαρμογή ορισμένων από τις μεθόδους αυτές σε ένα δίκτυο επιλεγμένων μόνιμων σταθμών GNSS του Ελλαδικό χώρου. Επίσης, δίνονται μία χαρακτηριστική περίπτωση μετακίνησης ενός μόνιμου σταθμού με ιδιαίτερο ενδιαφέρον.



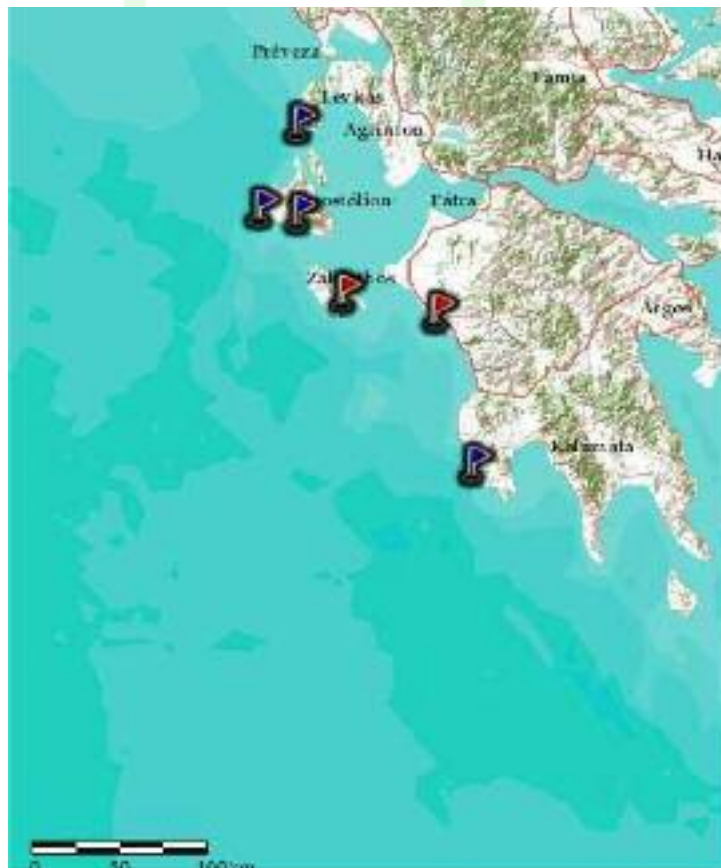
ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ PPP ΣΕ ΔΕΔΟΜΕΝΑ 1-s ΜΟΝΙΜΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ GNSS ΣΤΟ ΙΟΝΙΟ ΠΕΛΑΓΟΣ.

Αθανάσιος Γκανάς, Παναγιώτης Αργυράκης, Μάριος Παπανικολάου,
Κωνσταντίνος Χουσιανίτης, Γεώργιος Δρακάτος, Κων/νος Μακρόπουλος

Γεωδυναμικό Ινστιτούτο, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Λόφος Νυμφών, Θησείο,
118 10 Αθήνα, aganas@noa.gr

Περίληψη

Στο Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών λειτουργεί Εθνικό δίκτυο GPS δεκατριών (13) μόνιμων σταθμών με ροή δεδομένων 1-s σε πραγματικό χρόνο στο κέντρο συλλογής και επεξεργασίας στο Θησείο. Στην περιοχή του Ιονίου για τις ανάγκες του Κέντρου Προειδοποίησης Τσουνάμι εφαρμόζεται συνεχής επεξεργασία των μετρήσεων από ένα μόνο δέκτη, διπλής συχνότητας, με την μέθοδο σημειακού - απόλυτου εντοπισμού σημείων (Precise Point Positioning, PPP). Η τεχνική PPP στηρίζεται στην επεξεργασία συνδυασμένων παρατηρήσεων κώδικα και φάσης του φέροντος κύματος από ένα μόνο δέκτη GNSS. Χρησιμοποιείται το stream έξι σταθμών σε μορφοποίηση RTCM και οι επιλύσεις γίνονται με την μηχανή επεξεργασίας BNC και τροποποιήσεις αυτής. Βρήκαμε ότι η τεχνική PPP παρέχει ακρίβειες (τυπικές αποκλίσεις) της τάξης των 1-6 cm κάνοντας χρήση on-line πληροφοριών υψηλής ακρίβειας για τις τροχιές των δορυφόρων και τις διορθωτικές παραμέτρους των χρονομέτρων τους, που χορηγούνται από την IGS (International GNSS Service). Αυτή η πληροφορία είναι επιχειρησιακά αξιοποιήσιμη σε περίπτωση μεγάλου σεισμού ($M > 7$) στο Ελληνικό τόξο.



Evaluation of Santorini's recent activity via a comparison of space and terrestrial geodetic techniques; Preliminary results.

