

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ



«Ανάπτυξη μεθόδου διακρίβωσης μετρητικών ρολογιών και μηχανικών συγκριτών με τη μηχανή MAHR 865 του Μετροτεχνικού Εργαστηρίου Ε.Μ.Π. – Υπολογισμός Αβεβαιότητας Μέτρησης»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Λεούσης Χρήστος

Επιβλέπων καθηγητής: Β.Ι. Λεώπουλος

(Υπογραφή)

.....

Λεούσης Χρήστος

Φοιτητής Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π.

Copyright © Λεούσης Χρήστος, 2015

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας, κ. Βρασίδα Λεώπουλο, που μου έδωσε τη δυνατότητα να πραγματοποιήσω αυτή τη διπλωματική εργασία, και για τις συμβουλές που μου παρείχε. Ευχαριστώ το Δόκτορα κ. Γεώργιο Χατζηστέλιο για τη συνεχή βοήθεια και υποστήριξη κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας και το Δόκτορα κ. Αρίστο Γεωργίου για τις συμβουλές και τις υποδείξεις που μου παρείχε.

## Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η δημιουργία μίας μεθόδου διακρίβωσης μετρητικών ρολογιών και μηχανικών συγκριτών με τη μηχανή MAHR 865 του Μετροτεχνικού Εργαστηρίου Ε.Μ.Π., καθώς και ο υπολογισμός της αβεβαιότητας που προκύπτει από τη μετρητική διαδικασία.

Για την επίτευξη του σκοπού αυτού, περιγράφεται, αρχικά, το Μετροτεχνικό Εργαστήριο της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π. και συγκεκριμένα η Αίθουσα Ελεγχόμενων Συνθηκών, όπου βρίσκεται η Mahr 865. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι τεχνικές απαιτήσεις του προτύπου EN ISO/IEC 17025:2005, με βάση το οποίο είναι διαπιστευμένο το Μετροτεχνικό Εργαστήριο. Έπειτα, παρουσιάζεται η Μηχανή Διακρίβωσης Συγκριτών και Μετρητικών Ρολογιών MAHR 865, καθώς και οι προς διακρίβωση μηχανικοί συγκριτές. Επιπλέον, αναφέρονται τα πρότυπα DIN 878 και DIN 879 με βάση τα οποία πραγματοποιήθηκε η διαδικασία, καθώς και κάποια εισαγωγικά στοιχεία για την αβεβαιότητα.

Το πειραματικό κομμάτι της εργασίας ξεκινά με την περιγραφή της διαδικασίας διακρίβωσης που ακολουθήθηκε και συνεχίζεται με την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της μέτρησης. Επόμενο βήμα αποτελεί η αναφορά των πηγών αβεβαιότητας που επιδρούν στη διαδικασία και, τέλος, ο υπολογισμός της αβεβαιότητας της διαδικασίας μέτρησης που αναπτύχθηκε.

## Abstract

The purpose of this diploma thesis is the development of a method for the calibration of dial indicators and comparators, with the use of MAHR 865 machine of the Metrotechnics Laboratory at NTUA, as well as the calculation of the uncertainty concerning the measuring process.

In order to fulfill this purpose, we firstly present The Metrotechnics Laboratory of the Mechanical Engineering School NTUA, focusing on the Clean Room where the Mahr 865 is located. Furthermore, the technical requirements of the EN ISO/IEC 17025:2005 standard are described, under which the Metrotechnics Laboratory is accredited. Additionally, a description of the Testing Machine for dial indicators and comparators Marh 865 is given, as well as a description of the dial comparators to be testified. Moreover, we present the standards DIN 878 and DIN 879, on which the procedure was based. Lastly, an introduction to the uncertainty is given.

The experimental part of this thesis begins with the description of the calibration procedure that was followed, and the presentation of the results of the measurement. The last part of the thesis consists of the referral to the factors of uncertainty that infiltrate the measurement and the calculation of the uncertainty of the particular measurement method developed.

## Εισαγωγή

Στο Κεφάλαιο 1 περιγράφεται το Μετροτεχνικό Εργαστήριο της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π. και συγκεκριμένα η Αίθουσα Ελεγχόμενων Συνθηκών, όπου βρίσκεται η MAHR 865.

Στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζονται οι τεχνικές απαιτήσεις του προτύπου EN ISO/IEC 17025:2005, με βάση το οποίο είναι διαπιστευμένο το Μετροτεχνικό Εργαστήριο.

Στο Κεφάλαιο 3 παρουσιάζεται η Μηχανή Διακρίβωσης Συγκριτών και Μετρητικών Ρολογιών Mahr 865.

Στο Κεφάλαιο 4 γίνεται αναφορά στους προς διακρίβωση μηχανικούς συγκριτές που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς και στα πρότυπα DIN 878 και DIN 879 με βάση τα οποία πραγματοποιήθηκε η διαδικασία διακρίβωσής τους. Τέλος, παρουσιάζονται τα βήματα που ακολουθήθηκαν για τον υπολογισμό και έλεγχο της ολικής απόκλισης, του σφάλματος υστέρησης και της επαναληψιμότητας της διαδικασίας, όπως ορίζονται από τα παραπάνω πρότυπα.

Στο Κεφάλαιο 5 παρατίθενται εισαγωγικά στοιχεία για την αβεβαιότητα και τον υπολογισμό της.

Στο Κεφάλαιο 6 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μέτρησης των μηχανικών συγκριτών με εύρος μέτρησης 100 μm και 200 μm και τα συμπεράσματα που προκύπτουν από αυτά.

Στο Παράρτημα I, παρουσιάζεται η οδηγία διακρίβωσης των μηχανικών συγκριτών με εύρος μέτρησης 100 μm και 200 μm σε μορφή οδηγίας του Μετροτεχνικού Εργαστηρίου.

Στο Παράρτημα II παρατίθεται η διαδικασία υπολογισμού της αβεβαιότητας σε μορφή οδηγίας του Μετροτεχνικού Εργαστηρίου, και, στη συνέχεια, ακολουθεί η Βιβλιογραφία.

## Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1 Αίθουσα ελεγχόμενων συνθηκών .....	12
Εικόνα 2 Μονάδα κλιματισμού .....	13
Εικόνα 3 Κεντρική στήλη αισθητήρων .....	13
Εικόνα 4 Κύρια μέρη μηχανής Mahr 865 .....	27
Εικόνα 5 Κύρια μέρη μηχανής Mahr (εστίαση) .....	28
Εικόνα 6 Χιτώνιο (δακτύλιος) μείωσης της διαμέτρου βραχίονα συγκράτησης (3.1) .....	28
Εικόνα 7 Μετρητικό ρολόι με τα εξαρτήματά του-Χρήση του μετρητικού ρολογιού για τον έλεγχο της κυλινδρικής άξονα.....	29
Εικόνα 8 Μετρητικό Ρολόι .....	30
Εικόνα 9 Μηχανικός Συγκριτής .....	31
Εικόνα 10 Σχέση ορθότητας- ακρίβειας.....	37
Εικόνα 11 Ορθότητα και ακρίβεια, Πηγή: (Lobato, 2011) .....	38
Εικόνα 12 Σχέση αβεβαιότητας – σφάλματος, Πηγή: (Τσίγκος, 2010) .....	38
Εικόνα 13 Αλυσίδα ιχνηλασιμότητας, Πηγή: (Howarth, et al., 2008).....	39
Εικόνα 14 Συνιστώσες αβεβαιότητας .....	40
Εικόνα Π 1 Κύρια μέρη μηχανής Mahr 865 .....	76
Εικόνα Π 2 Χιτώνιο(δακτύλιος) μείωσης της διαμέτρου βραχίονα συγκράτησης(3.1).....	76
Εικόνα Π 3 Μηχανικός συγκριτής Mahr εύρους 200μm και 100μm αντίστοιχα .....	77

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Επίσημο Πεδίο Εφαρμογής της Διαπίστευσης (ΕΠΕΔ) .....	11
Πίνακας Π.1: Συμβολισμοί.....	89
Πίνακας Π.2: Συντελεστής Θερμικής Διαστολής .....	92
Πίνακας Π.3: Ισοζύγιο Αβεβαιότητας .....	98

