

# ΑΚΡΙΒΕΙΕΣ ΣΧΕΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΕΔΙΟΥ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΒΑΡΥΤΙΜΕΤΡΑ

**Π. Μήλας, Μ. Παρασκευάς, Ι. Κολοβός, Δ. Παραδείσης**  
Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας  
Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ  
e-mail: pmilas@mail.ntua.gr

## Περίληψη

Στην εργασία αυτή γίνεται μια προσπάθεια να προσεγγιστούν οι ακρίβειες που μπορούν να επιτευχθούν, σε πραγματικές συνθήκες πεδίου, με σχετικές μετρήσεις βαρύτητας και με χρήση διαφορετικών βαρυτιμέτρων. Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν είναι το κλασικό αστατικό βαρυτίμετρο LaCoste & Romberg G (LCR) και το πιο σύγχρονο βαρυτίμετρο χαλαζία Scintrex Autograv CG-5. Ιδιαίτερα το LCR χρησιμοποιήθηκε και σαν απλό μηχανικό όργανο αλλά και σαν ψηφιακό, εφόσον φέρει επιπρόσθετα ηλεκτρονικό σύστημα ανάδρασης (MVR – Feedback System). Αναφέρονται οι βασικές αρχές λειτουργίας των οργάνων και γίνεται αναφορά στις παραμέτρους που επιδρούν στις μετρήσεις και οι οποίες διαχωρίζονται σε εσωτερικές (οργανικές) και εξωτερικές. Προκειμένου να προσεγγιστούν οι ακρίβειες, μετρήθηκε ένα δίκτυο σημείων στην περιοχή της Αττικής με τα προαναφερόμενα όργανα. Παρουσιάζονται συγκριτικά τα αποτελέσματα και αντιπαραβάλλονται με τις ακρίβειες που δίνουν οι κατασκευαστές.

*Λέξεις-Κλειδιά: Βαρυτίμετρο, Επιτάχυνση Βαρύτητας, Σχετικές μετρήσεις, Ακρίβεια μετρήσεων*

## Abstract

This paper is an attempt to approximate accuracies that can be achieved in real field conditions, with relative gravity measurements and using different gravimeters. The instruments used are the classical astatic gravimeter LaCoste & Romberg G (LCR) and the modern quartz gravimeter Scintrex Autograv CG-5. Especially, the LCR was used as a simple mechanical instrument but also as digital, where it has additional electronic feedback system (MVR - Feedback System). We indicate the principle operations of instruments with reference to the parameters that affect the measurements which are divided into internal (instrumental) and external. In order to approximate these accuracies, we observed a network of points in the region of Attica with the instruments mentioned above. The results are presented comparatively with the accuracies provided by the manufacturers.

*Keywords: Gravimeter, Acceleration of Gravity, Relative measurements, Accuracy of measurement*

Π. Μήλας, Μ. Παρασκευάς, Ι. Κολοβός, Δ. Παραδείσης, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ  
«Ακρίβειες σχετικών μετρήσεων βαρύτητας – Συγκριτικός προσδιορισμός σε συνθήκες πεδίου με διαφορετικά βαρυτιμέτρα»

4<sup>ο</sup> Τακτικό Εθνικό Συνέδριο Μετρολογίας  
Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου  
Αθήνα, 3-4 Φεβρουαρίου 2012

## 1. Εισαγωγή

Για τη συγκριτική ανάλυση των ακριβειών που μπορούν να επιτευχθούν με τα διαθέσιμα σχετικά βαρυτίμετρα (Εικόνα 1), απαιτείται η δοκιμή τους στην πράξη με ένα σύνολο παρατηρήσεων. Στην παρούσα μελέτη παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από μία τέτοια δοκιμή για δύο τύπους σχετικών βαρυτιμέτρων, όπου το ένα λειτουργεί και σαν απλό μηχανικό όργανο και σαν ηλεκτρικό, ενώ το άλλο είναι ψηφιακό. Γενικά, με τα σχετικά βαρυτίμετρα μπορούμε να προσδιορίσουμε σχετικές διαφορές βαρύτητας σε επιλεγμένα σημεία (σταθμούς) μετρήσεων. Με την επεξεργασία των παρατηρήσεων αυτών και την πλήρη συνόρθωση όλων των μετρήσεων, προκύπτουν οι τελικές ακρίβειες των οργάνων καθώς και η συμφωνία των αποτελεσμάτων που καταγράφονται από αυτά.



