ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗ ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Λορέντζος Γλυνός
Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ
e-mail: lglynos@yahoo.gr

Περίληψη

Η εργασία έχει ως αντικείμενο την πειραματική εφαρμογή ελέγχου και διακρίβωσης χωροσταθμικών συστημάτων (συστήματα τα οποία μετρούν υψομετρικές διαφορές) στη βάση ελέγχου, η οποία έχει υλοποιηθεί και τοποθετηθεί στη Σχολή Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών Ε.Μ.Π.

Πολύ σημαντική εργασία της εφαρμογής είναι η βαθμονόμηση της συγκεκριμένης βάσης ελέγχου. Στη διαδικασία της βαθμονόμησης χρησιμοποιείται χωροσταθμικό σύστημα 1^{ης} τάξης που αποτελείται από ένα χωροβάτη ακριβείας και μία ψηφιακή σταδία Invar, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή ακρίβεια στις μετρήσεις.

Παρουσιάζεται η διακρίβωση και ο έλεγχος τεσσάρων διαφορετικών χωροσταθμικών συστημάτων. Τα συστήματα που ελέγχθηκαν είναι χωροσταθμικά συστήματα εργοταξίου, περιορισμένης ακρίβειας.

Σκοπός της εφαρμογής είναι να διαπιστωθεί η καταλληλότητα των υπό έλεγχο συστημάτων για μετρήσεις, εάν δηλαδή μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε τρέχουσες τοπογραφικές εργασίες.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται αναλυτικά όλες οι διαδικασίες της βαθμονόμησης και των διακριβώσεων καθώς και τα αποτελέσματα τους αναλυτικά με πίνακες και διαγράμματα.

Η συγκεκριμένη μεθοδολογία ελέγχου αποτελεί μια καινοτομία η οποία εφαρμόζεται πρώτη φορά τόσο στην Ελλάδα όσο και παγκοσμίως. Η βάση ελέγχου είναι οικονομική, κατασκευασμένη από υλικά που μπορούν να προμηθευτούν με ευκολία και εύκολη στη βαθμονόμησή της. Συνεπώς, σκοπός είναι να παρέχεται μία αξιόπιστη, εύκολη, γρήγορη και οικονομική διαδικασία ελέγχου και διακρίβωσης χωροσταθμικών συστημάτων.

Λέξεις-κλειδιά: Χωροσταθμικό σύστημα, βάση ελέγχου, βαθμονόμηση, έλεγχος, διακρίβωση

Abstract

The thesis refers to the experimental application of checking and calibrating levelling systems (systems that we use to measure altitude difference) upon the testing base, which is materialized and placed at the School of Rural and Surveying Engineering of National Technical University of Athens.

The graduation of the testing base is a very important process of the application. During the process of graduation, a high precision levelling system is used, consisted of a high precision level and an Invar levelling staff, in order to achieve maximum precision in measurments.

The process of graduation is followed by the process of checking and calibrating the levelling systems, which are 4 in the present thesis. The levelling systems that were checked and calibrated are systems of mediocre precision.

The objective of this application is to note whether the levelling systems are appropriate for measurements or not. In other words, this application checks if we can use them in surveying operations.

In this thesis all the processes of graduation and calibrations are presented as well as their results, followed by indexes and charts.

This specific checking procedure is an innovation applied for the first time both in Greece and worldwide. The testing base is cheap, constructed by materials easy to find and the process of graduation is simple. So, basic aim is to provide a reliable, easy, quick and economical procedure of checking and calibrating levelling systems.

Key words: Levelling system, testing base, graduation, check, calibration

1. Εισαγωγή

Η Μετρολογία αποτελεί την επιστήμη που έχει ως αντικείμενο τον έλεγχο και την εξασφάλιση της ακρίβειας και της ορθότητας όλων των ειδών των μετρήσεων.

Οι επιδόσεις των οργάνων μέτρησης δεν είναι σταθερές στη διάρκεια της χρήσης τους και για το λόγο θα πρέπει να ελέγχονται και να επαναδιακριβώνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα. Στη μετρολογία το αποτέλεσμα κάθε μέτρησης θα πρέπει να συνοδεύεται και από την αβεβαιότητά του. [Μαθιουλάκης Ε.,2004].