## Πίνακας Περιεχομένων

Ευχαριστίες.....	3
Περίληψη.....	4
Abstract .....	5
Εισαγωγή.....	6
Κατάλογος Εικόνων.....	7
Κατάλογος Πινάκων .....	7
1. Μετροτεχνικό Εργαστήριο ΕΜΠ .....	10
1.1 Γενικά.....	10
1.2 Αναβάθμιση-Διαπίστευση κατά EN ISO/IEC 17025:2005 .....	10
1.3 Αίθουσα ελεγχόμενων συνθηκών .....	11
2. Πρότυπο EN ISO/IEC 17025:2005 .....	14
2.1 Τεχνικές Απαιτήσεις προτύπου EN ISO/IEC 17025:2005.....	15
2.1.1 Ανθρώπινο δυναμικό .....	16
2.1.2 Χώροι εγκατάστασης και περιβαλλοντικές συνθήκες .....	16
2.1.3 Μέθοδοι μετρήσεων και μέθοδοι επικύρωσης και επαλήθευσης μετρήσεων .....	17
2.1.4 Εξοπλισμός.....	19
2.1.5 Ιχνηλασιμότητα μετρήσεων .....	20
2.1.6 Δειγματοληψία .....	22
2.1.7 Χειρισμός αντικειμένων προς μέτρηση .....	22
2.1.8 Διασφάλιση της ποιότητας των αποτελεσμάτων μετρήσεων .....	22
2.1.9 Σύνταξη Εκθέσεων Μετρήσεων .....	23
3. Μηχανή Διακρίβωσης Συγκριτών και Μετρητικών Ρολογιών .....	25
3.1. Γενικά .....	25
3.2 Δομικά στοιχεία μηχανής Mahr 865.....	25
4. Μηχανικοί Συγκριτές και Μετρητικά Ρολόγια .....	29
4.1. Γενικά .....	29
4.2. Πρότυπο DIN 878 για μετρητικά ρολόγια και DIN 879 για μηχανικούς συγκριτές ....	31
4.2.1. Υπολογισμός και έλεγχος απόκλισης $f_e$ .....	32
4.2.2. Υπολογισμός και έλεγχος ολικής απόκλισης $f_{ges}$ .....	33
4.2.3. Υπολογισμός και έλεγχος σφάλματος υστέρησης των μετρούμενων τιμών $f_u$ .....	34
4.2.4. Υπολογισμός και έλεγχος επαναληψιμότητας $f_w$ .....	35
5. Αβεβαιότητα .....	37
5.1. Έννοιες και Ορισμοί .....	37



5.2. Ποσοτικοποίηση Αβεβαιότητας .....	40
5.3. Μέθοδος εκτίμησης της αβεβαιότητας .....	41
6. Παρουσίαση των μετρήσεων και συμπεράσματα .....	42
6.1. Πίνακες μετρήσεων - Απόκλιση .....	43
6.2. Πίνακες μετρήσεων – Σφάλμα υστέρησης.....	63
6.3. Πίνακες μετρήσεων – Επαναληψιμότητα .....	68
Παράρτημα Ι: Οδηγία Διακρίβωσης Μηχανικών Συγκριτών.....	73
Παράρτημα ΙΙ: «Διαδικασία Υπολογισμού Αβεβαιότητας Για Τη Μέθοδο ΟΕ-01».....	89
Βιβλιογραφία.....	99

# 1. Μετροτεχνικό Εργαστήριο ΕΜΠ

## 1.1 Γενικά

Το Μετροτεχνικό Εργαστήριο (Μ.Ε.) ιδρύθηκε το 1962 και αποτελεί οργανωτική μονάδα του ΕΜΠ, εγκατεστημένο από το 1997 στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου και συγκεκριμένα στο Κτίριο Ν της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ.

Το Μετροτεχνικό Εργαστήριο συνδέει εδώ και πολλά έτη την ακαδημαϊκή διδασκαλία και την πρακτική εφαρμογή των όσων διδάσκονται στα Μαθήματα του Κύκλου Σπουδών του Μηχανικού Παραγωγής της Σχολής των Μηχανολόγων Μηχανικών του ΕΜΠ. Από την ίδρυσή του δραστηριοποιήθηκε στη διεξαγωγή ερευνητικού έργου και στην παροχή υπηρεσιών σε επιχειρήσεις και οργανισμούς τόσο του ιδιωτικού όσο και του δημόσιου τομέα.

Στα πλαίσια της υποστήριξης της εκπαιδευτικής διαδικασίας, το Μετροτεχνικό Εργαστήριο υποστηρίζει άμεσα το μάθημα «Οργάνωση Παραγωγής και Διοίκηση Επιχειρήσεων Ι», το οποίο περιλαμβάνει εργαστηριακές ασκήσεις και είναι υποχρεωτικό στο 5ο εξάμηνο του κύκλου σπουδών Μηχανικού Παραγωγής. Επίσης, υποστηρίζει το μάθημα «Οργάνωση Παραγωγής και Διοίκηση Επιχειρήσεων ΙΙ» που είναι υποχρεωτικό στο 8<sup>ο</sup> εξάμηνο κύκλου σπουδών Μηχανικού Παραγωγής.

Ο εξοπλισμός και ο χώρος του εργαστηρίου είναι στη διάθεση των τελειοφοίτων σπουδαστών για την εκπόνηση διπλωματικών εργασιών. Παράλληλα, χρησιμοποιείται από μεταπτυχιακούς σπουδαστές που εκπονούν τη διδακτορική διατριβή τους στο αντικείμενο της μετροτεχνίας.

Τα μέλη του Μετροτεχνικού Εργαστηρίου ασχολούνται με τα Συστήματα Διαχείρισης Ποιότητας. Συγκεκριμένα, καλύπτονται οι περιοχές του Ελέγχου Ποιότητας, με έμφαση στους μη καταστροφικούς ελέγχους και τις διαστασιακές μετρήσεις, όπως επίσης και η διακρίβωση μετρητικού εξοπλισμού.

Το εργαστήριο διαθέτει όργανα και μηχανές ακριβείας μετρήσεως μηκών, γωνιών, ελέγχου επιπεδότητας και παραλληλότητας επιφανειών, συσκευή μετρήσεως τραχύτητας επιφανειών, όργανα ελέγχου κνωδάκων, οδοντωτών τροχών και σπειρωμάτων, σειράς ελεγκτήρων και αντελεγκτήρων, συσκευή ελέγχου της συνέχειας των υλικών με υπερήχους, συσκευή παραγωγής προτύπου μήκους με συμβολή μονοχρωματικού φωτός, κ.α.

## 1.2 Αναβάθμιση-Διαπίστευση κατά EN ISO/IEC 17025:2005

Το 2007 κατασκευάστηκε στο Εργαστήριο αίθουσα ελεγχόμενων συνθηκών, ενώ το Εργαστήριο διαπιστεύθηκε κατά το πρότυπο EN ISO/IEC 17025:2005, ένα έργο που έχει ενταχθεί στο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ» (Μέτρο 1.2 “Εθνικό Σύστημα Ποιότητας”, Δράση 1.2.2 “Πιστοποίηση”) με τίτλο: «Ενίσχυση της υφισταμένης υποδομής του Μετροτεχνικού Εργαστηρίου του Τομέα Βιομηχανικής Διοίκησης και Επιχειρησιακής Έρευνας της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου για την παροχή υπηρεσιών δοκιμών».

Το έργο στοχεύει στην αναβάθμιση των προσφερόμενων στην ελληνική βιομηχανία υπηρεσιών ελέγχου ποιότητας του Εργαστηρίου, με τον έλεγχο του συνόλου των διαστασιακών και γεωμετρικών ανοχών, σε κάθε τύπο και μορφή βιομηχανικών και μηχανουργικών προϊόντων. Με τη διαπίστευση, το Μετροτεχνικό εργαστήριο φιλοδοξεί να αποτελέσει κομβικό σημείο υποστήριξης των επιχειρήσεων, ιδιαίτερα εκείνων που εφαρμόζουν πιστοποιημένα συστήματα ποιότητας κατά τα πρότυπα της σειράς ISO 9000:2000 και απαιτούν υψηλή ποιότητα και ακρίβεια σε θέματα διαστασιακών ελέγχων-δοκιμών αλλά και διακριβώσεων.