Εικόνα 1. (1) Βαρυτίμετρο LCR εφοδιασμένο με πλακέτα MVR και πολύμετρο, (2) Βαρυτίμετρο LCR, (3) Βαρυτίμετρο Scintrex CG-5

## 2. Χρησιμοποιηθέντα όργανα

### 2.1 Lacoste & Romberg G051

Το σχετικό βαρυτίμετρο L&R G051 που ανήκει στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ), αποτελεί το πρώτο σχετικό βαρυτίμετρο αυτού του τύπου που ήρθε στην Ελλάδα. Η αρχή λειτουργίας του φαίνεται στην Εικόνα 2. Για να πάρουμε μία μέτρηση με το όργανο αυτό ακολουθούμε την παρακάτω διαδικασία:

- Οριζοντιώνουμε στο σημείο που θέλουμε να μετρήσουμε
- Ανοίγουμε το όργανο (φωτίζονται οι φυσαλίδες οριζοντίωσης)
- Ελευθερώνουμε τη γραμμή ανάγνωσης
- Περιμένουμε 10 λεπτά να «ηρεμήσει» το ελατήριο του οργάνου
- Βρίσκουμε περίπου την τιμή περιστρέφοντας τον κοχλία
- Κάνουμε μία πλήρη (ή και μισή) περιστροφή αριστερά τον κοχλία και περιμένουμε 1 λεπτό
- Με μικρές κινήσεις στρέφουμε δεξιόστροφα τον κοχλία έως ότου ο δείκτης του οργάνου να εφάπτεται, από δεξιά, στη γραμμή ανάγνωσης του συγκεκριμένου οργάνου. Εάν περάσει ο δείκτης τη γραμμή ανάγνωσης επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία και σε καμία περίπτωση δεν παίρνουμε ανάγνωση στρέφοντας τον κοχλία αριστερόστροφα.

Στη συνέχεια για να εκμεταλλευτούμε τις μετρήσεις πρέπει σε κάθε σταθμό να σημειώνουμε την ένδειξη καθώς και την ώρα της μέτρησης. Για να επεξεργαστούμε τις μετρήσεις θα πρέπει να υπολογίσουμε με κάποιο πρόγραμμα την παλίρροια της

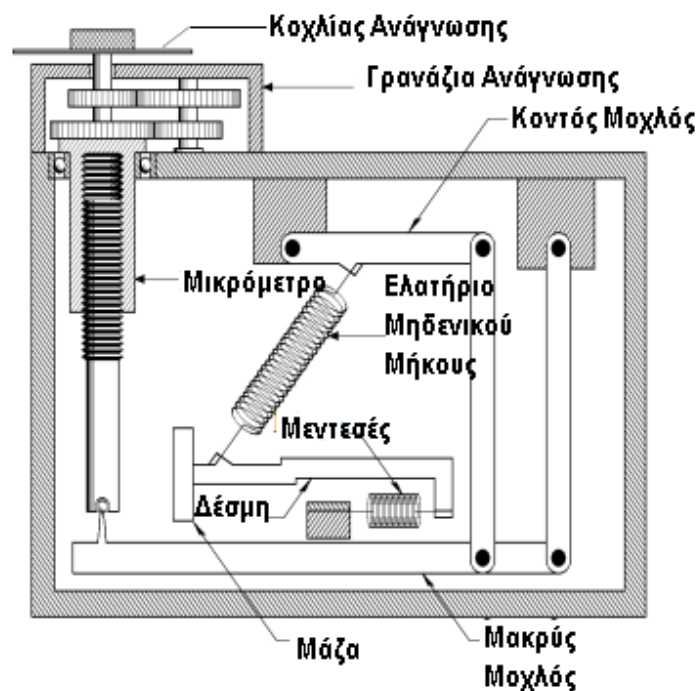
Π. Μήλας, Μ. Παρασκευάς, Ι. Κολοβός, Δ. Παραδείσης, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ  
«Ακρίβειες σχετικών μετρήσεων βαρύτητας – Συγκριτικός προσδιορισμός σε συνθήκες πεδίου με διαφορετικά βαρυτίμετρα»

4<sup>ο</sup> Τακτικό Εθνικό Συνέδριο Μετρολογίας  
Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου  
Αθήνα, 3-4 Φεβρουαρίου 2012

βαρύτητας για την κάθε μέτρηση και παράλληλα θα πρέπει να ανάγουμε τις ενδείξεις του οργάνου σε mgal, χρησιμοποιώντας τον πίνακα αναγωγής του κατασκευαστή.