Ο υπολογισμός των ορθομετρικών υψομετρικών διαφορών και ο προσδιορισμός ορθομετρικών υψομέτρων των σημείων της Φυσικής Γήινης Επιφάνειας γίνεται με διάφορες μεθόδους, η ακριβέστερη των οποίων είναι η γεωμετρική χωροστάθμηση [Λάμπρου Ε. κ.α, 2010]. Στη συγκεκριμένη μέθοδο χρησιμοποιείται ως βασικό όργανο ο χωροβάτης και ως κύριο βοηθητικό όργανο ο χωροσταθμικός πήχης ή σταδία. Ο συνδυασμός των οργάνων αυτών ορίζεται ως **χωροσταθμικό σύστημα**.

Ο χωροβάτης αποτελεί το κύριο όργανο που χρησιμοποιείται στη γεωμετρική χωροστάθμηση και μπορεί να είναι οπτικομηχανικός ή ψηφιακός. Αποτελείται από το τηλεσκόπιο, που ορίζει τον σκοπευτικό άξονα (ΣΣ΄) το οποίο μπορεί να περιστρέφεται γύρω από τον πρωτεύοντα άξονα (ΠΠ΄).

Ανάλογα με την κατηγορία του χωροβάτη (οπτικομηχανικό ή ψηφιακό) και την απαιτούμενη ακρίβεια προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών χρησιμοποιούνται ειδικοί αριθμημένοι χωροσταθμικοί πήχεις ή σταδίες διαφόρων ειδών. Μπορεί να είναι αναλογικές ή ψηφιακές.

Έως και σήμερα, για τον έλεγχο των ψηφιακών χωροσταθμικών συστημάτων χρησιμοποιούνται μεθοδολογίες που είχαν αναπτυχθεί αποκλειστικά για τους οπτικομηχανικούς χωροβάτες οι οποίες δεν αξιοποιούν τις δυνατότητες των σύγχρονων ψηφιακών χωροσταθμικών συστημάτων. Επίσης χωροσταθμικά παρελκόμενα, όπως οι σταδίες, έχουν αλλάξει μορφή και από την αναλογική έχουν περάσει σε αυτή του γραμμικού κώδικα με αποτέλεσμα οι προγενέστερες μεθοδολογίες ελέγχου τους, να μη βρίσκουν εφαρμογή στις σύγχρονες ψηφιακές σταδίες.

Βασικό αντικείμενο της εργασίας είναι η πειραματική εφαρμογή ενός νέου αυτοματοποιημένου προτύπου ελέγχου και διακρίβωσης των ψηφιακών χωροσταθμικών συστημάτων αξιοποιώντας τη σύγχρονη τεχνολογία στους ψηφιακούς χωροβάτες και στις ψηφιακές σταδίες γραμμικού κώδικα.

Στόχος της συγκεκριμένης μεθοδολογίας είναι να παρέχει μία αξιόπιστη, εύκολη, γρήγορη και οικονομική διαδικασία ελέγχου και διακρίβωσης ψηφιακών χωροσταθμικών συστημάτων.

Ως χωροσταθμικό σύστημα ορίζεται το σύστημα χωροβάτη – χωροσταθμικού πήχη (σταδίας) που χρησιμοποιείται κάθε φορά για τον προσδιορισμό μιας ορθομετρικής υψομετρικής διαφοράς.

Για τον έλεγχο των μετρητικών οργάνων συστημάτων, ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO) έχει δημιουργήσει το Διεθνές Πρότυπο ISO 17123 το οποίο σχεδιάστηκε από την Υποεπιτροπή SC 6 «Γεωδαιτικά και Τοπογραφικά όργανα» της Τεχνικής Επιτροπής ISO/TC 172, «Οπτική και οπτικά όργανα». [International Standard ISO 17123–2, 2001]

Σκοπός του ISO 17123–2 είναι να καθορίζει τις διαδικασίες πεδίου που πρέπει να υιοθετηθούν κατά τον καθορισμό και την αξιολόγηση της ακρίβειας των χωροβατών και του βοηθητικού εξοπλισμού τους όταν χρησιμοποιούνται σε κατασκευαστικά έργα και τοπογραφικές μετρήσεις.