Το Μετροτεχνικό Εργαστήριο έχει Διαπιστευτεί από το 2009 (23 Φεβρουαρίου - αρ. πιστοποιητικού 512) από το ΕΣΥΔ κατά το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO/IEC 17025 - Δοκιμές. Το Επίσημο Πεδίο Εφαρμογής της Διαπίστευσης (ΕΠΕΔ) παρουσιάζεται στον Πίνακα 1:

<b>Υλικά / Προϊόντα υποβαλλόμενα σε δοκιμή</b>	<b>Τύποι δοκιμών / Μετρούμενες ιδιότητες</b>	<b>Εφαρμοζόμενες μέθοδοι / Χρησιμοποιούμενες τεχνικές</b>
1. Κυλινδρικά Δοκίμια.	Εξωτερική Διάμετρος Κυλίνδρου.	Σύγκριση με διακριβωμένα πρότυπα στην μηχανή Mahr ULM OPAL 600
2. Δακτύλιοι.	Εσωτερική Διάμετρος Τρίμματος.	Σύγκριση με διακριβωμένα πρότυπα στην μηχανή Mahr ULM OPAL 600 (DIN 2250 Part 1)
3. Εξωτερικά Σπειρώματα.	Διάμετρος Βήματος Εξωτερικών Σπειρωμάτων.	Μέτρηση με την μηχανή Mahr ULM OPAL 600 με χρήση συρματιδίων (3- wire)
4. Εσωτερικά Σπειρώματα.	Διάμετρος Βήματος Εσωτερικών Σπειρωμάτων.	Σύγκριση με διακριβωμένα πρότυπα στην μηχανή Mahr ULM OPAL 600 με χρήση επαγωγικής κεφαλής (dual ruby ball)
5. Άξονες.	Μήκος Αξόνων	Σύγκριση με διακριβωμένα πρότυπα στην μηχανή Mahr ULM OPAL 600
6. Μηχανουργικά δοκίμια	Μήκος Δοκιμών σε 3 Διαστάσεις	Μέτρηση δοκιμών αποκλειστικά τοποθετημένων κατά τη διεύθυνση ενός εκ των 3 αξόνων της μηχανής DEA CMM.

**Πίνακας 1 - Επίσημο Πεδίο Εφαρμογής της Διαπίστευσης (ΕΠΕΔ)**

### **1.3 Αίθουσα ελεγχόμενων συνθηκών**

Η ενίσχυση της κτιριακής υποδομής έγινε με βάση τη Γερμανική Προδιαγραφή για χώρους μετρήσεων VDI/VDE 2627 Blatt 1, τη μοναδική προδιαγραφή για χώρους

μετρήσεων στον κόσμο. Στην αίθουσα ελεγχόμενων συνθηκών λαμβάνεται ειδική μέριμνα για τον έλεγχο της θερμοκρασίας και των ταλαντώσεων που αποτελούν τους δύο βασικότερους περιβαλλοντικούς παράγοντες που επηρεάζουν τις διαστατικές μετρήσεις. Έτσι, στην αίθουσα ελεγχόμενων συνθηκών επιτυγχάνεται:

- Σταθερή θερμοκρασία
- Απαλλαγή από δονήσεις
- Ελεγχόμενη υγρασία αέρα
- Καθαριότητα και απαλλαγή από σκόνη
- Ικανοποιητικός χώρος για άνετη εργασία



**Εικόνα 1 Αίθουσα ελεγχόμενων συνθηκών**

Κατά τη διάρκεια του έργου αναβάθμισης, το υφιστάμενο ωφέλιμο ύψος του υπάρχοντος θαλάμου μετρήσεων αυξήθηκε κατά ένα μέτρο και δημιουργήθηκε στο κέντρο του μια αντικραδασμική βάση μεγάλης μάζας, διαστάσεων τέσσερα επί τέσσερα μέτρα. Η είσοδος στο χώρο γίνεται διαμέσου ενός προθαλάμου ώστε να διασφαλίζεται η μη διατάραξη της θερμικής ισορροπίας και η μη είσοδος σωματιδίων σκόνης στο χώρο, ενώ ένα εξελιγμένο σύστημα κλιματισμού, ελεγχόμενο από υπολογιστή, φροντίζει για τη διατήρηση της θερμοκρασίας εντός του θαλάμου στους  $20 \pm 0,2 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Ο αέρας εισέρχεται στο χώρο από το πάτωμα, περιμετρικά του θαλάμου, με ταχύτητα μικρότερη του μισού μέτρου ανά δευτερόλεπτο, ενώ εξέρχεται από τη διάτρητη ψευδοροφή. Τα μετρητικά όργανα τοποθετούνται στο κέντρο του θαλάμου πάνω σε μια γρανιτένια πλάκα εφαρμογής μήκους τριών μέτρων, η οποία με τη στιβαρή της κατασκευή και την πάκτωση της επί της αντικραδασμικής βάσης εξασφαλίζει την κραδασμική μόνωση που απαιτείται. Επιπλέον, τοποθετήθηκε σύστημα καταγραφής και επεξεργασίας δεδομένων, συνδεδεμένο με μια μεγάλη σειρά αισθητήρων κατάλληλα τοποθετημένων στο χώρο προκειμένου να εξασφαλιστεί η απρόσκοπτη συλλογή των περιβαλλοντικών δεδομένων στο βαθμό που απαιτείται.



**Εικόνα 2 Μονάδα κλιματισμού**



**Εικόνα 3 Κεντρική στήλη αισθητήρων**

## 2. Πρότυπο EN ISO/IEC 17025:2005

Στα συστήματα παραγωγής ουσιαστικό ρόλο κατέχουν τα εργαστήρια μετρήσεων, ελέγχων και δοκιμών καθώς οι μετρήσεις που αυτά πραγματοποιούν συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων. Η απόδειξη της αξιοπιστίας και της αμεροληψίας ενός τέτοιου εργαστηρίου πραγματοποιείται με τη διαπίστευσή του, η οποία ορίζεται ως:

«Η διαδικασία με την οποία ένας αρμόδιος οργανισμός παρέχει επίσημη αναγνώριση ότι ένας φορέας είναι ικανός να πραγματοποιήσει ένα συγκεκριμένο έργο.»

Το πρότυπο ISO 17025 καθορίζει τις απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιεί ένα εργαστήριο δοκιμών και διακριβώσεων ώστε να διαπιστευτεί. Οι απαιτήσεις αυτές αφορούν την εφαρμογή εκ μέρους του εργαστηρίου συστήματος ποιότητας, την ύπαρξη τεχνικής επάρκειας και τη δυνατότητα παραγωγής έγκυρων αποτελεσμάτων.