Χαρακτηριστικό του οργάνου αποτελεί η μεγάλη σταθερότητα του ελατηρίου του. Δηλαδή το στατικό drift (υστέρηση) του οργάνου είναι πολύ μικρό και πρακτικώς θεωρείται αμελητέο καθώς αφομοιώνεται από το drift κλεισίματος (σε μία κλειστή διαδρομή), το οποίο οφείλεται κυρίως στην μεταφορά του οργάνου ή (και) σε υψομετρικές διαφορές ή (και) σε θερμοκρασιακές μεταβολές ή και σε άλλους τυχαίους παράγοντες.

Η ακρίβεια του οργάνου είναι σύμφωνα με τον κατασκευαστή της τάξης των μερικών δεκάδων mgal και εξαρτάται από τον παρατηρητή. Για πιο ακριβή αποτελέσματα είναι χρήσιμο στην αρχή και στο τέλος μιας περιόδου εργασιών να ελέγχεται ο συντελεστής κλίμακας του οργάνου σε μία ελεγκτική βάση. Από παλαιότερους ελέγχους στην ελεγκτική βάση της Πάρνηθας της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (ΓΥΣ), είχε προσδιοριστεί ο διορθωτικός συντελεστής κλίμακας ίσος με 1.00056, ο οποίος και εφαρμόστηκε στην παρούσα εργασία.



Εικόνα 2: Αρχή λειτουργίας μηχανικού LCR

## 2.2. Lacoste & Romberg G051 με πλακέτα MVR (Maximum Voltage Retroaction) και πολύμετρο

Για μεγαλύτερη ακρίβεια στην ανάγνωση της βαρύτητας χρησιμοποιήθηκε και το ηλεκτρονικό σύστημα MVR με το οποίο είναι εφοδιασμένο το όργανο, όπως επίσης και η ένδειξη από ένα απλό πολύμετρο. Η αρχή λειτουργίας της μεθόδου είναι η εξής: αρχικά, τοποθετούμε, το ελατήριο του οργάνου σε μία θέση σχεδόν ισορροπίας με τον κοχλία ανάγνωσης. Στη συνέχεια, ανοίγουμε την τροφοδοσία η οποία ανιχνεύει τις

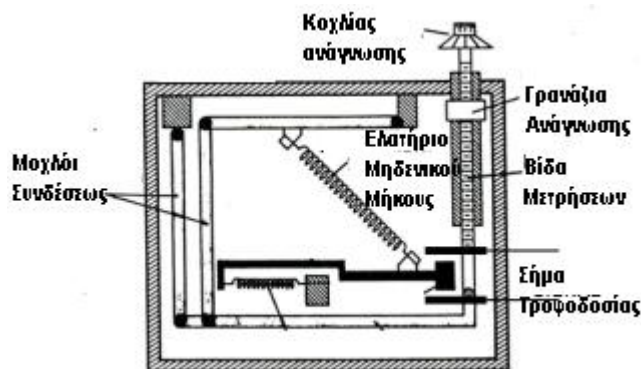
Π. Μήλας, Μ. Παρασκευάς, Ι. Κολοβός, Δ. Παραδείσης, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ  
«Ακρίβειες σχετικών μετρήσεων βαρύτητας – Συγκριτικός προσδιορισμός σε συνθήκες πεδίου με διαφορετικά βαρυτίμετρα»

μικρομεταβολές της θέσης του ελατηρίου και τις οποίες μετατρέπει σε ηλεκτρική τάση, την οποία διαβάζουμε από ένα απλό πολύμετρο που συνδέουμε στην ειδική υποδοχή (Εικόνα 3). Η τάση αυτή που μετράμε λειτουργεί ως ανάδραση στην μικρομετακίνηση του ελατηρίου του οργάνου και έτσι αυτό παραμένει στη γραμμή ανάγνωσης που θέσαμε αρχικά. Το εύρος ενδείξεων εντός του οποίου μπορούμε να καταγράψουμε μέτρηση είναι περίπου 800 μονάδες ανάγνωσης βαρυτιμέτρου. Η διαδικασία της μέτρησης είναι σχετικά αργή καθώς απαιτούνται περίπου 20 λεπτά για να σταθεροποιηθεί η ένδειξη του πολυμέτρου.