Αυτό το διεθνές πρότυπο μπορεί να θεωρηθεί ως ένα από τα πρώτα βήματα στη διαδικασία αξιολόγησης της αβεβαιότητας μίας μέτρησης (ή καλύτερα ενός μετρούμενου μεγέθους). Η αβεβαιότητα του αποτελέσματος της μέτρησης εξαρτάται από ένα αριθμό παραγόντων. Μεταξύ άλλων τέτοιοι παράγοντες είναι η επαναληψιμότητα και η αναπαραγωγιμότητα (μεταξύ ημερήσιας επαναληψιμότητας) Θα πρέπει, ακόμη, να γίνεται ολοκληρωμένη αξιολόγηση όλων των πιθανών πηγών σφάλματος.

Οι εν λόγω διαδικασίες έχουν αναπτυχθεί ειδικά για επί τόπου εφαρμογές, χωρίς την ανάγκη ειδικού βοηθητικού εξοπλισμού και έχουν σκόπιμα σχεδιαστεί για να ελαχιστοποιηθούν οι ατμοσφαιρικές επιδράσεις.

Όπως αναφέρεται στο ISO 17123–2, πριν από την έναρξη κάθε τοπογραφικής εργασίας, είναι σημαντικό να ερευνηθεί αν η ακρίβεια του εξοπλισμού μέτρησης είναι κατάλληλη για την προβλεπόμενη εργασία μέτρησης.

Ο χωροβάτης και ο βοηθητικός εξοπλισμός του πρέπει να είναι σε γνωστή και αποδεκτή κατάσταση καθώς και να χρησιμοποιούνται με τρίποδα και τα κατάλληλα παρελκόμενα, όπως συνιστάται από τον κατασκευαστή.

Τα αποτελέσματα των ελέγχων αυτών επηρεάζονται από τις μετεωρολογικές συνθήκες, κυρίως από την μεταβολή της θερμοκρασίας. Ένας συννεφιασμένος ουρανός και η χαμηλή ταχύτητα του ανέμου αποτελούν τις πιο ευνοϊκές καιρικές συνθήκες. Οι ιδιαίτερες συνθήκες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη μπορεί να ποικίλλουν ανάλογα με το πού έχει καθοριστεί να γίνουν οι εργασίες. Θα πρέπει επίσης να λαμβάνονται σημειώσεις των πραγματικών καιρικών συνθηκών κατά τη στιγμή της μέτρησης και τον τύπο της επιφάνειας πάνω στην οποία γίνονται οι μετρήσεις. Οι συνθήκες που επιλέγονται για τους ελέγχους πρέπει να ταιριάζουν με αυτές που αναμένονται όταν διεξάγεται η προβλεπόμενη εργασία μέτρησης.

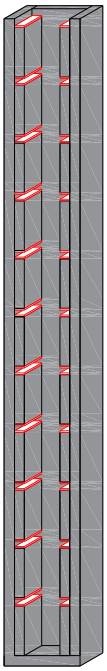
Οι έλεγχοι που διενεργούνται στα εργαστήρια παρέχουν αποτελέσματα που είναι σχεδόν ανεπηρέαστα από ατμοσφαιρικές επιρροές, αλλά το κόστος για τέτοιου είδους ελέγχους είναι πολύ υψηλό, και ως εκ τούτου δεν είναι εφικτό για τους περισσότερους χρήστες. Επιπλέον, οι εργαστηριακοί έλεγχοι δίνουν ακρίβεια πολύ υψηλότερη από εκείνες που μπορούν να επιτευχθεί υπό συνθήκες πεδίου.