Στο Μετροτεχνικό Εργαστήριο ΕΜΠ υπάρχει Εγχειρίδιο Ποιότητας, και έχουν δημιουργηθεί διαδικασίες οι οποίες ικανοποιούν αυτές τις απαιτήσεις. Το Εγχειρίδιο Ποιότητας παρουσιάζει συνοπτικά, όπως προβλέπεται από το πρότυπο, τη δομή της χρησιμοποιούμενης τεκμηρίωσης του συστήματος διαχείρισης και πρέπει να περιλαμβάνει ή να παραπέμπει στις απαραίτητες διαδικασίες συμπεριλαμβανομένων των τεχνικών διαδικασιών. Στο Μετροτεχνικό Εργαστήριο ΕΜΠ έχουν δημιουργηθεί οι παρακάτω 22 διαδικασίες και 7 οδηγίες εργασίας σύμφωνα με τις απαιτήσεις του προτύπου:

### *Διαδικασίες*

<i>Κωδικός</i>	<i>Τίτλος</i>
Δ-01	Διαχείριση Προσωπικού
Δ-02	Διαχείριση Τεκμηρίωσης
Δ-03	Διαχείριση Εξοπλισμού Μετρήσεων
Δ-04	Διακρίβωση & Έλεγχος Εξοπλισμού Μετρήσεων
Δ-05	Συντήρηση Εξοπλισμού
Δ-06	Μετρήσεις και Έκδοση Αποτελεσμάτων
Δ-07	Χειρισμός Αντικειμένων προς Μέτρηση
Δ-08	Επαλήθευση Μεθόδων
Δ-09	Επικύρωση Μεθόδων
Δ-10	Διαχείριση Δειγματοληψιών
Δ-11	Διαχείριση Υπεργολάβων
Δ-12	Υπολογισμός Αβεβαιότητας
Δ-13	Διαχείριση Προμηθειών
Δ-14	Ανασκόπηση Συμβάσεων
Δ-15	Εσωτερικές Επιθεωρήσεις
Δ-16	Ανασκόπηση από τη Διοίκηση
Δ-17	Διορθωτικές και Προληπτικές Ενέργειες

Δ-18	Διαχείριση Παράπονων και Ικανοποίησης Πελάτη
Δ-19	Διαχείριση Αρχείων
Δ-20	Συνεχής Βελτίωση
Δ-21	Ποιοτικός Έλεγχος
Δ-22	Διαχείριση Εργαστηριακών Εγκαταστάσεων & Περιβαλλοντικών Συνθηκών

### **Οδηγίες Εργασίας**

<i>Κωδικός</i>	<i>Τίτλος</i>
OE-02	Διεξαγωγή Μέτρησης Διαμέτρου Κυλίνδρων έως 500mm με τη μηχανή ULM OPAL 600
OE-03	Διεξαγωγή Μέτρησης Τρίμματος 15 – 150 mm με τη μηχανή ULM OPAL 600
OE-04	Διεξαγωγή Μέτρησης αντικειμένων σε τρεις διαστάσεις με τη μηχανή DEA CMM
OE-05	Διεξαγωγή Μέτρησης Μέσης Διαμέτρου Εξωτερικών Σπειρωμάτων 8 - 100 mm με τη μηχανή ULM OPAL 600
OE-06	Διεξαγωγή Μέτρησης Μέσης Διαμέτρου Εσωτερικών Σπειρωμάτων 13,3 – 100 mm με τη μηχανή ULM OPAL 600
OE-08	Διεξαγωγή Μέτρησης Αξόνων έως 500 mm με τη μηχανή ULM OPAL 600
OE-09	Υπολογισμός Αβεβαιότητας των μετρήσεων

### **2.1 Τεχνικές Απαιτήσεις προτύπου EN ISO/IEC 17025:2005**

Το Εργαστήριο έχει αναπτύξει το Σύστημα Διαχείρισης Ποιότητας με τέτοιο τρόπο ώστε να παρακολουθεί συνεχώς και όπου είναι δυνατόν να βελτιώνει τους πλέον κρίσιμους παράγοντες, οι οποίοι, έχει αποδειχθεί ότι, επηρεάζουν την ορθότητα και την αξιοπιστία των μετρήσεων που πραγματοποιεί. Το Εργαστήριο λαμβάνει υπόψη τους παράγοντες αυτούς κατά την ανάπτυξη των διαδικασιών, την επιλογή και εφαρμογή των μεθόδων μετρήσεων, την εκπαίδευση του προσωπικού, την επιλογή, συντήρηση, διακρίβωση και έλεγχο του εξοπλισμού που χρησιμοποιεί.

Οι παράγοντες αυτοί είναι:

- Ανθρώπινο δυναμικό (**Δ-01: Διαχείριση Προσωπικού**)
- Χώροι εγκατάστασης και περιβαλλοντικές συνθήκες (**Δ-22: Διαχείριση Εργαστηριακών Εγκαταστάσεων & περιβαλλοντικών συνθηκών**)
- Μέθοδοι μετρήσεων και μέθοδοι επικύρωσης και επαλήθευσης μετρήσεων (**Δ-06: Μετρήσεις και Έκδοση Αποτελεσμάτων, Δ-08: Επαλήθευση Μεθόδων, Δ-09: Επικύρωση Μεθόδων, Δ-21: Ποιοτικός Έλεγχος**)
- Εξοπλισμός (**Δ-03: Διαχείριση Εξοπλισμού Μετρήσεων, Δ-04: Διακρίβωση & Έλεγχος Εξοπλισμού Μετρήσεων, Δ-05: Συντήρηση Εξοπλισμού**)
- Ιχνηλασιμότητα μετρήσεων (**Δ-04: Διακρίβωση & Έλεγχος Εξοπλισμού Μετρήσεων**)

- Παραλαβή και διαχείριση αντικειμένων προς μέτρηση (*Δ-07: Χειρισμός Αντικειμένων προς Μέτρηση*)

### 2.1.1 Ανθρώπινο δυναμικό

Το Εργαστήριο έχει αναπτύξει και εφαρμόζει τεκμηριωμένη διαδικασία (*Δ-01: Διαχείριση Προσωπικού*) όσον αφορά το προσωπικό. Στόχος της συγκεκριμένης διαδικασίας είναι η χρήση του εξοπλισμού, η πραγματοποίηση των μετρήσεων, η αξιολόγηση και η έγκριση των αποτελεσμάτων να γίνεται από κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό, υπό την συνεχή επίβλεψη έμπειρου προσωπικού, έως ότου θεωρηθεί ικανό να πραγματοποιεί συγκεκριμένες εργασίες. Στην περίπτωση απασχόλησης ατόμων που δεν ανήκουν στο μόνιμο ανθρώπινο δυναμικό του Εργαστηρίου, λαμβάνεται μέριμνα ώστε να εξασφαλίζεται η επαρκής επιτήρησή τους.

Επιπλέον, η διαδικασία (*Δ-01: Διαχείριση Προσωπικού*) έχει ως στόχο και την ανίχνευση των αναγκών εκπαίδευσης του προσωπικού. Η διοίκηση του Εργαστηρίου προγραμματίζει την εκπαίδευση του προσωπικού και καταρτίζει τα αντίστοιχα Προγράμματα Εκπαίδευσης. Επίσης, σύμφωνα με τη διαδικασία (*Δ-01: Διαχείριση Προσωπικού*), προβλέπεται η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των Προγραμμάτων Εκπαίδευσης από το εκάστοτε αρμόδιο στέλεχος του Εργαστηρίου (Υπεύθυνο Ποιότητας ή Τεχνικό Υπεύθυνο) με βάση τα κριτήρια που αυτό επιθυμεί να πληρούνται.

Επιπρόσθετα, η διαδικασία (*Δ-01: Διαχείριση Προσωπικού*) που εφαρμόζεται στο Εργαστήριο προβλέπει τη σύνταξη, έγκριση και τήρηση των περιγραφών θέσεων εργασίας του συνόλου του προσωπικού του, ενώ αναφέρεται και στον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιούνται οι εξουσιοδοτήσεις στο προσωπικό για την εκτέλεση συγκεκριμένων εργασιών.

### 2.1.2 Χώροι εγκατάστασης και περιβαλλοντικές συνθήκες

Για την ορθή εκτέλεση των μετρήσεων, οι χώροι του Εργαστηρίου είναι εφοδιασμένοι με όλο τον απαραίτητο εξοπλισμό. Επιπλέον, επιτυγχάνεται ο επαρκής αερισμός των εργαστηριακών χώρων με τη χρήση εξαερισμού και κλιματιστικών μηχανημάτων, ενώ, παράλληλα, ο καθαρισμός των χώρων διευκολύνεται από την ύπαρξη του απολύτως απαραίτητου εξοπλισμού.

