

# ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΩΝ (ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΩΝ) ΟΡΓΑΝΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΜΑΤΙΚΗΣ ΤΟΥ Α.Π.Θ.

Ιωάννης Δ. Δούκας και Παρασκευάς Δ. Σαββαΐδης  
Εργαστήριο Γεωδαισίας και Γεωματικής - Τομέας Γεωτεχνικής Μηχανικής  
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών - Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης  
GR-541 24, Τ.Θ. 465, Ελλάδα  
e-mail: [jdoukas@civil.auth.gr](mailto:jdoukas@civil.auth.gr)

**Περίληψη:** Το Εργαστήριο Γεωδαισίας και Γεωματικής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης έχει μια πολυετή ιστορία και πείρα αναφορικά με τη διακρίβωση, τις ρυθμίσεις και τη συντήρηση των γεωδαιτικών (τοπογραφικών) οργάνων. Το Εργαστήριο διατηρεί ένα σύγχρονο παράρτημα διακρίβωσης γεωδαιτικών οργάνων, το οποίο χρησιμοποιεί σύγχρονο σχετικό εξοπλισμό και ειδικευμένο επιστημονικό και τεχνικό προσωπικό. Ο αρχικός στόχος ήταν η διακρίβωση, συντήρηση και επισκευή των γεωδαιτικών οργάνων του Εργαστηρίου, στη συνέχεια όμως το αντικείμενο αυτό αποτέλεσε θέμα για έρευνα, εκπαίδευση και παροχή υπηρεσιών προς το δημόσιο και τον ιδιωτικό τομέα. Στην παρούσα εργασία γίνεται η συνοπτική παρουσίαση των δυνατοτήτων διακρίβωσης που υπάρχουν στο Εργαστήριο, υπό το πρίσμα της τεχνολογίας, του εξοπλισμού και της εξειδίκευσης. Περιγράφονται χώροι και εγκαταστάσεις, ειδικά όργανα, υπολογιστικά συστήματα κ.λπ. που απαρτίζουν ένα σύνολο ικανό να αντεπεξέλθει σε μια μεγάλη ποικιλία ελέγχων και ρυθμίσεων βασικών γεωδαιτικών οργάνων είτε αυτά είναι κλασικά (οπτικομηχανικής δομής), είτε σύγχρονα (ηλεκτρονικο-οπτικομηχανικής δομής).

*Λέξεις-Κλειδιά:* διακρίβωση, γεωδαιτικά – τοπογραφικά όργανα, γεωδαισία

## 1. Εισαγωγή

Η γεωδαιτική επιστήμη, από τον απλούστερο μέχρι τον πλέον πολύπλοκο τομέα της, βασίζεται στη μέτρηση διαφόρων μεγεθών με τη βοήθεια των κατάλληλων οργάνων. Όπως γνωρίζουν πολύ καλά οι μηχανικοί που ασχολούνται με μετρήσεις, η μέτρηση ενός μεγέθους με ένα γεωδαιτικό όργανο υπόκειται σε σφάλματα που οφείλονται στο ίδιο το **όργανο**, στον **παρατηρητή** και στις **συνθήκες περιβάλλοντος**. Οι τρεις αυτές βασικές πηγές σφαλμάτων στις γεωδαιτικές μετρήσεις, αποτελούν καθοριστικό παράγοντα για την τελικά επιτυγχανόμενη ακρίβεια σε οποιαδήποτε γεωδαιτική εργασία. Από τις τρεις αυτές πηγές σφαλμάτων, τα σφάλματα που οφείλονται στα όργανα με τα οποία εκτελούνται οι μετρήσεις μπορούν να περιοριστούν με τη βοήθεια κατάλληλου ελέγχου και ρύθμισης. Η διαδικασία ελέγχου και ρύθμισης οργάνων ονομάζεται **διακρίβωση (calibration)**. Ο σκοπός της διακρίβωσης είναι να επιβεβαιωθεί η καλή λειτουργία του οργάνου σύμφωνα με τις προδιαγραφές ακριβείας του κατασκευαστή, να μειωθεί η επίδραση των συστηματικών σφαλμάτων και να αυξηθεί η ακρίβεια των μετρήσεων με την εφαρμογή των κατάλληλων διορθώσεων. Η διακρίβωση αφορά κάθε είδους τοπογραφικό όργανο, όπως οπτικο-μηχανικούς και ηλεκτρονικούς θεοδολίχους, κλασικούς και ψηφιακούς χωροβάτες, μετροταινίες, όργανα ηλεκτρονικής μέτρησης αποστάσεων (EDM), γεωδαιτικούς σταθμούς και δέκτες GPS. Η διακρίβωση των τοπογραφικών οργάνων είναι μια απαραίτητη διαδικασία που πρέπει να ακολουθείται όχι μόνο για τον έλεγχο και τη

βελτίωση της ακριβείας τους, αλλά και γιατί (πρέπει να) υπάρχουν κανονισμοί που επιβάλλουν τον έλεγχο και ζητούν ειδικό πιστοποιητικό εργαστηρίου για την καταλληλότητα των οργάνων [2].