2. Νέα μεθοδολογία ελέγχου και διακρίβωσης χωροσταθμικών συστημάτων

Η μεθοδολογία ελέγχου και διακρίβωσης χωροσταθμικών συστημάτων που αναπτύσσεται στη συγκεκριμένη εργασία πραγματοποιείται στην ειδική βάση ελέγχου που έχει κατασκευαστεί και τοποθετηθεί στο υπόγειο του κτιρίου Λαμπαδαρίου της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών Ε.Μ.Π. Νικολίτσας (2015)

Η συγκεκριμένη κατασκευή έχει ύψος 112.4cm, πλάτος 13.2cm και βάθος 7cm. Ορίζονται 12 στάθμες εκ των οποίων η πρώτη (στάθμη 0) είναι η βάση της ξύλινης επιφάνειας και οι υπόλοιπες υλοποιούνται με την προσθήκη γυάλινης επιφάνειας στις διαμορφωμένες ειδικές

θέσεις (ράγες) της κατασκευής (ανά 10cm περίπου). Σκαρίφημα της κατασκευής παρουσιάζεται στην εικόνα 1.



Εικόνα 1: Σκαρίφημα βάσης ελέγχου

Αντικείμενο της διαδικασίας είναι ο έλεγχος της σωστής λειτουργίας και η διακρίβωση των χωροσταθμικών συστημάτων καθώς επίσης και ο υπολογισμός των αβεβαιοτήτων τους. Προκειμένου να γίνει η διακρίβωση ενός χωροσταθμικού συστήματος γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων του, με συγκεκριμένες πρότυπες τιμές.

Για να υπολογιστούν αυτές οι πρότυπες τιμές πρέπει να προηγηθεί βαθμονόμηση της βάσης ελέγχου.

2.1.Βαθμονόμηση

Όπως προαναφέρθηκε, η μεθοδολογία του ελέγχου – διακρίβωσης περιλαμβάνει την εξαγωγή των υψομετρικών διαφορών για τις στάθμες της βάσης ελέγχου και τη σύγκρισή τους με τις αντίστοιχες πρότυπες της βαθμονόμησης. Για τη διαδικασία της βαθμονόμησης χρησιμοποιείται χωροβάτης ακριβείας και ψηφιακή σταδία Invar έτσι ώστε οι μετρήσεις να έχουν τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια.

Η τοποθέτηση του χωροβάτη θα πρέπει να γίνει σε θέση για την οποία επιτυγχάνεται η βέλτιστη απόσταση μεταξύ χωροβάτη και σταδίας.

Για παράδειγμα, λαμβάνοντας υπόψη την επαναληψιμότητα του χωροβάτη αναφοράς Leica DNA03 [Leica Geosystems, 2006] προτείνεται η απόσταση μεταξύ του χωροβάτη και της σταδίας κατά τη διαδικασία βαθμονόμησης της βάσης να είναι μεταξύ 5m και 10m. [Νικολίτσας, 2015]

Εκτός της απόστασης χωροβάτη – σταδίας, παράγοντας ο οποίος επηρεάζει τη βαθμονόμηση είναι και ο αριθμός των αναγνώσεων που λαμβάνονται σε κάθε στάθμη. Αναφέρεται ότι σε εργαστηριακούς ελέγχους που έγιναν ο αριθμός αυτός βελτιστοποιείται στις 10 μετρήσεις. [Νικολίτσας, 2015]

Τα αποτελέσματα της βαθμονόμησης παρουσιάζονται στον πίνακα 1.

	Μέση Τιμή (mm)	σ (mm)
ΔH_1	100.16	±0.01
ΔH_2	100.16	±0.01
ΔH_3	100.18	±0.01
ΔH_4	100.18	±0.01
ΔH_5	100.29	±0.01
ΔH_6	100.30	±0.01
ΔH_7	100.40	±0.01
ΔH_8	100.27	±0.01
ΔH_9	100.36	±0.01
ΔH_{10}	100.43	±0.01
ΔH_{11}	100.28	±0.01

Πίνακας 1: Αποτελέσματα βαθμονόμησης

2.2.Έλεγχος και διακρίβωση συστημάτων

Για τη βάση ελέγχου είναι γνωστές οι πρότυπες υψομετρικές διαφορές μεταξύ των σταθμών της. Ο έλεγχος και η διακρίβωση χωροσταθμικών συστημάτων περιλαμβάνει τη σύγκριση των μετρήσεων του υπό έλεγχο συστήματος με τις πρότυπες τιμές.

Η διακρίβωση ακολουθεί περίπου την ίδια διαδικασία με τη βαθμονόμηση και μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο τρόπους:

- να ελεγχθεί κάθε τμήμα της σταδίας ξεχωριστά
- να ελεγχθεί το σύνολο της σταδίας.