Οι μέθοδοι μετρήσεων (Οδηγίες Εργασίας) καθορίζουν τις κατάλληλες περιβαλλοντικές συνθήκες στους χώρους διενέργειας των μετρήσεων (*Δ-22: Διαχείριση Εργαστηριακών Εγκαταστάσεων & περιβαλλοντικών συνθηκών*), οι οποίες τηρούνται στο εργαστήριο και υπαγορεύονται, επίσης, από τις τεθείσες προδιαγραφές των κατασκευαστών του εξοπλισμού και από τις συνθήκες τήρησης των προτύπων αναφοράς. Έτσι, οι περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν στην Αίθουσα Ελεγχόμενων Συνθηκών παρακολουθούνται συστηματικά και καταγράφονται από το προσωπικό του Εργαστηρίου και, στη συνέχεια, αποθηκεύονται και τηρούνται στο Αρχείο Χώρων και Περιβαλλοντικών Συνθηκών.



Το προσωπικό του Εργαστηρίου λαμβάνει τα απαραίτητα μέτρα προστασίας απέναντι σε ακραίες συνθήκες όπως υψηλή θερμοκρασία, σκόνη, δονήσεις, υγρασία, έκθεση σε ηλιακό φως, ενώ μεριμνά για την τήρηση της τάξης και της καθαριότητας στο χώρο εργασίας.

Στους χώρους του Εργαστηρίου όπου εκτελούνται οι μετρήσεις, η πρόσβαση επιτρέπεται μόνο στο προσωπικό του Εργαστηρίου. Άτομα τα οποία δεν εργάζονται στο Εργαστήριο, εισέρχονται στους χώρους του μόνο στην περίπτωση που συνοδεύονται από το προσωπικό του Εργαστηρίου, ενώ λαμβάνονται μέτρα για την τήρηση της εμπιστευτικότητας των εργασιών που εκτελούνται κατά τη διάρκεια της παραμονής τους στο Εργαστήριο. Οι επισκέψεις ατόμων που δεν εργάζονται στο Εργαστήριο καταχωρούνται σε κατάλληλο αρχείο (Ημερολόγιο Επισκέψεων), όπου περιλαμβάνονται όλες οι πληροφορίες σχετικά με τις επισκέψεις αυτές. Για την ασφάλεια των χώρων όταν το Εργαστήριο δε λειτουργεί, οι πόρτες της Αίθουσας Ελεγχόμενων Συνθηκών παραμένουν κλειδωμένες με ευθύνη του Τεχνικού Υπευθύνου του Εργαστηρίου.

Στο πλαίσιο του Εργαστηρίου έχουν καθοριστεί οι ακόλουθοι χώροι:

- Γραφείο Διευθυντή Εργαστηρίου – Τεχνικού Υπευθύνου (Κτήριο Ε, 1<sup>ος</sup> όροφος)
- Γραφείο Υπευθύνου Ποιότητας (Κτήριο Ε, 1<sup>ος</sup> όροφος)
- Γραφείο Υπευθύνου Διαχείρισης Εξοπλισμού (Κτήριο Ν, 1<sup>ος</sup> όροφος)
- Γραφείο Υπευθύνου Εξυπηρέτησης Πελατών και Υπευθύνου Προμηθειών (Κτήριο Ν, ισόγειο)
- Αίθουσα Ελεγχόμενων Συνθηκών (Κτήριο Ν, υπόγειο)
- Βοηθητικός Χώρος Αίθουσας Ελεγχόμενων Συνθηκών (Κτήριο Ν, υπόγειο)
- Χώρος Εργαστηριακών Ασκήσεων (Κτήριο Ν, υπόγειο)

Παράλληλα, εντός της Αίθουσας Ελεγχόμενων Συνθηκών διακρίνονται οι ακόλουθες περιοχές – χώροι:

- Συρτάρια αποθήκευσης αντικειμένων προς μέτρηση
- Χώρος αποθήκευσης προτύπων αναφοράς
- Χώρος παρελκόμενων μηχανής Mahr
- Χώρος παρελκόμενων μηχανής CMM

### **2.1.3 Μέθοδοι μετρήσεων και μέθοδοι επικύρωσης και επαλήθευσης μετρήσεων**

Το Εργαστήριο χρησιμοποιεί κατάλληλες μεθόδους και διαδικασίες για όλες τις μετρήσεις που εμπíπτουν στο αντικείμενό του, ενώ οι μέθοδοι που χρησιμοποιεί για τις μετρήσεις τηρούνται στο σχετικό Αρχείο Μεθόδων. Το Εργαστήριο διαθέτει οδηγίες για τη χρήση και τη λειτουργία του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται, καθώς και για τη διαχείριση των αντικειμένων που πρόκειται να υποβληθούν σε μέτρηση. Κάθε έγγραφο που αφορά τις εργασίες του Εργαστηρίου ενημερώνεται και είναι διαθέσιμο στο προσωπικό. Αποκλίσεις από τις μεθόδους μετρήσεων είναι δυνατό να επιτραπούν μόνο

σε περίπτωση που η απόκλιση έχει τεκμηριωθεί, έχει αιτιολογηθεί τεχνικά, έχει εγκριθεί και έχει γίνει αποδεκτή από τον πελάτη.

### **Επιλογή Μεθόδων:**

Το Εργαστήριο επιδιώκει τη χρήση επικυρωμένων και δημοσιευμένων σε διεθνή ή εθνικά πρότυπα μεθόδων. Ο Τεχνικός Υπεύθυνος έχει την ευθύνη για τη χρήση της τελευταίας έκδοσης του αντίστοιχου προτύπου. Πριν τη χρήση κάποιας πρότυπης μεθόδου το Εργαστήριο επαληθεύει τα χαρακτηριστικά επίδοσης της μεθόδου, ώστε να εξασφαλίσει ότι η τεκμηριωμένη επίδοση μπορεί να επιτευχθεί (*Δ-08: Επαλήθευση Μεθόδων*).

Στις περιπτώσεις που ο πελάτης δεν καθορίζει τη μέθοδο διενέργειας των μετρήσεων, το Εργαστήριο επιλέγει την πλέον κατάλληλη για την εκάστοτε χρήση επικυρωμένη μέθοδο και ενημερώνει σχετικά τον πελάτη πριν την έναρξη οποιασδήποτε εργασίας. Αν ο πελάτης προσδιορίζει τη μέθοδο εκτέλεσης των μετρήσεων και το Εργαστήριο διαπιστώσει ότι η μέθοδος δεν είναι κατάλληλη, τότε το Εργαστήριο απορρίπτει την προτεινόμενη μέθοδο και ενημερώνει τον πελάτη.

Η τεκμηρίωση των πρότυπων μεθόδων που χρησιμοποιεί το Εργαστήριο, τηρούνται στο Αρχείο Εξωτερικών Εγγράφων.

### **Μη πρότυπες μέθοδοι:**

Το Εργαστήριο σε περίπτωση χρήσης μη πρότυπων μεθόδων ή τροποποιημένων πρότυπων μεθόδων, λαμβάνει μέτρα για την κατάλληλη τεκμηρίωση και επικύρωσή τους πριν τεθούν σε εφαρμογή, ώστε να διασφαλιστεί η καταλληλότητά τους (*Δ-09: Επικύρωση Μεθόδων*).

### **Επικύρωση μεθόδων μετρήσεων:**

Το Εργαστήριο επικυρώνει κάθε μη πρότυπη μέθοδο που χρησιμοποιεί, κάθε πρότυπη μέθοδο η οποία χρησιμοποιείται εκτός του πεδίου εφαρμογής της και κάθε τροποποιημένη πρότυπη μέθοδο, ώστε να επιβεβαιώνει ότι αυτές είναι κατάλληλες για την σκοπούμενη χρήση. Η έκταση της επικύρωσης είναι σε τέτοιο βαθμό, όσο είναι απαραίτητο για να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις της δεδομένης χρήσης. Τα αποτελέσματα της επικύρωσης των μεθόδων τηρούνται σε κατάλληλα αρχεία, όπως προβλέπει η διαδικασία (*Δ-09: Επικύρωση Μεθόδων*). Σε κάθε περίπτωση, τα χαρακτηριστικά επίδοσης των μεθόδων που προσδιορίζονται από την επικύρωση αξιολογούνται, ενώ πρέπει να ανταποκρίνονται στη δεδομένη χρήση και να είναι συναφή με τις ανάγκες των πελατών.