Στην Ελλάδα, όπως και στις περισσότερες χώρες, υπάρχουν κανονισμοί και προδιαγραφές οι οποίες καθορίζουν τη μεθοδολογία και την απαιτούμενη ακρίβεια εκτέλεσης των διαφόρων γεωδαιτικών, τοπογραφικών και κτηματολογικών εργασιών. Οι προδιαγραφές αυτές δεν ασχολούνται συνήθως με την ανάγκη ελέγχου και ρύθμισης των χρησιμοποιούμενων οργάνων έτσι, ώστε να εξασφαλίζεται η υψηλή και σταθερή μετρητική απόδοση των οργάνων. Επίσης, δεν υπάρχουν συστηματικά εργαστήρια διακρίβωσης τοπογραφικών οργάνων, πέρα από αποσπασματικές πανεπιστημιακές προσπάθειες και κάποια εργαστήρια ελέγχου που ανήκουν σε εταιρείες που αντιπροσωπεύουν κατασκευαστές οργάνων, με περιορισμένη όμως εμβέλεια και εφαρμογή. Από την άλλη πλευρά βέβαια, ο πλήρης έλεγχος ενός σύνθετου γεωδαιτικού οργάνου είναι μια διαδικασία που χρειάζεται κάποιο εύλογο χρονικό διάστημα για να πραγματοποιηθεί, σε ένα εργαστήριο εξοπλισμένο με τα απαραίτητα όργανα ελέγχου, εγκαταστάσεις και με ειδικευμένο προσωπικό.

Ωστόσο, με διάφορες ευκαιρίες, έχουν αρχίσει να τίθενται μέσα από την εθνική νομοθεσία απαιτήσεις ελέγχου των τοπογραφικών οργάνων στα πλαίσια της εξασφάλισης της ποιότητας των τεχνικών έργων, όπως π.χ. με την ΔΠΑΔ/οικ/611/24-7-01 Απόφαση ΥΦ. ΠΕΧΩΔΕ [11] που δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ 1013 Β/2-8-01 και ισχύει από 2-8-01. Στην απόφαση αυτή προβλέπεται ότι *«ο μετρητικός εξοπλισμός, ο οποίος χρησιμοποιείται για την εκτέλεση μετρήσεων των οποίων τα αποτελέσματα παίζουν σημαντικό ρόλο στην ποιότητα του έργου, πρέπει να συντηρείται και να διακρίβώνεται. Η διακρίβωση των οργάνων και συσκευών πρέπει να γίνεται με βάση κοινά αποδεκτές διαδικασίες και να πραγματοποιείται είτε από τον ανάδοχο είτε/και από εξωτερικούς φορείς, ενώ η χρήση μη διακριβωμένων οργάνων δεν επιτρέπεται. Όλα τα παραπάνω πρέπει να περιγράφονται στο ΠΠΕ ή να γίνεται παραπομπή στις αντίστοιχες διαδικασίες ή οδηγίες του συστήματος ποιότητας του αναδόχου»*. Η συγκεκριμένη απόφαση θέτει το θέμα των κοινά αποδεκτών διαδικασιών που παραπέμπει άμεσα στο θέμα της ύπαρξης μιας θεσμοθετημένης μετρητικής και υπολογιστικής μεθόδου ελέγχου, δηλαδή σε **εθνικά ή διεθνή πρότυπα (standards)**.

## 2. Η διακρίβωση και τα εθνικά ή διεθνή πρότυπα

Για το θέμα της διακρίβωσης των τοπογραφικών οργάνων κάθε είδους ισχύουν ενδεικτικά διάφορα διεθνή πρότυπα. Τα πρότυπα αυτά προέρχονται κυρίως από τον **International Organization for Standardization (ISO)** [3]. Ο ISO είναι μία παγκόσμια συνομοσπονδία από εθνικές υπηρεσίες ή οργανισμούς προτυποποίησης από 135 χώρες. Είναι μη κυβερνητικός οργανισμός και ιδρύθηκε το 1947 με κύριο σκοπό τον εναρμονισμό και την ομογενοποίηση των επιμέρους υπάρχοντων προτύπων ανά χώρα έτσι, ώστε να διευκολύνει την παγκόσμια ανταλλαγή προϊόντων και υπηρεσιών.

Σε σχέση με τα γεωδαιτικά όργανα, το έργο του ISO εξελίχθηκε σε συνεργασία με τον **International Federation of Surveyors (FIG)** και ιδιαίτερα την Commission 5 (Positioning and Measurement). Με τα θέματα αυτά ασχολείται η Τεχνική Επιτροπή TC172/SC6 (Geodetic and surveying instruments) του ISO, η οποία ετοίμασε τη σειρά ISO 17123 νέων προτύπων για ελέγχους των τοπογραφικών οργάνων στο πεδίο με γενικό τίτλο "Field Procedures for Determining the Accuracy of Surveying Instruments". Ακόμη, είναι γνωστά και σε χρήση από πολλούς κατασκευαστές τοπογραφικών οργάνων τα πρότυπα του German National Body of Standardization (τα γνωστά DIN standards) και

ειδικά η σειρά DIN 18723 (1-8) με αντικείμενο και πάλι τους ελέγχους των τοπογραφικών οργάνων στο πεδίο [6]. Τα πρότυπα του ISO είναι τα παρακάτω:

- ISO 17123-1:2002 Optics and optical instruments -- Field procedures for testing geodetic and surveying instruments -- Part 1: Theory
- ISO 17123-2:2001 Optics and optical instruments -- Field procedures for testing geodetic and surveying instruments -- Part 2: Levels
- ISO 17123-3:2001 Optics and optical instruments -- Field procedures for testing geodetic and surveying instruments -- Part 3: Theodolites
- ISO 17123-4:2001 Optics and optical instruments -- Field procedures for testing geodetic and surveying instruments -- Part 4: Electro-optical distance meters (EDM instruments)
- ISO 17123-6:2003 Optics and optical instruments -- Field procedures for testing geodetic and surveying instruments -- Part 6: Rotating lasers
- ISO 12858-1, Publication date:1999-04 -- Optics and optical instruments - Ancillary devices for geodetic instruments - Part 1: Invar leveling staffs