Για να έχουμε αξιοποιήσιμη μέτρηση θα πρέπει με κάποιο τρόπο να μετατρέψουμε την ένδειξη του πολυμέτρου (mV) σε μονάδες βαρυτιμέτρου και από εκεί σε mgal. Για να γίνει αυτό θα πρέπει να προσδιορίσουμε ένα συντελεστή μετατροπής mV/μονάδες οργάνου. Η διαδικασία προσδιορισμού του συντελεστή αυτού θα πρέπει να γίνει σε ένα σταθερό σταθμό στον οποίο θα πάρουμε διαδοχικές μετρήσεις σε 8 τουλάχιστον διαφορετικές θέσεις του μικρομέτρου (ανά 100 μονάδες οργάνου). Για πιο ακριβή αποτελέσματα επιλέγουμε οι μετρήσεις αυτές να γίνουν σε περίοδο όπου η μεταβολή της παλίρροιας είναι σχεδόν μηδενική. Ο συντελεστής μετατροπής προσδιορίζεται με τη βοήθεια της Μεθόδου Ελαχίστων Τετραγώνων (MET). Για τη συγκεκριμένη μελέτη ο συντελεστής μετατροπής  $k$  είναι:

$$k = -0.18321936 \mu\text{Volt}/\mu\text{Dial Unit} \quad (1)$$

Χρησιμοποιώντας την πλακέτα MVR ελαχιστοποιούμε το σφάλμα του παρατηρητή καθώς και το σφάλμα από το «τζόγο» του κοχλίας ανάγνωσης, οπότε θεωρητικά αναμένουμε καλύτερη ακρίβεια από το απλό μηχανικό LCR.



Εικόνα 3. Αρχή λειτουργίας LCR – MVR

### 2.3. Scintrex CG-5

Το βαρυτίμετρο αυτό είναι το πιο σύγχρονο σχετικό βαρυτίμετρο που κυκλοφορεί σήμερα παγκοσμίως. Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται σε ένα ελατήριο τετηγμένου χαλαζία, στο οποίο εφαρμόζουμε μία μάζα-δοκίμιο. Η σχετική βαρυτική δύναμη σε κάθε τόπο μετράται από την τελική θέση που βρίσκεται η μάζα αυτή.

Παράλληλα ένας πυκνωτής δημιουργεί μία ηλεκτροστατική δύναμη η οποία επαναφέρει τη μάζα στην αρχική της θέση και από το μέγεθος της δύναμης, η οποία δημιουργεί ένα ψηφιακό σήμα υπολογίζεται η τιμή της σχετικής βαρύτητας για τη θέση που μετράμε.

Π. Μήλας, Μ. Παρασκευάς, Ι. Κολοβός, Δ. Παραδείσης, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ  
«Ακρίβειες σχετικών μετρήσεων βαρύτητας – Συγκριτικός προσδιορισμός σε συνθήκες πεδίου με διαφορετικά βαρυτίμετρα»

Δηλαδή κάθε τι μηχανικό που υπήρχε μέχρι τώρα έχει αντικατασταθεί από αυτή την ηλεκτρική τάση.

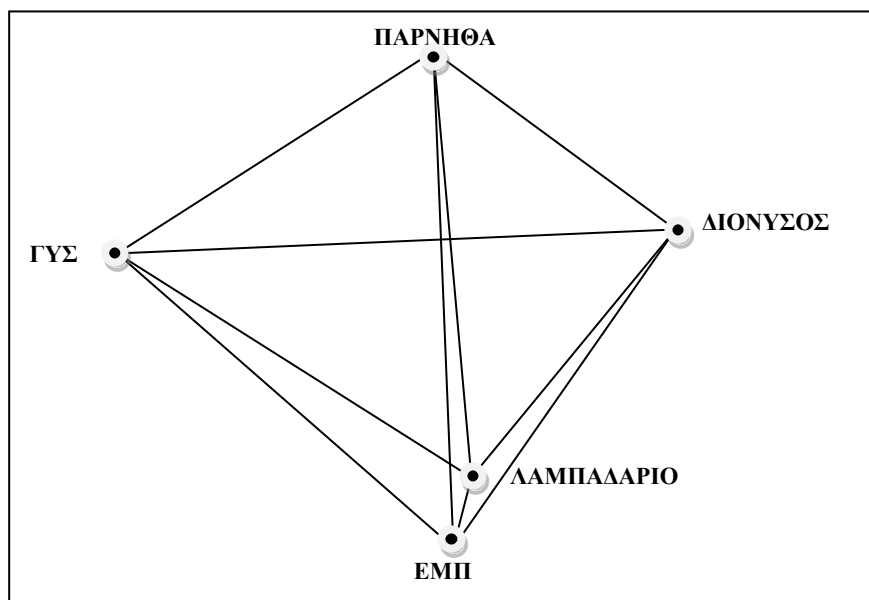
Οι αυτόματες διορθώσεις που μπορούμε να επιλέξουμε με το όργανο αυτό και οι οποίες βελτιώνουν την ακρίβεια των μετρήσεων μας είναι:

- Διόρθωση οριζοντίωσης (έως 200 arcsec)
- Διόρθωση θερμοκρασίας αισθητήρα με εύρος λειτουργίας θερμοκρασίας από τους  $-40^{\circ}\text{C}$  έως  $45^{\circ}\text{C}$
- Φίλτρο μικροσεισμών με αυτόματη απόρριψη τιμών εάν αυτές είναι μεγαλύτερες από 6 φορές του υπολογιζόμενου εκείνη τη στιγμή τυπικού σφάλματος
- Διόρθωση του στατικού drift του οργάνου το οποίο γίνεται αυτόματα πριν από τις μετρήσεις και ελέγχεται τακτικά. Είναι πολύ μεγαλύτερο από αυτό των μηχανικών βαρυτιμέτρων.
- Διόρθωση παλίνρροιας χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο του Longman (1959), αφού υπολογιστεί η θέση του σταθμού με το GPS που έχει προσαρμοσμένο.

Οι μετρήσεις με το βαρυτίμετρο αυτό είναι πολύ απλές καθώς μετά την οριζοντίωση, απλώς πιέζουμε το πλήκτρο της μέτρησης και την αποθηκεύουμε στη μνήμη του οργάνου. Η ανάγνωση της κάθε μέτρησης είναι της τάξης του mgal ενώ για μια περίοδο μετρήσεων της τάξης των 10 mgal.

### 3. Σχεδιασμός δικτύου μετρήσεων

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε τέσσερις (4) ημέρες και χρησιμοποιήθηκαν συνολικά οι πέντε (5) σταθμοί που φαίνονται στην Εικόνα 4.



Εικόνα 4. Δίκτυο μετρήσεων βαρύτητας

Οι κλειστές διαδρομές που μετρήθηκαν ανά ημέρα είναι:

- 29/10/2011: ΕΜΠ-ΛΑΜΠΙΑΔΑΡΙΟ-ΔΙΟΝΥΣΟΣ (ΚΕΝΤΡΟ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ ΔΙΟΝΥΣΟΥ: ΚΔΔ) -ΠΑΡΝΗΘΑ-ΓΥΣ-ΛΑΜΠΙΑΔΑΡΙΟ-ΕΜΠ

Π. Μήλας, Μ. Παρασκευάς, Ι. Κολοβός, Δ. Παραδείσης, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ  
«Ακρίβειες σχετικών μετρήσεων βαρύτητας – Συγκριτικός προσδιορισμός σε συνθήκες πεδίου με διαφορετικά βαρυτίμετρα»

- 26/11/2011: *ΕΜΠ-ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟ-ΠΑΡΝΗΘΑ-ΔΙΟΝΥΣΟΣ (ΚΔΔ)-ΠΑΡΝΗΘΑ-ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟ-ΕΜΠ*
- 5/12/2011: *ΕΜΠ-ΓΥΣ-ΠΑΡΝΗΘΑ-ΓΥΣ-ΕΜΠ*
- 8/12/2011: *ΕΜΠ-ΔΙΟΝΥΣΟΣ (ΚΔΔ)-ΓΥΣ-ΕΜΠ*

#### 4. Μαθηματικό Μοντέλο

Για να οδηγηθούμε σε αξιόπιστα συμπεράσματα για την ακρίβεια του κάθε οργάνου επιλύουμε σε μία ενιαία συνόρθωση όλες τις μετρήσεις για κάθε όργανο χωριστά. Για καλύτερα αποτελέσματα χρησιμοποιούμε τη Μέθοδο των Ελαχίστων Τετραγώνων με έμμεσες παρατηρήσεις. Συνολικά χρησιμοποιήσαμε 19 μετρήσεις για κάθε όργανο (στο L&R μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε 25 γιατί οι μετρήσεις έγιναν με δύο παρατηρητές). Θεωρούμε όλες μας τις παρατηρήσεις ισοβαρείς. Θεωρώντας ως σταθμό αναφοράς το βάρσο του ΕΜΠ της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, οι άγνωστοι που προσδιορίζονται είναι οι σχετικές τιμές βαρύτητας ως προς τα υπόλοιπα σημεία (σταθμοί).