### **Εκτίμηση της αβεβαιότητας των μετρήσεων:**

Η εκτίμηση της αβεβαιότητας των μετρήσεων που διενεργεί το Εργαστήριο γίνεται με την εφαρμογή της τεκμηριωμένης διαδικασίας (*Δ-12: Υπολογισμός Αβεβαιότητας*),

σύμφωνα με την οποία λαμβάνονται υπόψη όλες οι συνιστώσες της αβεβαιότητας που θεωρούνται σημαντικές για τη δεδομένη περίπτωση.

### **Έλεγχος δεδομένων:**

Κατά την εισαγωγή δεδομένων σε υπολογιστή πραγματοποιείται έλεγχος από τον εκάστοτε χρήστη των δεδομένων που εισάγει κάθε φορά, καθώς και περιοδικοί έλεγχοι για την ορθότητα των αποτελεσμάτων. Τα ηλεκτρονικά αρχεία προστατεύονται από κατάλληλους κωδικούς πρόσβασης και φυλάσσονται σε μαγνητικά μέσα αποθήκευσης, που ενημερώνονται έγκαιρα για τις τελευταίες τροποποιήσεις.

Στο Εργαστήριο γίνεται χρήση έτοιμων εμπορικών πακέτων λογισμικού τα οποία θεωρούνται ότι είναι επαρκώς επικυρωμένα. Στην περίπτωση που γίνεται χρήση λογισμικού ειδικά ανεπτυγμένου για τις ανάγκες του, το Εργαστήριο εξασφαλίζει ότι είναι κατάλληλα επικυρωμένο από την κατασκευάστρια εταιρεία και ότι παρακολουθούνται οι εκδόσεις και οι αναβαθμίσεις του λογισμικού με ευθύνη της προμηθεύτριας εταιρείας.

Τέλος, λαμβάνονται μέτρα ώστε όλοι οι υπολογιστές να είναι εγκατεστημένοι σε περιβάλλον που διασφαλίζει την απρόσκοπτη λειτουργία τους και την ακεραιότητα των ηλεκτρονικών δεδομένων.

### **2.1.4 Εξοπλισμός**

Το Εργαστήριο διαθέτει όλο τον απαραίτητο εξοπλισμό για τη σωστή εκτέλεση των μετρήσεων που διενεργεί. Όταν το Εργαστήριο πρέπει να χρησιμοποιήσει εξοπλισμό για τον οποίο δεν έχει συνεχή εποπτεία, εξασφαλίζει ότι ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO/IEC 17025:2005. Η διαδικασία (**Δ-13: Διαχείριση Προμηθειών**) αναφέρεται στη σύνταξη τεχνικών προδιαγραφών για την προμήθεια εξοπλισμού του Εργαστηρίου, ενώ αυτό εφαρμόζει την τεκμηριωμένη διαδικασία (**Δ-04: Διακρίβωση & Έλεγχος Εξοπλισμού Μετρήσεων**) που αφορά:

- τον προγραμματισμό και τη διενέργεια των διακριβώσεων του εξοπλισμού,
- τη διακρίβωση και τον έλεγχο καινούργιου εξοπλισμού πριν τεθεί σε λειτουργία για πρώτη φορά, και
- τον έλεγχο του εξοπλισμού στα διαστήματα μεταξύ δύο διαδοχικών διακριβώσεων του.

Μόνο το εξουσιοδοτημένο προσωπικό (**Δ-01: Διαχείριση Προσωπικού**) μπορεί να χειριστεί τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται για τις μετρήσεις στο Εργαστήριο. Τα εγχειρίδια των κατασκευαστών του εξοπλισμού τηρούνται σε αρχείο από το αρμόδιο προσωπικό του κάθε εργαστηρίου. Όπου έχει κριθεί απαραίτητο, έχουν συνταχθεί συμπληρωματικές οδηγίες χρήσης του εξοπλισμού, οι οποίες περιλαμβάνουν οδηγίες για τη λειτουργία, τη συντήρηση (προληπτική και διορθωτική) και τον έλεγχο του εξοπλισμού. Τα παραπάνω αρχεία είναι διαθέσιμα σε κάθε μέλος του προσωπικού του Εργαστηρίου που χρησιμοποιεί τον αντίστοιχο εξοπλισμό.

Η διαδικασία (***A-03: Διαχείριση Εξοπλισμού Μετρήσεων***), υποχρεώνει το Εργαστήριο να καταχωρεί κάθε συσκευή – όργανο του σε Έντυπο Εγγραφής Εξοπλισμού (***A-03-EN-1***). Κάθε κρίσιμο στοιχείο του εξοπλισμού φέρει κατάλληλη σήμανση για τη μονοσήμαντη αναγνώρισή του (***A-03: Διαχείριση Εξοπλισμού Μετρήσεων***).

Οι διαδικασίες (***A-04: Διακρίβωση & Έλεγχος Εξοπλισμού Μετρήσεων***) και (***A-05: Συντήρηση Εξοπλισμού***) προβλέπουν την καθιέρωση προγραμμάτων προληπτικής συντήρησης, διακρίβωσης, ελέγχου και την τήρηση αρχείων όπου καταγράφονται όλα τα στοιχεία σχετικά με τις βλάβες, επισκευές, ελέγχους και διακρίβώσεις του εξοπλισμού.

Για την ασφαλή χρήση, μεταφορά, αποθήκευση και συντήρηση του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται κατά τη διενέργεια των μετρήσεων, το Εργαστήριο έχει αναπτύξει και εφαρμόζει τεκμηριωμένες διαδικασίες (***A-03: Διαχείριση Εξοπλισμού Μετρήσεων, A-05: Συντήρηση Εξοπλισμού***).

Εξοπλισμός που έχει υποστεί υπερφόρτωση, κακομεταχείριση, δίνει ύποπτα αποτελέσματα, παρουσιάζεται ελαττωματικός ή εκτός των προκαθορισμένων ορίων, σταματά να χρησιμοποιείται άμεσα. Ο εν λόγω εξοπλισμός σημαίνεται κατάλληλα (***A-04, A-05***), ώστε να αποφευχθεί η κατά λάθος χρήση του. Μετά την επισκευή του ελέγχεται / διακρίβώνεται, ώστε να αποδειχθεί ότι λειτουργεί σωστά, ενώ παράλληλα το Εργαστήριο εξετάζει την ύπαρξη τυχόν επιπτώσεων του εξοπλισμού σε προηγούμενα αποτελέσματα μετρήσεων και εφαρμόζει τη διαδικασία (***A-17: Διορθωτικές και Προληπτικές Ενέργειες***).

Η διαδικασία (***A-04: Διακρίβωση & Έλεγχος Εξοπλισμού Μετρήσεων***) αναφέρεται στην πραγματοποίηση ενδιάμεσων ελέγχων, σε περίπτωση που αυτοί απαιτούνται για να διαπιστωθεί η κατάσταση διακρίβωσης του εξοπλισμού μετρήσεων. Ο Τεχνικός Υπεύθυνος έχει την ευθύνη να ενημερώσει ορθά όλα τα έγγραφα (ηλεκτρονικά ή έντυπα) που αφορούν τυχόν διακρίβώσεις και δημιουργούν ένα σύνολο συντελεστών διόρθωσης.

Είτε ο εξωτερικός φορέας διακρίβωσης είτε το Εργαστήριο (***A-04: Διακρίβωση & Έλεγχος Εξοπλισμού Μετρήσεων***) επισημαίνουν τον διακριβωμένο εξοπλισμό με ετικέτα, όπου αναγράφεται η ημερομηνία διακρίβωσης και η ημερομηνία της επόμενης διακρίβωσης, όπου είναι εφικτό.

### **2.1.5 Ιχνηλασιμότητα μετρήσεων**

Το Εργαστήριο έχει καθιερώσει και εφαρμόζει συγκεκριμένη τεκμηριωμένη διαδικασία (***A-04: Διακρίβωση & Έλεγχος Εξοπλισμού Μετρήσεων***), ώστε να:

- Εξασφαλίζει ότι κάθε τμήμα του εξοπλισμού του, το οποίο έχει σημαντική επίδραση στην ακρίβεια και στην εγκυρότητα των αποτελεσμάτων των μετρήσεων, διακρίβώνεται / ελέγχεται, πριν τεθεί για πρώτη φορά σε λειτουργία.
- Προγραμματίζει και διενεργεί διακρίβώσεις για το σύνολο του εξοπλισμού του.