Η διαφορά στις μετρήσεις ελέγχου του συνόλου της σταδίας είναι ότι απαιτείται να τοποθετηθεί ο χωροβάτης σε επιπλέον θέσεις, έτσι ώστε να ληφθούν αναγνώσεις σε όλο το μήκος της σταδίας.

Όπως και στη βαθμονόμηση:

- οι μετρήσεις γίνονται με τοποθέτηση του χωροβάτη σε απόσταση 5m έως 10m από τη σταδία
- σε κάθε στάθμη της βάσης γίνονται 10 αναγνώσεις τη σταδίας.

Από τις 10 αναγνώσεις που λαμβάνονται από κάθε θέση σε κάθε στάθμη υπολογίζεται η καλύτερη (μέση) τιμή τους και το τυπικό της σφάλμα.

Για τον έλεγχο των τμημάτων αλλά και του συνόλου της σταδίας χρησιμοποιείται η γραμμική εξίσωση της μορφής:

$$y_i=m\cdot x_i+b \qquad (1)$$

όπου:

- οι παρατηρήσεις του υπό έλεγχο συστήματος
- x: οι πρότυπες τιμές
- m: η κλίμακα του συστήματος
- b: το συστηματικό σφάλμα

Τα χωροσταθμικά συστήματα που διακριβώθηκαν ήταν 4: 2 χωροβάτες Topcon DL-102C με ψηφιακή σταδία Topcon, αβεβαιότητα μέτρησης ±1.0mm/km και ηλεκτρονική ανάγνωση 0.1mm [Topcon Corporation, 1997] και 2 χωροβάτες Leica Sprinter 150M με ψηφιακή σταδία Leica GSS 111, αβεβαιότητα μέτρησης ±1.5mm/km και ηλεκτρονική ανάγνωση 0.1mm. [Leica Geosystems, 2009]

Οι ψηφιακές σταδίες που χρησιμοποιήθηκαν είναι τηλεσκοπικές. Προκειμένου να αποκτήσουν το συνολικό τους μήκος διαθέτουν αρμούς με τους οποίους το κάθε τμήμα εφαρμόζει στο προηγούμενο. Σε αυτές τις σταδίες η συναρμογή των τμημάτων τους γίνεται με ειδικά συνδετικά κλειδιά που φθείρονται με το χρόνο. Ο έλεγχος του κάθε συστήματος έγινε με τη σταδία κατά τμήματα αλλά και με τη σταδία σε πλήρη ανάπτυξη. Σκοπός της συγκεκριμένης διαδικασίας είναι να διαπιστωθεί αν η συναρμογή των τηλεσκοπικών σταδιών είναι σωστή ή αν υπάρχουν φθορές που δημιουργούν σφάλμα στις μετρήσεις μετά από κάποιες χρήσεις.

2.3.Αποτελέσματα

Παρά το γεγονός ότι η διαδικασία διακρίβωσης με τη σταδία σε τμήματα είναι πιο εύκολη και ευέλικτη, κρίνεται προτιμότερη η διαδικασία της διακρίβωσης με τη σταδία συναρμολογημένη, διότι ο έλεγχος της σωστής συναρμογής των τμημάτων της είναι σημαντικός και κρίνεται ως απαραίτητος για τον πλήρη έλεγχο του συστήματος. Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επεξεργασίας του συνόλου των μετρήσεων για το 1° χωροσταθμικό σύστημα.

Για τον έλεγχο και τη διακρίβωση κάθε χωροσταθμικού συστήματος πραγματοποιήθηκαν δύο στατιστικοί έλεγχοι.

Ο πρώτος περιλαμβάνει το στατιστικό έλεγχο των διαφορών μεταξύ των μετρημένων τιμών και των διορθωμένων τιμών για τις υψομετρικές διαφορές, δηλαδή τη συμφωνία του συστήματος με τις πρότυπες τιμές.