D. Paradissis, V. Zaharis , C. Raptakis, A. Marinou , X. Papanikolaou,
D. Anastasiou

NTUA

M. Parks, B. Parsons, P. England, D. Pyle

COMET+, Department of Earth Sciences, University of Oxford, South Parks
Road, Oxford, UK.

The islands of Santorini, with the adjacent submarine Kolombos Bank, form a major eruptive centre of the Aegean volcanic arc. Volcanic activity began on the islands about 3 million years ago, with at least 12 major pyroclastic eruptions over the past 400,000 years. The Minoan eruption of ~1620 BC was one of the largest known explosive eruptions (20 to 40 km³), but since that time volcanic activity of Santorini has been restricted to minor (10⁷ to 10⁸ m³) effusions that have formed a volcanic dome complex in the middle of the Minoan caldera, whose surface expression is the Kameni Islands.

Santorini is the most active volcano across the South Aegean volcanic arc, and one of the best-studied volcanoes on Earth, constituting an excellent natural laboratory for the investigation of volcanic processes. As part of those investigations, there have been a number of geodetic measurements over the past 50 years, using triangulation, EDM, and GPS. Recently, nine continuous GPS stations have been installed throughout the area, by both foreign and Greek institutions.

Observations from those stations have revealed an inflation of the volcano of about 100 millimetres since late 2010. The most recent dome-forming event on Santorini took place in 1939-1941 (with a minor extrusion in 1950). Because these events appear to be time-predictable (i.e. the duration of the eruption and the volume of dome formed seem to be proportional to the time interval since the previous eruption) it is important to set the present episode of inflation in the context of deformation since 1940-50.

In September of 2011, a network of 10 sites was installed and observed during a three-day campaign by the National Technical University of Athens and Oxford University. These sites constitute part of the Greek National Triangulation Network, established on pillars, whose coordinates had previously been determined in the 1980s by the Hellenic Military Geographical Service, on the basis of terrestrial geodetic data. We shall present preliminary results of this survey, and place constraints on the pre-2010 deformation of the Santorini islands.

Renewed activity beneath Nea Kameni, Santorini volcano (Greece), identified from InSAR analysis and soil gas CO₂ flux measurements

Michelle Parks*¹, Philip England¹, Tamsin Mather¹, David Pyle¹, Juliet Biggs², Paraskevi Nomikou³, Stefano Caliro⁴, Giovanni Chiodini⁴, Marie Edmonds⁵

1. Department of Earth Sciences, University of Oxford, Oxford, United Kingdom.
2. Department of Earth Sciences, University of Bristol, Bristol, United Kingdom.
3. Department of Dynamic-Tectonic-Applied Geology, National and Kapodistrian University of Athens, Athens, Greece.
4. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia Sez., Naples, Italy.
5. Department of Earth Sciences, University of Cambridge, Cambridge, United Kingdom.

Santorini, a major caldera volcano in the South Aegean, has been dormant since the last eruption in 1950; however this period of quiescence may have come to an end. Since early 2011, InSAR measurements have detected a change from slow subsidence to rapid uplift, coinciding with the onset of a swarm of shallow earthquakes beneath the central caldera volcanic islands^{[a][b]}, and with substantial rates of CO₂ emissions from the summit of the volcano.

We have combined InSAR measurements with soil gas fluxes, to improve our understanding of the nature of this system over the past 18 years. C-band (5.65 cm wavelength) and X-band (3.1 cm) radar data acquired between 1993 and 2011 constrain deformation rates at Santorini. Soil gas CO₂ flux measurements were made across a network of sites on Nea Kameni using the accumulation chamber method. Additional gas samples were collected for isotopic analysis, in April and September 2011. These samples were analysed using a continuous flow isotope ratio mass spectrometer (Thermo-Finnigan Delta XP) to determine variations in magmatic and biogenic components.

Our preliminary findings show an abrupt switch from an extended period of slow subsidence (at ~1 cm/yr) at Nea Kameni from 1993-2010, to an episode of inflation which began in early 2011. The surface deformation measured with InSAR is consistent with the intrusion of approximately 10⁷ m³ of material – presumably magma – in a location centred approximately 1 km north of the central caldera island (Nea Kameni), at a depth of ~4 km below the surface. The rate of expansion of the islands has been relatively constant since the beginning of 2011.

Our soil gas surveys detected an apparent increase in CO₂ emissions between July 2011 and September 2011. CO₂ effluxes now exceed 12 kg m⁻² day⁻¹, with a total flux of 39 tonnes of CO₂ per day. The high-flux soil gas samples have C-isotope ratios (δ¹³C ~ 0 to -5‰), typical of active magmatic degassing. Further analysis is required, and to this end an additional soil gas survey is planned for February 2012. This will enable a better understanding of the relationship between CO₂ degassing and the current episode of inflation.