Ειδικότερα, για την πραγματοποίηση των διακριβώσεων του εξοπλισμού που χρησιμοποιεί στην εκτέλεση των μετρήσεων, το Εργαστήριο έχει καθιερώσει και τηρεί τεκμηριωμένη διαδικασία (*Δ-04: Διακρίβωση & Έλεγχος Εξοπλισμού Μετρήσεων*), που προβλέπει ότι η διακρίβωση / έλεγχος πραγματοποιείται είτε από εξουσιοδοτημένο προσωπικό του Εργαστηρίου, είτε από εξωτερικό φορέα διακρίβωσης βάσει καθορισμένου προγράμματος διακρίβωσης / ελέγχου.

Όταν το Εργαστήριο αναθέτει σε εξωτερικούς φορείς τη διακρίβωση του εξοπλισμού, λαμβάνει υπόψη τη διαπίστευση των φορέων διακρίβωσης κατά ΕΛΟΤ EN ISO / IEC 17025:2005 και εξετάζει το πεδίο διαπίστευσης των διακριβώσεων για το οποίο έχουν διαπιστευτεί. Το Εργαστήριο επιδιώκει την επιλογή φορέων διακρίβωσης οι οποίοι να μπορούν να αποδείξουν την ικανότητά τους να διενεργούν τις συγκεκριμένες διακριβώσεις και να αποδεικνύουν την ιχνηλασιμότητα των διακριβώσεων που διενεργούν (*Δ-13: Διαχείριση Προμηθειών*).

Ο εξωτερικός φορέας διακρίβωσης που επιλέγεται από το Εργαστήριο έχει την ευθύνη για την έκδοση κατάλληλου πιστοποιητικού διακρίβωσης μέσω του οποίου αποδεικνύεται η ιχνηλασιμότητα των μετρήσεων σε Εθνικά ή Διεθνή πρότυπα. Το Εργαστήριο ελέγχει κάθε φορά τα πιστοποιητικά διακρίβωσης, όπως προβλέπει η διαδικασία (*Δ-04: Διακρίβωση & Έλεγχος Εξοπλισμού Μετρήσεων*). Τα παραπάνω πιστοποιητικά πρέπει να περιλαμβάνουν και την αβεβαιότητα μέτρησης του εξοπλισμού, η οποία πρέπει να βρίσκεται εντός συγκεκριμένων ορίων και εξαρτάται από τη μέθοδο που ακολουθείται.

Στις περιπτώσεις που η ιχνηλασιμότητα μετρήσεων σε Εθνικά ή Διεθνή πρότυπα δεν είναι εφικτή ή σχετική, το Εργαστήριο λαμβάνει μέτρα για τη χρήση κατάλληλων πιστοποιημένων (ή μη) προτύπων αναφοράς που παρέχονται στο Εργαστήριο από κατάλληλα αξιολογημένο προμηθευτή.

Η εκτέλεση εσωτερικών διακριβώσεων εξοπλισμού, γίνεται μόνο από κατάλληλα εκπαιδευμένο και εξουσιοδοτημένο σχετικά προσωπικό, ενώ συμμορφώνεται σε όλες τις απαιτήσεις που τίθενται για τις διακριβώσεις από εξωτερικό φορέα (χρήση διαδικασιών, τεκμηρίωση ιχνηλασιμότητας μετρήσεων, περιεχόμενο πιστοποιητικού διακρίβωσης).

### **Πρότυπα αναφοράς:**

Στο πρόγραμμα διακρίβωσης / ελέγχου του Εργαστηρίου εντάσσονται και τα πρότυπα αναφοράς που διαθέτει, τα οποία διακρίβώνονται από κατάλληλο εξωτερικό φορέα διακρίβωσης ο οποίος παρέχει ιχνηλασιμότητα σύμφωνα με τις παραπάνω «ειδικές απαιτήσεις». Τα πρότυπα αναφοράς που τηρεί το Εργαστήριο χρησιμοποιούνται αποκλειστικά και μόνο για διακρίβωση / έλεγχο του εξοπλισμού.

Το Εργαστήριο ακολουθεί τεκμηριωμένη διαδικασία (*Δ-04: Διακρίβωση & Έλεγχος Εξοπλισμού Μετρήσεων*) για την πραγματοποίηση ενδιάμεσων ελέγχων, όπως επίσης και κατάλληλη διαδικασία (*Δ-07: Χειρισμός Αντικειμένων προς Μέτρηση*), για τον

ασφαλή χειρισμό, τη μεταφορά, την αποθήκευση και χρήση των προτύπων αναφοράς, προκειμένου να εξασφαλίζεται η ακεραιότητά τους.

### 2.1.6 Δειγματοληψία

Το Εργαστήριο ακολουθεί τεκμηριωμένη διαδικασία (**A-10: Διαχείριση Δειγματοληψιών**) αλλά και σχετικές Οδηγίες Εργασίας που περιγράφουν τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η δειγματοληψία με σκοπό τη διεξαγωγή των απαιτούμενων μετρήσεων.

Κάθε στοιχείο που αφορά τα δεδομένα της δειγματοληψίας καταγράφεται στα αντίστοιχα Πρωτόκολλα Δειγματοληψίας, τα οποία τηρούνται σε κατάλληλο αρχείο, κοινοποιούνται στο αρμόδιο προσωπικό και αναφέρονται στις Εκθέσεις Μετρήσεων.

### 2.1.7 Χειρισμός αντικειμένων προς μέτρηση

Το Εργαστήριο διαθέτει τεκμηριωμένη διαδικασία (**A-07: Χειρισμός Αντικειμένων προς Μέτρηση**) που αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο παραλαμβάνει και διαχειρίζεται τα αντικείμενα που πρόκειται να υποβληθούν σε μέτρηση, με σκοπό την προστασία της ακεραιότητάς τους, των συμφερόντων του Εργαστηρίου και των πελατών του.

Το Εργαστήριο αναγνωρίζει τη μοναδική ταυτότητα των αντικειμένων που διαχειρίζεται, όπως αναφέρεται στην αντίστοιχη διαδικασία (**A-07: Χειρισμός Αντικειμένων προς Μέτρηση**).

Κατά την παραλαβή των αντικειμένων από το Εργαστήριο γίνεται έλεγχος της κατάστασής τους, ακολουθώντας τη σχετική Οδηγία Εργασίας, και τα στοιχεία του ελέγχου τηρούνται σε αρχείο. Σε περίπτωση μη συμμόρφωσης του αντικειμένου με τις τεθείσες προδιαγραφές, ή όταν δεν καθορίζονται σαφώς οι αιτούμενες μετρήσεις, το Εργαστήριο επικοινωνεί με τον πελάτη, ώστε να λάβει περαιτέρω οδηγίες (**A-14: Ανασκόπηση Συμβάσεων**), τηρώντας τα στοιχεία της επικοινωνίας με τον πελάτη σε αρχείο.

Το Εργαστήριο λαμβάνει μέτρα για την αποφυγή φθοράς ή βλάβης των αντικειμένων προς μέτρηση κατά την παραλαβή και το χειρισμό τους.

### 2.1.8 Διασφάλιση της ποιότητας των αποτελεσμάτων μετρήσεων

Για την εξασφάλιση της εγκυρότητας των μετρήσεων που διενεργεί, το Εργαστήριο διαθέτει τεκμηριωμένες διαδικασίες (**A-08: Επαλήθευση Μεθόδων**, **A-21: Ποιοτικός Έλεγχος**). Αυτό επιτυγχάνεται μέσω:

- διεξαγωγής εσωτερικού ελέγχου ποιότητας, και
- συμμετοχής σε πρόγραμμα διεργαστηριακών συγκρίσεων.