Βεβαίως, δεν είναι δυνατό να γίνονται όλοι οι έλεγχοι των οργάνων στο πεδίο. Δυστυχώς, τα υπάρχοντα πρότυπα δεν καλύπτουν το αντικείμενο του ελέγχου των οργάνων στο εργαστήριο με μετρολογικές διαδικασίες. Ωστόσο, αυτή η εφαρμογή των μετρολογικών διαδικασιών απαιτείται πλέον από τις νέες πτυχές της διαχείρισης ποιότητας, όπως ορίζουν τα πρότυπα ISO 9001:2000, αλλά και η πολυπλοκότητα των σύγχρονων συστημάτων μετρήσεων [3]. Πράγματι, τα σύγχρονα συστήματα μέτρησης αποτελούνται από διάφορα ηλεκτρονικά κυρίως μέρη, αισθητήρες, firmware, λογισμικό εφαρμογών, συστήματα επικοινωνίας, μεταφοράς δεδομένων κ.λπ.

Το πρότυπο ISO/IEC 17025 - General requirements for the competence of testing and calibration laboratories περιγράφει με λεπτομέρεια τις απαιτήσεις και τις προδιαγραφές για τη λειτουργία ενός εργαστηρίου διακρίβωσης οργάνων υπό την ευρεία έννοια. Σύμφωνα με το πρότυπο αυτό, στο εργαστήριο αναπτύσσεται ένα Σύστημα Διαχείρισης Ποιότητας (ΣΔΠ) που καλύπτει τις δραστηριότητες του εργαστηρίου που σχετίζονται με τη διακρίβωση οργάνων σε ό,τι αφορά τη διασφάλιση της δυνατότητας συνεχούς παροχής υπηρεσιών, την ικανοποίηση των απαιτήσεων της νομοθεσίας, την αποτελεσματική εφαρμογή και συνεχή βελτίωση ενός ολοκληρωμένου συστήματος λειτουργίας και τη διασφάλιση της ορθότητας και αξιοπιστίας των δοκιμών και ελέγχων που εκτελούνται από το εργαστήριο. Ειδικά όμως για τα τοπογραφικά όργανα, δεν υπάρχουν προτυποποιημένες μετρολογικές διαδικασίες που να καλύπτουν τη μεθοδολογία της εργαστηριακής διακρίβωσής τους. Έτσι, κάθε εργαστήριο ή οργανισμός διακρίβωσης εφαρμόζει τις δικές του μετρολογικές διαδικασίες με τον ανάλογο εξοπλισμό, τεκμηριώνοντας βέβαια την αξιοπιστία των μεθόδων. Το γεγονός αυτό διαπιστώθηκε και σε ειδική έρευνα που έκανε ο EUROMET το 2002 [4]. Ο EUROMET, είναι ένας οργανισμός αποτελούμενος από τις Εθνικές Υπηρεσίες Μετρολογίας των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης που ιδρύθηκε το 1987, για να ενθαρρύνει την αμοιβαία συνεργασία μεταξύ των μελών του σε θέματα μετρολογίας [5].

### **3. Η διακρίβωση τοπογραφικών οργάνων**

Οι οπτικο-μηχανικοί θεοδόλιχοι και χωροβάτες χρησιμοποιούνται παραδοσιακά εδώ και δεκαετίες για τοπογραφικές μετρήσεις. Σήμερα, η χρήση τους έχει αντικατασταθεί σε μεγάλο βαθμό από ηλεκτρονικούς θεοδολίχους και ψηφιακούς

χωροβάτες. Η μέτρηση μηκών γίνεται με μετροταινία και ηλεκτρομαγνητικά όργανα μέτρησης αποστάσεων. Η γενικευμένη χρήση γεωδαιτικών σταθμών (total station) τα τελευταία χρόνια έχει αυξήσει την παραγωγικότητα και ακρίβεια των τοπογραφικών αποτυπώσεων. Τέλος, η χρησιμοποίηση του δορυφορικού συστήματος εντοπισμού θέσης GPS σχεδόν σε κάθε τομέα εφαρμογής της γεωδαιτικής επιστήμης έδωσε τεράστια ώθηση στο κεφάλαιο των εφαρμογών υψηλής τεχνολογίας. Ωστόσο, όπως προαναφέρθηκε, όλα τα παραπάνω όργανα υπόκεινται σε σφάλματα και πρέπει να διακρίβωνονται περιοδικά.

Οι κύριες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη διακρίβωση των τοπογραφικών οργάνων είναι συνοπτικά οι παρακάτω:

1. Για τους θεοδολίχους, τους χωροβάτες και τους γεωδαιτικούς σταθμούς, ο έλεγχος των γεωμετρικών συνθηκών είναι σχετικά απλός και μπορεί να γίνει στο πεδίο από τον ίδιο το μηχανικό. Επίσης μπορεί να γίνει στο εργαστήριο με τη χρήση του οργάνου autocollimator. Ο έλεγχος του οριζοντίου και του κατακόρυφου δίσκου μπορεί να γίνει με μέτρηση “γνωστών” γωνιών και σύγκριση μετρημένων και θεωρητικών τιμών, με τη βοήθεια συμβολόμετρου Laser ή το όργανο autocollimator στο εργαστήριο [2]. Οι ίδιες μέθοδοι εφαρμόζονται για τα γωνιομετρικά συστήματα των γεωδαιτικών σταθμών. Τέλος, με το ίδιο όργανο γίνεται ο έλεγχος του συστήματος οπτικής κέντρωσης.
2. Για τις σταδίες, κλασικές και γραμμωτού κώδικα, ο έλεγχος γίνεται με τη βοήθεια συμβολόμετρου Laser, στο εργαστήριο [2]. Η σταδία τοποθετείται σε ειδικό οριζόντιο ή κατακόρυφο πάγκο και στην αρχή της τοποθετείται το πρίσμα του συμβολόμετρου. Η ανάγνωση των ενδείξεων της σταδίας γίνεται με μεγάλη ακρίβεια με τη βοήθεια μικροσκοπίου. Η πρώτη ανάγνωση λαμβάνεται στο άκρο της σταδίας. Η θέση αυτή αποτελεί και την έναρξη λειτουργίας του συμβολόμετρου. Στη συνέχεια ο παρατηρητής διαβάσει με τη σειρά όλες τις αναγνώσεις της σταδίας μετακινώντας τη σταδία κάτω από το ακίνητο μικροσκόπιο και ενεργοποιώντας κάθε φορά το συμβολόμετρο. Η μετακίνηση αυτή, που γίνεται εύκολα με τη βοήθεια ειδικών τροχών, ελέγχεται κάθε φορά από το συμβολόμετρο που μετρά την πραγματική μετακίνηση (δηλαδή το μέγεθος της πραγματικής υποδιαίρεσης κάθε φορά).
3. Για τις μετροταινίες ο έλεγχος συνήθως γίνεται με σύγκριση της μετροταινίας με άλλη, ελεγμένα “γνωστού μήκους”, υπό κανονική τάση και συνθήκες θερμοκρασίας [2]. Να σημειωθεί πάντως ότι η μετροταινία (μεταλλική ή πλαστική) χρησιμοποιείται σήμερα σε καθημερινές εργασίες που δεν απαιτούν ιδιαίτερη ακρίβεια.
4. Για τα ηλεκτρομαγνητικά όργανα μέτρησης αποστάσεων (όργανα EDM) και τους γεωδαιτικούς σταθμούς (ως προς τη μέτρηση μηκών), ο έλεγχος γίνεται σε βάση ελέγχου στο πεδίο ή σε εργαστηριακό χώρο χωρισμένη σε τμήματα με βάθρα [1], [8], [10]. Το προς εξέταση όργανο μετρά τα τμήματα της βάσης σε διάφορους συνδυασμούς. Από την επεξεργασία προκύπτει η προσθετική σταθερά ή μηδενικό σφάλμα του οργάνου. Με άλλη διαδικασία υπολογίζεται το κυκλικό σφάλμα, ενώ ο έλεγχος συχνότητας λειτουργίας γίνεται με τη χρήση συχνομέτρου.
5. Για τους δέκτες GPS η διαδικασία ελέγχου περιλαμβάνει την τοποθέτησή τους σε σημεία γνωστών συντεταγμένων (κορυφές τριγωνομετρικού δικτύου ή βάθρα βάσης ελέγχου) και τη σύγκριση των συντεταγμένων που υπολογίζονται από τις μετρήσεις με τις γνωστές [3], [7], [9].

#### 4. Το Εργαστήριο Γεωδαισίας και Γεωματικής Α.Π.Θ.

Το Εργαστήριο Γεωδαισίας του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ. ιδρύθηκε το 1957, δύο χρόνια μετά την ίδρυση της πρώην έδρας της Γεωδαισίας με τον ιδρυτικό νόμο της Πολυτεχνικής Σχολής και του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών. Το 2004 μετονομάστηκε σε Εργαστήριο Γεωδαισίας και Γεωματικής εκσυγχρονίζοντας το γνωστικό του αντικείμενο. Στα χρόνια λειτουργίας του, το Εργαστήριο Γεωδαισίας και Γεωματικής ανέπτυξε επιστημονικές και ερευνητικές δραστηριότητες παράλληλα με τη διδασκαλία των μαθημάτων της Γεωδαισίας. Επίσης ασχολήθηκε με την παροχή υπηρεσιών προς το δημόσιο και τον ιδιωτικό τομέα στα γνωστικά αντικείμενα που καλύπτει.

Το Εργαστήριο Γεωδαισίας και Γεωματικής ανάλογα των δραστηριοτήτων του χωρίζεται σε τέσσερα επί μέρους τμήματα:

- Το Τμήμα ελέγχου κατασκευών και ειδικών αποτυπώσεων που καλύπτει τις απαιτήσεις προσδιορισμού των παραμορφώσεων τεχνικών έργων, την αποτύπωση κτιρίων και μνημείων και τον τρισδιάστατο έλεγχο της γεωμετρικής ποιότητας βιομηχανικών προϊόντων μεγάλων διαστάσεων, ογκωδών αντικειμένων και τμημάτων ή συνόλων δομικών έργων.
- Το Τμήμα διακρίβωσης τοπογραφικών οργάνων που καλύπτει τις απαιτήσεις ελέγχου της ακριβείας μέτρησης των διαφόρων γεωδαιτικών οργάνων, όπως γεωδαιτικοί σταθμοί, ηλεκτρονικοί και μηχανικοί θεοδόλιχοι, ηλεκτρονικά όργανα μέτρησης αποστάσεων (EDM), μετροταινίες και σταδίες.
- Το Τμήμα GPS που καλύπτει τις εφαρμογές του δορυφορικού συστήματος προσδιορισμού θέσης GPS για γεωδαιτικούς σκοπούς, αλλά και για τη ναυσιπλοΐα και τον έλεγχο της κίνησης οχημάτων.
- Το Τμήμα GIS που καλύπτει τη δημιουργία διαφόρων εφαρμογών Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών για Ο.Τ.Α., επιχειρήσεις του ιδιωτικού ή του δημόσιου τομέα και άλλες υπηρεσίες του δημοσίου.