Although these observations cannot be interpreted as an indication that an eruption is imminent, this is now a mature period of unrest and it would be unwise to assume that it will not lead to an eruption.

[a] Data from Aristotle University of Thessaloniki. (2011). Greek Seismicity. Available: http://geophysics.geo.auth.gr/the_seisnet/WEBSITE_2005/REAL_TIME_MAPS/index_en.htm. Access restricted since June 2011.

[b] Data from National Observatory of Athens (NOA). (2011). Seismicity Catalogs. Available: <http://www.gein.noa.gr/services/info-en.html>. Last accessed 9th Jan 2012.



ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Δρ Γεράσιμος Α. Παπαδόπουλος

Διευθυντής Ερευνών
Γεωδυναμικό Ινστιτούτο
Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών
papadop@noa.gr

Σύγχρονες διαστημικές μέθοδοι και τεχνικές εφαρμόζονται από έλληνες και ξένους επιστήμονες για τη μελέτη της τεκτονικής παραμόρφωσης του Ελλαδικού χώρου κατά την τελευταία 15ετία. Η έννοια της τεκτονικής παραμόρφωσης εδώ περιλαμβάνει την μακροχρόνια παραμόρφωση, αλλά και την λεγόμενη γεωδαισία σεισμών (earthquake geodesy), δηλ. την συν-σεισμική και μετασεισμική παραμόρφωση. Η προσεισμική παραμόρφωση έχει επίσης μελετηθεί με σκοπό την πρόγνωση των σεισμών. Ανασκοπούνται τα κύρια αποτελέσματα της γεωδαισίας σεισμών με σύγχρονες διαστημικές μεθόδους που δημοσιεύτηκαν από διάφορους συγγραφείς. Η κριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων δείχνει ότι οι δυνατότητες περαιτέρω ανάπτυξης και εφαρμογής των μεθόδων αυτών είναι σημαντικές. Από την άλλη μεριά θα πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερος το θέμα της ακρίβειας και της ερμηνείας των μετρήσεων και των αβεβαιοτήτων που υπεισέρχονται σ' αυτές.



Το δίκτυο μόνιμων γεωδαιτικών σταθμών GNSS στη Δυτική Κρήτη

Μερτίκας, Σ. Π., Α. Δασκαλάκης, Ξ. Φραντζής, Β. Τσερόλας, Αχ. Τριπολιτσιώτης
Εργαστήριο Γεωδαισίας & Γεωπληροφορικής, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα
Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, 73 100, Χανιά, Κρήτη.

Περίληψη

Το Εργαστήριο Γεωδαισίας και Γεωπληροφορικής του Πολυτεχνείου Κρήτης έχει ιδρύσει και συντηρεί δίκτυο 10 μόνιμων σταθμών GNSS (Global Navigation Satellite Systems) στη Δυτική Κρήτη για την παρακολούθηση τεκτονικών παραμορφώσεων. Η εγκατάσταση έχει ξεκινήσει από το 1996 με τον μόνιμο γεωδαιτικό σταθμό GPS (Global Positioning System), TUC1, στην πολυτεχνειούπολη. Στη συνέχεια, το 2004 εγκαταστάθηκε ο σταθμός “TUC2” σύμφωνα με τα πρότυπα της IGS (International GNSS Service) και ο οποίος είναι ο πρώτος ελληνικός σταθμός που συμπεριελήφθη στο δίκτυο της EUREF (EUropean Reference Frame). Οι υπόλοιποι σταθμοί βρίσκονται ομοιόμορφα κατανεμημένοι σε όλη της Δυτική Κρήτη και Γαύδο. Επίσης από τον Μάιο του 2011 λειτουργεί και ο σταθμός EGNOS στο Πολυτεχνείο Κρήτης.

Τα δεδομένα των περισσότερων σταθμών (ημερήσια δεδομένα με ρυθμό καταγραφής 30 δευτερόλεπτων) μεταφέρονται στη βάση δεδομένων του Εργαστηρίου σε καθημερινή βάση, με διάφορα τηλεπικοινωνιακά συστήματα (π.χ. GPRS τηλεφωνία, Satellite comms). Η επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιείται με χρήση τριών λογισμικών: GIPSY, GAMIT/GLOBK και BERNESE, σε διμηνιαία βάση και προκύπτουν: (α) συντεταγμένες και ρυθμοί μετακίνησης των σταθμών στο ITRF, (β) χρονοσειρές με τις μετακινήσεις των σταθμών, (γ) χάρτες ταχυτήτων για την Δυτική Κρήτη, (δ) καθυστερήσεις των δορυφορικών σημάτων, λόγω τροπόσφαιρας και ιονόσφαιρας. Τα αποτελέσματα αυτά χρησιμοποιούνται επίσης στη βαθμονόμηση δορυφόρων αλτιμετρίας, ενώ μπορεί να εφαρμοστεί στην μετεωρολογία και στη μελέτη του κλίματος γενικότερα.