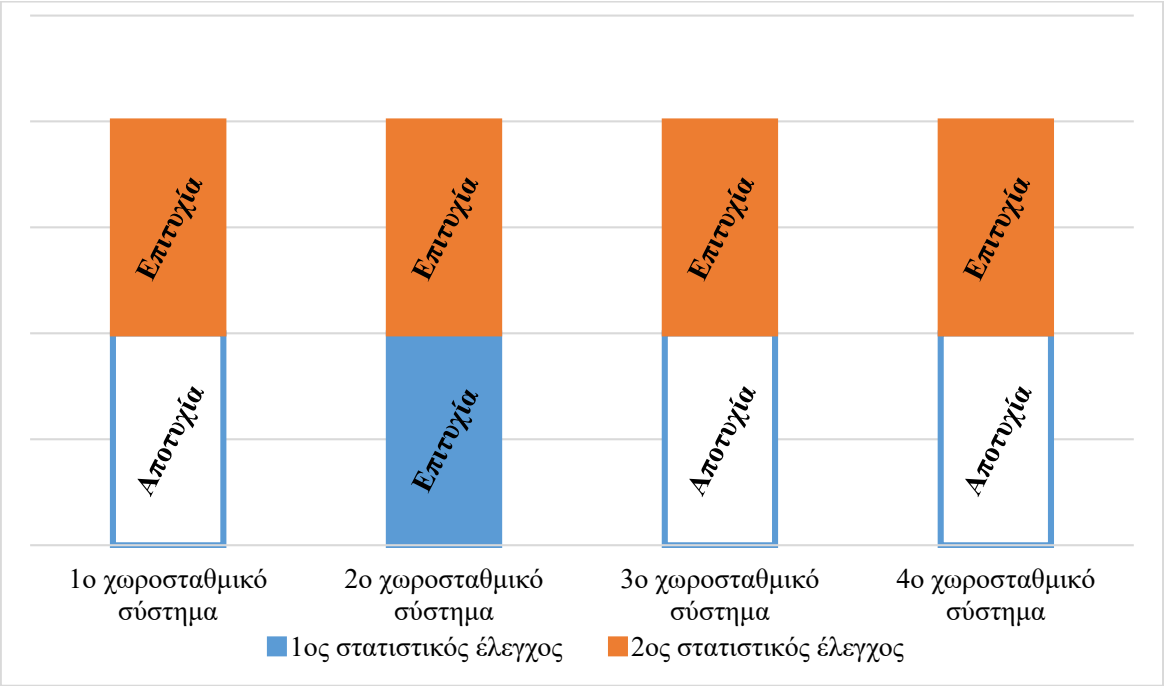
Ο δεύτερος και πιο ουσιαστικός στατιστικός έλεγχος περιλαμβάνει τη σύγκριση της επίδοσης του συστήματος με τις τεχνικές προδιαγραφές του όπως παρέχονται από τον κατασκευαστή.

Topcon DL-102C (UH0192, 501-4091)	m	σ_m	b (mm)	σ_b (mm)	σ_0 (μίας παρατήρησης) (mm)
1ο τμήμα	1.00049	±0.00012	-0.05	±0.07	±0.11
2ο τμήμα	1.00039	±0.00012	0.04	±0.07	±0.09
3ο τμήμα	1.00029	±0.00015	0.02	±0.09	±0.12
4ο τμήμα	1.00042	±0.00014	0.22	±0.07	±0.09
Σταδία σε πλήρη ανάπτυξη	1.00008	±0.00005	-0.66	±0.11	±0.28

Πίνακας 2: Ενδεικτικά αποτελέσματα μετρήσεων Topcon DL-102C

Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 1, αν και τα χωροσταθμικά συστήματα δεν ικανοποιούν πλήρως τις συνθήκες του 1ου στατιστικού ελέγχου, περνούν με επιτυχία τον 2ο. Δηλαδή, οι επιδόσεις τους είναι σύμφωνες με τις προδιαγραφές που ορίζει η κατασκευάστρια εταιρία.

Τα συγκεκριμένα χωροσταθμικά συστήματα παρουσιάζουν δυσλειτουργίες, επειδή είναι απλά συστήματα εργοταξίου και όχι συστήματα ακριβείας. Παρόλο που δεν υπάρχει ταύτιση με το πρότυπο σύστημα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε τρέχουσες τοπογραφικές εργασίες, εφόσον καλύπτουν τις προδιαγραφές του κατασκευαστή.