Η παροχή υπηρεσιών από το Εργαστήριο Γεωδαισίας και Γεωματικής ακολουθεί τις παρακάτω κατευθύνσεις:

- Τον έλεγχο τεχνικών έργων ή και εκτεταμένων εδαφικών περιοχών για φαινόμενα παραμορφώσεων, καθιζήσεων ή κατολισθήσεων που αποβλέπει τόσο στην προστασία του έργου και του περιβάλλοντος, όσο και στην προστασία των εργαζομένων σε ειδικά τεχνικά έργα. Επίσης, το γεωμετρικό έλεγχο της μορφής και διαστάσεων διαφόρων αντικειμένων και βιομηχανικών προϊόντων.
- Τη δόμηση εξειδικευμένων εφαρμογών σε Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS) με ειδίκευση στα συστήματα διαχείρισης επιπτώσεων φυσικών καταστροφών με τη χρήση του Διαδικτύου.
- Την παροχή υπηρεσιών για το σχεδιασμό και οργάνωση εφαρμογών με το δορυφορικό σύστημα εντοπισμού θέσης GPS (συστήματα διαχείρισης στόλου οχημάτων, fleet management systems) με τη βοήθεια δορυφορικών διορθώσεων που εκπέμπονται από το Σταθμό Συνεχούς Αναφοράς GPS που λειτουργεί σε 24ωρη βάση στο Εργαστήριο από το έτος 2000. Επίσης, το Εργαστήριο σχεδίασε και διαθέτει ένα σύστημα παρακολούθησης της κίνησης στόλου οχημάτων βασισμένο στην τεχνολογία GPS, το σύστημα **VECON** (VEhicle COntrol and Navigation).
- Τη διακρίβωση τοπογραφικών ηλεκτρονικών και οπτικών οργάνων μέτρησης. Ήδη αυτή η δυνατότητα χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των γεωδαιτικών οργάνων του Εργαστηρίου Γεωδαισίας σε τακτική βάση (περίπου 60 θεοδόλιχοι, 50

χωροβάτες, 20 γεωδαιτικοί σταθμοί, 7 δέκτες GPS διαφόρων τύπων κ.ά.), οργάνων του Τμήματος Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών Α.Π.Θ. και οργάνων ιδιωτών ως παροχή υπηρεσιών.

- Τη χρησιμοποίηση σύγχρονης τεχνολογίας για την εκτέλεση ειδικών αποτυπώσεων (π.χ. μνημείων και κτιρίων) τόσο για την τεκμηρίωση, όσο και για τον εντοπισμό παραμορφώσεων και προστασία από πιθανές ζημιές ή καταστροφές.

## **5. Η διακρίβωση τοπογραφικών οργάνων στο Εργαστήριο Γεωδαισίας και Γεωματικής Α.Π.Θ.**

Για τις ανάγκες διακρίβωσης τοπογραφικών οργάνων, το Εργαστήριο Γεωδαισίας και Γεωματικής διαθέτει μία αξιολογη υποδομή σε όργανα και εγκαταστάσεις. Επιπλέον, το υπάρχον ειδικό προσωπικό του Εργαστηρίου διαθέτει την εμπειρία για την επισκευή και συντήρηση των περισσότερων τοπογραφικών οργάνων. Οι πίνακες 1, 2, 3 και 4 δείχνουν τις εργασίες διακρίβωσης, ρύθμισης και συντήρησης χωροβατών, οργάνων EDM, θεοδολίχων και γεωδαιτικών σταθμών αντίστοιχα που εκτελούνται στο Εργαστήριο. Τα κυριότερα όργανα και εγκαταστάσεις διακρίβωσης είναι:

- Ένα Συμβολόμετρο Laser μέτρησης διαφορών απόστασης με ακρίβεια  $10^{-7}$  m με το οποίο είναι δυνατή η διακρίβωση οργάνων μέτρησης αποστάσεων (μετροταινίες, όργανα EDM και Γεωδαιτικοί Σταθμοί), οργάνων μέτρησης γωνιών (θεοδολίχοι και γεωδαιτικοί σταθμοί) και σταδίων (σχ. 1).
- Βάση ελέγχου (calibration baseline) στο χώρο του αγροκτήματος του Α.Π.Θ. μήκους 800 m με επτά βάθρα σε διάφορες αποστάσεις μεταξύ τους (σχ. 2). Στη βάση αυτή μπορεί να υπολογίζεται η προσθετική σταθερά και το κυκλικό σφάλμα οργάνων EDM και γεωδαιτικών σταθμών. Επίσης να ελέγχεται η αξιοπιστία των δεκτών GPS.
- Βάση ελέγχου στο χώρο του Εργαστηρίου Γεωδαισίας και Γεωματικής μήκους 30 m με πέντε μεταλλικά βάθρα. (σχ. 3). Υπό κατασκευή βρίσκεται ειδική εργαστηριακή διάταξη που θα επιτρέπει και τον υπολογισμό του κυκλικού σφάλματος των οργάνων που αναφέρθηκαν παραπάνω. Στο ένα άκρο θα τοποθετείται το προς διακρίβωση όργανο. Σε τμήμα της βάσης στο άλλο άκρο θα προσαρμοσθεί βαγονέτο σε τροχιές για την τοποθέτηση ανακλαστήρων για τη μέτρηση αποστάσεων τόσο με το υπό έλεγχο όργανο, όσο και με το υπάρχον όργανο μέτρησης διαφορών απόστασης με εξαιρετικά υψηλή ακρίβεια (συμβολόμετρο Laser). Θα υπάρχει αυτοματοποίηση των κινήσεων και των αναγνώσεων με τη βοήθεια Η/Υ και λογισμικού. Η βάση αυτή μπορεί να χρησιμοποιείται για τη διακρίβωση μετροταινιών, ηλεκτρονικών οργάνων μέτρησης μηκών (EDM και γεωδαιτικοί σταθμοί), καθώς και σταδίων. Για τα όργανα που μετρούν μήκη θα προσδιορίζεται το κυκλικό τους σφάλμα, αλλά και η προσθετική σταθερά για μικρά μήκη.
- Ένα όργανο autocollimator με το οποίο είναι δυνατός ο έλεγχος και η ρύθμιση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών οποιουδήποτε τοπογραφικού οργάνου με πολύ μεγάλη ακρίβεια (σκοπευτικός άξονας, σταυρόνημα, σύστημα κέντρωσης). Με το ίδιο όργανο ελέγχεται και η βαθμονόμηση του οριζόντιου και κατακόρυφου δίσκου μέτρησης γωνιών στους θεοδολίχους. Είναι ακόμη δυνατή η επισκευή οπτικών κυρίως οργάνων (σχ. 4).