Επιπλέον άγνωστος είναι το drift  $d$  του οργάνου το οποίο υποθέτουμε ότι είναι σταθερό και ίδιο για κάθε ημέρα μετρήσεων. Η εξίσωση παρατήρησης είναι:

$$g_j - g_i = \Delta g_{ij} + d(t_j - t_i), i \neq j \quad (1)$$

όπου  $i, j$  αντιστοιχούν στους μετρημένους σταθμούς και  $t$  είναι ο χρόνος που αφορά την μέτρηση στον κάθε σταθμό. Η εξίσωση παρατήρησης υποδηλώνει ότι οι σχετικές διαφορές βαρύτητας που προκύπτουν από την μέτρηση δύο οποιονδήποτε σταθμών, μπορούν να αναπαρασταθούν με το γραμμικό συνδυασμό των αγνώστων βάσεων, αθροιζόμενο με το συνολικό drift του οργάνου επί το χρόνο μετάβασης μεταξύ δύο διαδοχικών μετρήσεων. Το μαθηματικό αυτό μοντέλο χρησιμοποιήθηκε και για τις τρεις σειρές μετρήσεων που προέκυψαν από τα τρία διαφορετικά όργανα (LCR, LCR – MVR & Scintrex Autogran CG-5).

#### 5. Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα για κάθε όργανο ξεχωριστά παρουσιάζονται στον Πίνακα 1 στον οποίο φαίνονται οι τελικές σχετικές διαφορές βαρύτητας μαζί με το σφάλμα τους, ως προς το σταθμό αναφοράς, καθώς και οι τιμές βαρύτητας θεωρώντας αυθαίρετα ως απόλυτη τιμή βαρύτητας στο σταθμό ΕΜΠ την τιμή 100. Παρουσιάζεται επίσης το drift κάθε οργάνου με το τυπικό του σφάλμα.

#### 6. Αξιολόγηση

Από τον πίνακα 1 φαίνεται αρχικά ότι, όπως αναμενόταν, το Scintrex CG-5 δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα καθώς έχει τη μικρότερη τυπική απόκλιση σε κάθε υπολογιζόμενη βάση και κάθε σταθμό. Παράλληλα, παρατηρείται συμφωνία σε δύο (2) από τις τέσσερις (4) βάσεις του Scintrex με το LCR, ενώ στις υπόλοιπες δύο (2) οι διαφορές που προκύπτουν είναι μεγάλες. Πιθανοί λόγοι για τις αποκλίσεις αυτές μπορεί να είναι καταρχήν η παλαιότητα του οργάνου LCR, το οποίο δεν έχει «βαθμονομηθεί» εδώ και χρόνια. Επιπλέον, δεν ορίσαμε συντελεστή ανάγνωσης παρατηρητή σε μία ελεγκτική βάση. Έτσι δεχτήκαμε ότι η ανάγνωση του παρατηρητή είναι σωστή. Τέλος, με μία πιο προσεκτική παρατήρηση των μετρήσεων μπορούμε να πούμε ότι από την απότομη

Π. Μήλας, Μ. Παρασκευάς, Ι. Κολοβός, Δ. Παραδείσης, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ  
«Ακρίβειες σχετικών μετρήσεων βαρύτητας – Συγκριτικός προσδιορισμός σε συνθήκες πεδίου με διαφορετικά βαρυτίμετρα»

άνοδο του υψομέτρου προκαλείται μία υστέρηση του ελατηρίου στην οποία μπορεί να οφείλονται οι μεγάλες διαφορές στις βάσεις που επίσης έχουν μεγάλη υψομετρική διαφορά. Κάτι τέτοιο στο Scintrex CG-5 δεν ισχύει καθώς σε αυτό διορθώνεται αυτόματα.