Διάγραμμα 1: Στατιστικοί έλεγχοι χωροσταθμικών συστημάτων

3. Συμπεράσματα

Αντικείμενο της εργασίας αποτέλεσε η πειραματική εφαρμογή ενός νέου αυτοματοποιημένου προτύπου για τον έλεγχο και τη διακρίβωση χωροσταθμικών συστημάτων.

Η συγκεκριμένη μεθοδολογία στοχεύει στο να παρέχει μία αξιόπιστη, εύκολη, γρήγορη και οικονομική διαδικασία ελέγχου και διακρίβωσης χωροσταθμικών συστημάτων. Η μεθοδολογία αντιμετωπίζει το χωροβάτη και τη σταδία ως ένα ενιαίο σύνολο (σύστημα). Η βάση ελέγχου είναι, οικονομική, κατασκευασμένη από υλικά που μπορούν να προμηθευτούν με ευκολία και εύκολη στη βαθμονόμησή της.

Το αποτέλεσμα της διακρίβωσης στηρίζεται στην αβεβαιότητα της μοναδιαίας μέτρησης του συστήματος και όχι στο μέσο τετραγωνικό σφάλμα ανά χιλιόμετρο διπλής χωροστάθμησης. Είναι δυνατή η διόρθωση των μετρήσεων του συστήματος κάνοντας χρήση των αποτελεσμάτων τους.

Η συγκεκριμένη διαδικασία διακρίβωσης και ελέγχου μπορεί να χαρακτηριστεί ως αρκετά γρήγορη και ευέλικτη. Οι μετρήσεις δεν έχουν μεγάλη διάρκεια και υπάρχει απαίτηση για το ελάχιστο συνεργείο. Τόσο η επεξεργασία των μετρήσεων όσο και οι στατιστικοί έλεγχοι γίνονται με σχετικά απλούς υπολογισμούς.

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για τον έλεγχο και τη διακρίβωση τεσσάρων χωροσταθμικών συστημάτων. Ο έλεγχος του κάθε συστήματος έγινε με τη σταδία κατά τμήματα αλλά και με τη σταδία σε πλήρη ανάπτυξη με την πραγματοποίηση δύο στατιστικών ελέγχων.

Τα συγκεκριμένα χωροσταθμικά συστήματα παρουσιάζουν δυσλειτουργίες, όπως έδειξε ο 2^{ος} στατιστικός έλεγχος, επειδή είναι απλά συστήματα εργοταξίου και όχι συστήματα ακριβείας. Παρόλο που δεν υπάρχει ταύτιση με το πρότυπο σύστημα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε τρέχουσες τοπογραφικές εργασίες, εφόσον καλύπτουν τις προδιαγραφές του κατασκευαστή.

4. Βιβλιογραφία

1. Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., «*Εφαρμοσμένη Γεωδαισία*», ISBN 978–960–456–205–3, Μάρτιος 2010
2. Μαθιουλάκης Ε., «*Μέτρηση, ποιότητα μέτρησης και αβεβαιότητα*», Εκδόσεις: Ελληνική Ένωση Εργαστηρίων, 2004, Αθήνα
3. Νικολίτσας Κ., «*Ανάπτυξη Εργαστηριακών Μεθοδολογιών Διακρίβωσης Ψηφιακών Γεωδαιτικών Οργάνων*», Διδακτορική Διατριβή, Σ.Α.Τ.Μ. Ε.Μ.Π., 2015, Αθήνα
4. International Standard ISO 17123–2, «*Optics and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and surveying instruments – Part 2: Levels*», 2001, Switzerland
5. Leica Geosystems, Leica DNA03 / Leica DNA10, εγχειρίδιο χρήσης, Leica Geosystems AG, 2006, Heerbrugg Switzerland
6. Leica Geosystems, Leica Sprinter 150(M) / 250M, εγχειρίδιο χρήσης, Leica Geosystems AG, 2009, Heerbrugg Switzerland
7. Topcon Corporation, DL-101C / DL-102C, εγχειρίδιο χρήσης, Topcon Corporation, 1997, Tokyo Japan