- Μετρητή συχνοτήτων (συχνόμετρο) ακριβείας, με δυνατότητα μέτρησης συχνοτήτων μέχρι 50 MHz
- Ειδικό όργανο ελέγχου αεροσταθμών.
- Πρότυπα μετεωρολογικά όργανα (βαρόμετρο, θερμομόμετρο) και ειδικές συσκευές (θερμοθαλάμους) ελέγχου θερμομέτρων.



Σχ. 1. Το Συμβολόμετρο Laser για τη διακρίβωση οργάνων μέτρησης αποστάσεων



Σχ. 2. Η βάση ελέγχου (calibration baseline) μήκους 800 m για τη διακρίβωση οργάνων μέτρησης αποστάσεων και δεκτών GPS



Σχ. 3. Η βάση ελέγχου μήκους 30 m στο χώρο του Εργαστηρίου Γεωδαισίας και Γεωματικής για τη διακρίβωση οργάνων μέτρησης αποστάσεων

<b>Πίνακας 1: Διακρίβωση, ρύθμιση και συντήρηση χωροβατών</b>	
α/α	ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ
<b>Βασικές εργασίες</b>	
1	Γενική διακρίβωση, ρύθμιση και συντήρηση: 1. Σύστημα σκόπευσης 2. Αεροστάθμες, χοντρική και ακριβείας 3. Ρύθμιση σφαλμάτων
2	Μόνο διακρίβωση, χωρίς ρυθμίσεις και συντήρηση
<b>Επιπλέον εργασίες</b>	
1	Ρύθμιση του συστήματος αυτόματης οριζοντίωσης
2	Ρύθμιση κεκλιμένου σταυρονήματος
3	Συντήρηση τριχοχλίων

<b>Πίνακας 2: Διακρίβωση, ρύθμιση και συντήρηση ηλεκτρονικών οργάνων EDM</b>	
α/α	ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ
<b>Βασικές εργασίες</b>	
1	Γενική διακρίβωση, ρύθμιση και συντήρηση: 1. Σύστημα σκόπευσης 2. Ρύθμιση EDM 3. Έλεγχος μπαταριών
2	Μόνο ρύθμιση EDM
3	Μόνο διακρίβωση, χωρίς ρυθμίσεις και συντήρηση
<b>Επιπλέον εργασίες</b>	
1	Έλεγχος σφαλμάτων σε βάση ελέγχου (Προσθετική σταθερά, κυκλικό σφάλμα)

- Ειδικά λογισμικά πακέτα για την ανάλυση των μετρήσεων ελέγχου και των υπολογισμό σφαλμάτων τα οποία συντάχθηκαν από το προσωπικό του Εργαστηρίου.



Σχ. 4. Όργανο autocollimator με το οποίο είναι δυνατός ο έλεγχος και η ρύθμιση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών οποιουδήποτε τοπογραφικού οργάνου

<b>Πίνακας 3: Διακρίβωση, ρύθμιση και συντήρηση κλασικών και ηλεκτρονικών θεοδολίων</b>	
α/α	ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ
<b>Βασικές εργασίες</b>	
1	Γενική διακρίβωση, ρύθμιση και συντήρηση: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Οριζόντιος δίσκος (έλεγχος)</li> <li>2. Κατακόρυφος δίσκος (έλεγχος)</li> <li>3. Σφάλματα γωνιών (ρύθμιση)</li> <li>4. Σύστημα σκόπευσης (ρύθμιση)</li> <li>5. Αεροστάθμες, χοντρική και ακριβείας (ρύθμιση)</li> <li>6. Οπτική κέντρωση (ρύθμιση)</li> <li>7. Έλεγχος μπαταριών (για ηλεκτρονικά όργανα)</li> </ol>
2	Ρύθμιση μόνο σφαλμάτων γωνιών και αεροσταθμών
3	Μόνο διακρίβωση, χωρίς ρυθμίσεις και συντήρηση
<b>Επιπλέον εργασίες</b>	
1	Ρύθμιση κέντρωσης οριζοντίου δίσκου
2	Ρύθμιση κέντρωσης κατακόρυφου δίσκου
3	Ρύθμιση δευτερεύοντος άξονα
4	Ρύθμιση του συστήματος αυτόματης κατακορύφωσης
5	Ρύθμιση μετατοπίσεων πρισμάτων οπτικού συστήματος
6	Ρύθμιση σκοπευτικού συστήματος
7	Ρύθμιση ανασταλτικών οριζόντιας και κατακόρυφης κίνησης
8	Ρύθμιση οπτικής κέντρωσης
9	Ρύθμιση σταυρονήματος
10	Συντήρηση τριχογλίων