Πίνακας 1 Σχετικές τιμές βαρύτητας και drift κάθε οργάνου ως προς το σταθμό αναφοράς ΕΜΠ

ΒΑΡΥΤΙΜΕΤΡΑ ΣΤΑΘΜΟΙ	LCR (Μηχανικό) [mgal] [τιμή ± τυπικό σφάλμα]	LCR – MVR (Ηλεκτρονικό) [mgal] [τιμή ± τυπικό σφάλμα]	Scintrex CG-5 [mgal] [τιμή ± τυπικό σφάλμα]
ΒΑΣΗ (ΕΜΠ)	100	100	100
ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟ	99.6685 ± 0.0104	99.6431 ± 0.0270	99.6381 ± 0.0064
ΔΙΟΝΥΣΟΣ (ΚΔΔ)	42.7818 ± 0.0132	42.7776 ± 0.0340	42.6236 ± 0.0081
ΠΑΡΝΗΘΑ	37.8518 ± 0.0120	37.7640 ± 0.0296	37.7108 ± 0.0071
ΓΥΣ	114.9101 ± 0.0117	114.9165 ± 0.0288	114.9155 ± 0.0069
Drift [mgal/min]	0.0000157 ± 0.0000678	0.0000867 ± 0.0001737	0.0003518±0.0000409

## 7. Συμπεράσματα

Από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων προκύπτει ότι η επίτευξη της αναφερόμενης από το κατασκευαστή ακρίβειας είναι πολύ δύσκολη. Εντούτοις γίνεται σαφές ότι το νέο όργανο Scintrex CG-5 είναι ιδιαίτερα αξιόπιστο. Παρότι το drift είναι μεγαλύτερο δείχνει ότι παραμένει σταθερό, δίνοντας έτσι καλύτερα αποτελέσματα.

Το LCR στην μηχανική του απλή λειτουργία δίνει καλύτερα αποτελέσματα από το ηλεκτρονικό σύστημα MVR. Το LCR δεν έχει σταθερό κινηματικό drift διότι παρουσιάζει «πηδήματα» (jumps) στις μετρήσεις. Αυτό έχει σαν συνέπεια το drift να εμφανίζεται με αυτές τις έντονες μεταβολές, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.

## Βιβλιογραφία

- 1) Παρασκευάς Μήλας, “Προγράμματα Επίλυσης Βαρυτομετρικών Δικτύων”, ΕΜΠ Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Τομέας Τοπογραφίας, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, 1996, Αθήνα
- 2) Alice S Murray, Ray M. Tracey, “Best Practice in Gravity Surveying”, Australian Geological Survey Organization (AGSO), 2001, Australia
- 3) H.O. Seigel, “A Guide to High Precision Land Gravimeter Surveys, 1995
- 4) Dipl.-Ing. Torben Schüler, “Introduction to Gravimetry, Conducting and Processing Relative Gravity Surveys, Institute of Geodesy and Navigation (IfEN) University FAF Munich, 2000, Germany
- 5) Martin Lederer, “Accuracy of the Relative Gravity Measurement”, Geodetic Control Section, Special Works Department, Land Survey Office, March 2009, Praha

Π. Μήλας, Μ. Παρασκευάς, Ι. Κολοβός, Δ. Παραδείσης, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ  
«Ακρίβειες σχετικών μετρήσεων βαρύτητας – Συγκριτικός προσδιορισμός σε συνθήκες πεδίου με διαφορετικά βαρυτίμετρα»

- 6) M. Van Ruymbeke, “*A new feedback system for instruments equipped with a capacitive transducer*”, Centre de Geophysique Interne Observatoire Royal, Belgique, Proc. 11th Sympos. on Earth Tides, 1989, Helsinki
- 7) M. Van Ruymbeke, R. Vieira, N. d' Oreye, A. Somerhausen, N. Grammatica, “*Technological Approach from Walferdange to Lanzarote: The Edas Concept*”, Observatoire Royal de Belgique, 1990, Bruxelles
- 8) F.J.S.S. Dias, I.P. Escobar, “*A model for adjustment of differential gravity measurements with simultaneous gravimeter calibration*”, Journal of Geodesy, 75: 151-156, 2001, Springer Verlag

Π. Μήλας, Μ. Παρασκευάς, Ι. Κολοβός, Δ. Παραδείσης, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ  
«Ακρίβειες σχετικών μετρήσεων βαρύτητας – Συγκριτικός προσδιορισμός σε συνθήκες πεδίου με διαφορετικά βαρυτίμετρα»

4<sup>ο</sup> Τακτικό Εθνικό Συνέδριο Μετρολογίας  
Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου  
Αθήνα, 3-4 Φεβρουαρίου 2012