Οι χρονοσειρές των γεωδαιτικών αυτών μετρήσεων αναλύονται περαιτέρω με εφαρμογή καινοτόμων αλγορίθμων ποιοτικού ελέγχου και στατιστικής ανάλυσης ασθενών σημάτων με σκοπό τον προσδιορισμό της λεπτομερούς περιγραφής για τη τεκτονική συμπεριφορά της Δυτικής Κρήτης.

Στα μελλοντικά σχέδια του Εργαστηρίου είναι η εγκατάσταση συστημάτων τηλεμετρίας σε όλους τους σταθμούς και η πλήρης αυτοματοποίηση της επεξεργασίας σε καθημερινή βάση. Επίσης εξετάζεται η επέκταση του δικτύου και στην ανατολική Κρήτη, προκειμένου να μελετηθεί η τεκτονική της ευρύτερης περιοχής.

Η ανάγκη υλοποίησης ενός Βέλτιστου Γεωδαιτικού Συστήματος Αναφοράς στον Ελλαδικό χώρο: Ανοιχτά ζητήματα και προτάσεις

Δημήτριος Αμπατζίδης, Δρ. Αγρονόμος και Τοπογράφος Μηχανικός Α.Π.Θ
Χριστόφορος Κωτσάκης, Αναπληρωτής Καθηγητής Τ.Α.Τ.Μ/Α.Π.Θ
Κωνσταντίνος Κατσάμπαλος, Καθηγητής Τ.Α.Τ.Μ/Α.Π.Θ

Περίληψη

Η ύπαρξη πολλών διαφορετικών Γεωδαιτικών Συστημάτων Αναφοράς (ΓΣΑ) στον Ελλαδικό χώρο (παλιό ελληνικό datum, ED50, ΕΓΣΑ87, HTRS07, WGS84) αποτελεί πολλές φορές αντικείμενο σύγχυσης τόσο στον επιστημονικό-τεχνικό κόσμο όσο και στους πολίτες. Σε αρκετές περιπτώσεις μάλιστα ο μετασχηματισμός μεταξύ των διαφόρων ΓΣΑ είτε δεν υφίσταται, είτε είναι μόνο προσεγγιστικός.

Μία επιπλέον αδυναμία των υφιστάμενων ΓΣΑ στην Ελλάδα είναι η απουσία του δυναμικού προσδιορισμού της θέσης που πρακτικά σημαίνει την αγνόηση της έννοιας της διαχρονικής μεταβολής των συντεταγμένων. Ο Ελλαδικός χώρος χαρακτηρίζεται από έντονη και ανομοιογενή γεωδυναμική συμπεριφορά: Το Νότιο τμήμα της χώρας κινείται ως προς τη «σταθερή» Ευρασιατική πλάκα με οριζόντιες ταχύτητες μετατόπισης της τάξης των 35 mm/yr (Κρήτη) ενώ την ίδια στιγμή στο Βόρειο μέρος (Μακεδονία και Θράκη), οι ταχύτητες δεν ξεπερνούν τα 10 mm/yr. Επομένως, κρίνεται αναγκαία η εισαγωγή δυναμικής πληροφορίας για τον αξιόπιστο προσδιορισμό θέσης των σημείων.

Εδώ και μερικά χρόνια έχουν ιδρυθεί στη χώρα μας δίκτυα μόνιμων σταθμών GNSS από δημόσιους και ιδιωτικούς φορείς: Το NOANET από το Εθνικό Αστεροσκοπείο της Αθήνας, το HEPOS από την Κτηματολόγιο Α.Ε, το MetricaNet από την Metrica Α.Ε, και το JGCNET από την JGC), όπου στα δύο από αυτά (NOANET και MetricaNet), εκτός των εκτιμήσεων των συντεταγμένων των σημείων που το αποτελούν, παρέχονται και οι εκτιμήσεις των ταχυτήτων μετατόπισης. Για το δίκτυο του HEPOS έχουν δημοσιευθεί μόνο οι συντεταγμένες των 98 σημείων που το αποτελούν ως προς το HTRS07.

Με την παρούσα εργασία προτείνεται η υλοποίηση ενός Βέλτιστου ΓΣΑ για τη χώρα με την εφαρμογή ενός μαθηματικού κριτηρίου που οδηγεί στην ελαχιστοποίηση της συνολικής κινητικής ενέργειας. Για τη μελέτη του νέου Βέλτιστου ΓΣΑ χρησιμοποιήθηκε ένα δίκτυο 16 σταθμών (11 στον Ελλαδικό χώρο και 5 στην Κεντρική Ευρώπη). Τα αποτελέσματα δείχνουν μία σημαντική βελτίωση των στατιστικών στοιχείων των οριζόντιων ταχυτήτων μετατόπισης.