<b>Πίνακας 4: Διακρίβωση, ρύθμιση και συντήρηση Γεωδαιτικών σταθμών (Total Station)</b>	
α/α	ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ
<b>Βασικές εργασίες</b>	
1	Γενική διακρίβωση, ρύθμιση και συντήρηση (για μετρήσεις γωνιών και μηκών): 1. Οριζόντιος δίσκος (έλεγχος) 2. Κατακόρυφος δίσκος (έλεγχος) 3. Σφάλματα γωνιών (ρύθμιση) 4. Ρύθμιση EDM 5. Σύστημα σκόπευσης (ρύθμιση) 6. Αεροστάθμες, χοντρική και ακριβείας (ρύθμιση) 7. Οπτική κέντρωση (ρύθμιση) 8. Έλεγχος μπαταριών
2	Διακρίβωση, ρύθμιση και συντήρηση (για μετρήσεις μόνο γωνιών) : 1. Οριζόντιος δίσκος (έλεγχος) 2. Κατακόρυφος δίσκος (έλεγχος) 3. Σφάλματα γωνιών (ρύθμιση) 4. Σύστημα σκόπευσης (ρύθμιση) 5. Αεροστάθμες, χοντρική και ακριβείας (ρύθμιση) 6. Οπτική κέντρωση (ρύθμιση) 7. Έλεγχος μπαταριών
3	Ρύθμιση EDM και σκοπευτικού άξονα (για μετρήσεις μόνο μηκών)
4	Ρύθμιση μόνο σφαλμάτων γωνιών και αεροσταθμών
5	Μόνο διακρίβωση (γωνιών και μηκών), χωρίς ρυθμίσεις και συντήρηση
<b>Επιπλέον εργασίες</b>	
1	Ρύθμιση κέντρωσης οριζοντίου δίσκου
2	Ρύθμιση κέντρωσης κατακόρυφου δίσκου
3	Ρύθμιση δευτερεύοντος άξονα
4	Ρύθμιση του συστήματος αυτόματης κατακορύφωσης
5	Έλεγχος σφαλμάτων σε βάση ελέγχου για το EDM (Προσθετική σταθερά, κυκλικό σφάλμα)
6	Ρύθμιση μετατοπίσεων πρισμάτων οπτικού συστήματος
7	Ρύθμιση σκοπευτικού συστήματος
8	Ρύθμιση ανασταλτικών οριζόντιας και κατακόρυφης κίνησης
9	Ρύθμιση οπτικής κέντρωσης
10	Ρύθμιση σταυρονήματος
11	Συντήρηση τριχογλίων

Το προσωπικό του Εργαστηρίου διαθέτει την υποδομή και την εμπειρία για τη χρήση και λειτουργία του εξοπλισμού, την εφαρμογή πρότυπων τεχνικών μεθόδων/τεχνικών προδιαγραφών, τον έλεγχο υπολογισμών, επεξεργασίας και μεταφοράς δεδομένων.

Τέλος, το Εργαστήριο έχει σχεδιάσει και υλοποιήσει ένα σύνθετο μετρητικό σύστημα για τη διακρίβωση των δορυφορικών δεκτών GPS που χρησιμοποιούνται στα συστήματα διαχείρισης στόλου οχημάτων. Η παροχή δυνατότητας εντοπισμού θέσης σε κινούμενα οχήματα με το σύστημα GPS και η παρακολούθηση αυτών είναι ένας τελείως σύγχρονος τομέας που ενδιαφέρει εταιρείες οδικής βοήθειας, εταιρείες μεταφορών,

εταιρείες TAXI, εταιρείες διανομών προϊόντων, ΕΚΑΒ, Αστυνομία, Οργανισμούς Κοινής Ωφελείας κλπ.

Με τα συστήματα αυτά βελτιώνεται σε σημαντικό βαθμό η παραγωγικότητα και η ανταγωνιστικότητα τέτοιων επιχειρήσεων, καθώς και η ασφάλεια ή η έγκαιρη επέμβαση των υπηρεσιών βοήθειας. Ωστόσο, για την ορθή και αποτελεσματική χρήση τους απαιτείται η διακρίβωσή τους. Το σύστημα διακρίβωσης που έχει δημιουργηθεί αποτελείται από τέσσερις δέκτες GPS δύο συχνοτήτων (L1/L2) οι οποίοι τοποθετούνται με ειδική βάση πάνω σε ένα όχημα μετρήσεων μαζί με το δέκτη του προς εξέταση συστήματος και θα είναι συνδεδεμένοι με Η/Υ. Το όχημα κινείται σε διάφορες οδούς εκτελώντας μετρήσεις από τις οποίες με τη βοήθεια κατάλληλου λογισμικού και σε συνδυασμό με τον ήδη λειτουργούντα Σταθμό Συνεχούς Αναφοράς GPS στο Εργαστήριο Γεωδαισίας προκύπτει η ακρίβεια εντοπισμού θέσης που παρέχει το προς έλεγχο σύστημα.

## 6. Συμπεράσματα

Η διακρίβωση τοπογραφικών οργάνων πάσης φύσης καθώς και η θέσπιση των σχετικών αποτελεσματικών προδιαγραφών και προτύπων είναι αναμφισβήτητα μια προφανής επιτακτική ανάγκη για την ελληνική τεχνική κοινότητα. Μια προσπάθεια διακρίβωσης και τους όποιους περιοδικούς ελέγχους, θα τα συναντήσουμε κυρίως στον πανεπιστημιακό χώρο. Από την άλλη πλευρά, η διεθνής πρακτική παρέχει ποικιλία οργάνων και μεθόδων που σχετικά απλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν με αποτέλεσμα τη βελτίωση της ποιότητας και της ακριβείας των τοπογραφικών μελετών. Σε κάθε περίπτωση, είναι απαραίτητη η νομοθετική ρύθμιση της αναγκαιότητας διακρίβωσης των τοπογραφικών οργάνων και η θέσπιση ειδικού πιστοποιητικού καλής λειτουργίας των οργάνων μέτρησης.

Το Εργαστήριο Γεωδαισίας και Γεωματικής έχει προχωρήσει σε ενημέρωση των δημόσιων υπηρεσιών που χρησιμοποιούν τέτοια όργανα, αλλά και των Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ως προς την αναγκαιότητα ελέγχου των τοπογραφικών οργάνων. Ο τελικός σκοπός είναι η προσαρμογή τελικά της ελληνικής νομοθεσίας σε θέματα ποιότητας των εκτελούμενων μετρήσεων και χρησιμοποιούμενων οργάνων.

Στον τομέα της διακρίβωσης των γεωδαιτικών (τοπογραφικών) οργάνων, το Εργαστήριο Γεωδαισίας και Γεωματικής είναι ίσως το μόνο εργαστήριο στην Ελλάδα που διαθέτει το βασικό εξοπλισμό και την τεχνογνωσία για τέτοιου είδους παροχή υπηρεσιών. Το Εργαστήριο μπορεί να κάνει διακρίβωση όλων των βασικών τοπογραφικών οργάνων με τη χρήση τεκμηριωμένων μεθοδολογιών με συνέπεια και αξιοπιστία. Έχει αναπτύξει μετά από πολύ μελέτη και δοκιμές αυτές ακριβώς τις μετρολογικές διαδικασίες ελέγχου και έχει συντάξει ειδικό λογισμικό για όλες τις εφαρμογές

Τέλος, έχει γίνει έναρξη της διαδικασίας διαπίστευσης από το ΕΣΥΔ Συστήματος Οργάνωσης και Λειτουργίας του Εργαστηρίου Γεωδαισίας και Γεωματικής σύμφωνα με το πρότυπο ISO/IEC 17025, για τις υπηρεσίες διακρίβωσης γεωδαιτικών οργάνων και της διαδικασίας πιστοποίησης Συστήματος Διοίκησης Ποιότητας του Εργαστηρίου σύμφωνα με το πρότυπο ISO 9001:2000, για το σύνολο των υπηρεσιών που προσφέρει.

Η παροχή υπηρεσιών στο θέμα της διακρίβωσης των τοπογραφικών οργάνων αποτελεί μια ρεαλιστική επιλογή στην οποία το Εργαστήριο αναζητά ερεθίσματα για την αποτελεσματική σύνδεση με την παραγωγή τοπογραφικού έργου. Επί πλέον αναζητά υλικούς πόρους για τη βελτίωση των υποδομών και του εξοπλισμού του, παρέχοντας στον ιδιωτικό και δημόσιο τομέα βελτίωση της ποιότητας και αξιόπιστες εξειδικευμένες υπηρεσίες.

## Βιβλιογραφία

- [1]. Department of Natural Resources and Environment: EDM Calibration Handbook, Edition 7, Land Victoria, Australia, 2002.
- [2]. Δούκας Ι., Μπαντέλας Α., Πετρίδου-Χρυσοχοΐδου Ν., Σαββαΐδης Π. και Υφαντής Ι.: Η αναγκαιότητα ελέγχου και ρύθμισης γεωδαιτικών οργάνων, Επιστημονικό Συνέδριο "Ο Αγρονόμος και Τοπογράφος Μηχανικός προς το 2000. Εξελίξεις - Προοπτικές - Δυνατότητες", Σύλλογος ΑΤΜ Β. Ελλάδος, Θεσσαλονίκη 6-8 Δεκεμβρίου, 1990.
- [3]. Doukas I. D., Ifadis I. M., Lakakis K., Petridou-Chrysohoidou N., Savvaidis P.: Calibrating Geodetic Instruments, GeoInformatics, Vol. 7, pp. 18-21, October/November, 2004.
- [4]. EUROMET: Traceability of surveying and geodetic instruments, EUROMET PROJECT #588, 2002.
- [5]. EUROMET: Metrology – In Short, 2<sup>nd</sup> Edition, <http://www.euromet.org/>, 2004.
- [6]. Heister, H. and Slaboch, V.: Report on Standards, Quality Assurance and Calibration - FIG WG 5.1 Activities in 1998-2002, FIG XXII International Congress, Washington DC, USA, 2002.
- [7]. Katsambalos, K. and Savvaidis, P.: A Calibration Network for the Control of GPS Receivers, P.O.B., Vol. 21, No. 5, pp. 87-91, 1996.
- [8]. Petridou-Chrysochoidou, N.: Investigation on the Short Range EDM Instrument Errors, PhD Thesis, Department of Civil Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, 1998.
- [9]. Rizos, C.: Principles and Practice of GPS Surveying - Version 1.1., Satellite Navigation & Positioning Laboratory (SNAP), University of New South Wales, Australia, 1999.
- [10]. Rueger, J. M: Electronic Distance Measurement - An Introduction. 3<sup>rd</sup> Totally Revised Edition - Springer-Verlag, 1990.
- [11]. ΥΦ.ΠΕΧΩΔΕ (ΦΕΚ 1013Β/02-08-2001): Οδηγίες υποχρεωτικής εφαρμογής για το περιεχόμενο, τον έλεγχο και την έγκριση Προγράμματος Ποιότητας Έργου, <http://www.tee.gr/online/afieromata/2001/2174/pg042.shtml>, 2001.