Επιλέγονται κατάλληλες μέθοδοι ελέγχου ποιότητας αποτελεσμάτων ανάλογα με τον τύπο της κάθε μέτρησης και τον αντίστοιχο όγκο εργασίας που αναλαμβάνει το Εργαστήριο.

Το προσωπικό του Εργαστηρίου καταχωρεί στα σχετικά Αρχεία Μετρήσεων τα αποτελέσματα των ανωτέρω μετρήσεων, με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι εφικτός ο προσδιορισμός των τάσεων. Ο Τεχνικός Υπεύθυνος του Εργαστηρίου κάνει ανασκόπηση των αποτελεσμάτων των ελέγχων ποιότητας σε τακτική βάση με χρήση, όπου είναι εφικτό, κατάλληλων τεχνικών στατιστικής.

Το Εργαστήριο έχει θεσπίσει συγκεκριμένα κριτήρια (**Δ-08: Επαλήθευση Μεθόδων, Δ-21: Ποιοτικός Έλεγχος**) για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων των εσωτερικών ελέγχων ποιότητας που πραγματοποιεί και για να κρίνει αν οι μετρήσεις που εκτελεί είναι εντός ή εκτός ορίων. Αν τα αποτελέσματα των εσωτερικών ελέγχων είναι εκτός ορίων, ο Τεχνικός Υπεύθυνος προβαίνει σε διορθωτικές ενέργειες σύμφωνα με τα προδιαγεγραμμένα κριτήρια και αναστέλλει την έκδοση Εκθέσεων Μετρήσεων μέχρι να λυθεί το πρόβλημα.

### **2.1.9 Σύνταξη Εκθέσεων Μετρήσεων**

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων που πραγματοποιεί το Εργαστήριο καταγράφονται με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια και σαφήνεια στις αντίστοιχες Εκθέσεις Μετρήσεων, στις οποίες περιλαμβάνονται όλες οι πληροφορίες που απαιτούνται από τους πελάτες και είναι απαραίτητες για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων, καθώς και όλες οι πληροφορίες που απαιτούνται από την αντίστοιχη μέθοδο. Η διαδικασία (**Δ-06: Μετρήσεις και Έκδοση Αποτελεσμάτων**) περιγράφει τον τρόπο σύνταξης των Εκθέσεων Μετρήσεων του Συστήματος Διαχείρισης Ποιότητας.

Η διαδικασία (**Δ-06: Μετρήσεις και Έκδοση Αποτελεσμάτων**) αναφέρει με λεπτομέρεια όλες τις πληροφορίες που περιέχονται σε κάθε Έκθεση Μετρήσεων. Όπου είναι απαραίτητο για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων, οι Εκθέσεις Μετρήσεων περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, στοιχεία που αφορούν:

- Τυχόν παρεκκλίσεις από τη μέθοδο μέτρησης και πληροφορίες σχετικά με τις περιβαλλοντικές συνθήκες εκτέλεσης της μέτρησης.
- Τη συμμόρφωση ή μη προς δεδομένες απαιτήσεις ή προδιαγραφές.
- Μία δήλωση για την αβεβαιότητα της μέτρησης, όταν αυτό είναι σχετικό με την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων ή όταν το απαιτεί ο πελάτης ή όταν η αβεβαιότητα επηρεάζει τη συμμόρφωση ως προς κάποια προδιαγραφή ή όριο.
- Τυχόν συμπληρωματικές πληροφορίες που απαιτούνται από τον πελάτη ή τη μέθοδο.
- Γνώμες και ερμηνείες.

#### **Γνώμες και ερμηνείες:**

Όταν οι Εκθέσεις Μετρήσεων περιλαμβάνουν γνώμες και ερμηνείες, επισημαίνονται κατάλληλα και τεκμηριώνεται η βάση πάνω στην οποία έχουν διατυπωθεί.

#### **Αποτελέσματα μετρήσεων που αναλαμβάνονται από υπεργολάβους:**

Τα αποτελέσματα μετρήσεων που διενεργούνται από υπεργολάβους προσδιορίζονται σαφώς στην Έκθεση Μετρήσεων.

**Ηλεκτρονική μετάδοση αποτελεσμάτων:**

Το Εργαστήριο δεν αποστέλλει με ηλεκτρονικό τρόπο αποτελέσματα μετρήσεων που έχει διενεργήσει για τους πελάτες του.

**Μορφή των Εκθέσεων Μετρήσεων:**

Η έκδοση των Εκθέσεων Μετρήσεων γίνεται στην τυποποιημένη μορφή που καθορίζεται στη διαδικασία (Δ-06).

**Τροποποιήσεις σε Εκθέσεις Μετρήσεων:**

Μια Έκθεση Μετρήσεων είναι δυνατό να τροποποιηθεί μετά την έκδοση της όταν αυτή είναι απόλυτα τεκμηριωμένη. Η τροποποίηση γίνεται με την έκδοση ενός άλλου εγγράφου με τίτλο «Συμπληρωματική αναφορά στην Έκθεση Μετρήσεων αρ.....». Οι τροποποιήσεις πρέπει να συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις του προτύπου της αντίστοιχης παραγράφου του ΕΛΟΤ EN ISO/IEC 17025:2005.



## 3. Μηχανή Διακρίβωσης Συγκριτών και Μετρητικών Ρολογιών

### 3.1. Γενικά

Η μηχανή διακρίβωσης συγκριτών και μετρητικών ρολογιών Mahr 865 είναι κατάλληλη για τη διεξαγωγή γρήγορων και με μεγάλη ακρίβεια ελέγχων μετρητικών ρολογιών και συγκριτών (διακριτική ικανότητα μηχανής 1 $\mu$ m), ακολουθώντας τις διατάξεις των γερμανικών προδιαγραφών:

- DIN 878 έκδοση 1983 για μετρητικά ρολόγια
- DIN 879 έκδοση 1999 για μηχανικούς συγκριτές
- ISO 463-2006

Σύμφωνα με τις παραπάνω προδιαγραφές θα πρέπει να προσδιορίζονται τα παρακάτω:

- Απόκλιση  $f_e$
- Ολική απόκλιση  $f_{ges}$
- Επαναληψιμότητα  $f_w$
- Σφάλμα υστέρησης των μετρούμενων τιμών  $f_u$

Η λειτουργία της μηχανής Mahr 865 είναι αρκετά απλή. Αρχικά, είναι απαραίτητο να τοποθετηθεί το προς διακρίβωση όργανο στο βραχίονα συγκράτησης που φέρει η μηχανή. Αφού τοποθετηθεί και το σφίξουμε τόσο όσο να σταθεροποιηθεί σε μια συγκεκριμένη θέση, με το χειροστρόφαλο που βρίσκεται στο πλάι της μηχανής, μετακινούμε το μετρητικό επαφέα της μηχανής προς τα πάνω ή προς τα κάτω ανάλογα με το αν στρέφουμε το χειροστρόφαλο προς τα δεξιά ή προς τα αριστερά. Ο μετρητικός επαφέας της μηχανής ασκεί δύναμη στο σφαιρικό άκρο του προς διακρίβωση οργάνου, η οποία συμπιέζει το ελατήριο που φέρει ο μηχανικός συγκριτής ή το μετρητικό ρολόι και προκαλεί τη μετατόπιση του δείκτη του οργάνου προς μεγαλύτερες ή μικρότερες ενδείξεις ανάλογα με το αν το ελατήριο συμπιέζεται ή αποσυμπιέζεται. Έτσι, για κάθε μέτρηση που θέλουμε να κάνουμε μετακινούμε το χειροστρόφαλο μέχρι την ένδειξη που θέλουμε να μας δίνει το ρολόι και συγκρίνουμε την τιμή του με την τιμή που διαβάζουμε στην αναλογική κλίμακα που φέρει η μηχανή. Με αυτό τον τρόπο, πραγματοποιείται η διακρίβωση των μετρητικών ρολογιών ή των μηχανικών συγκριτών που διαθέτουμε και καταλήγουμε σε συμπεράσματα σχετικά με την ακρίβεια μέτρησής τους.

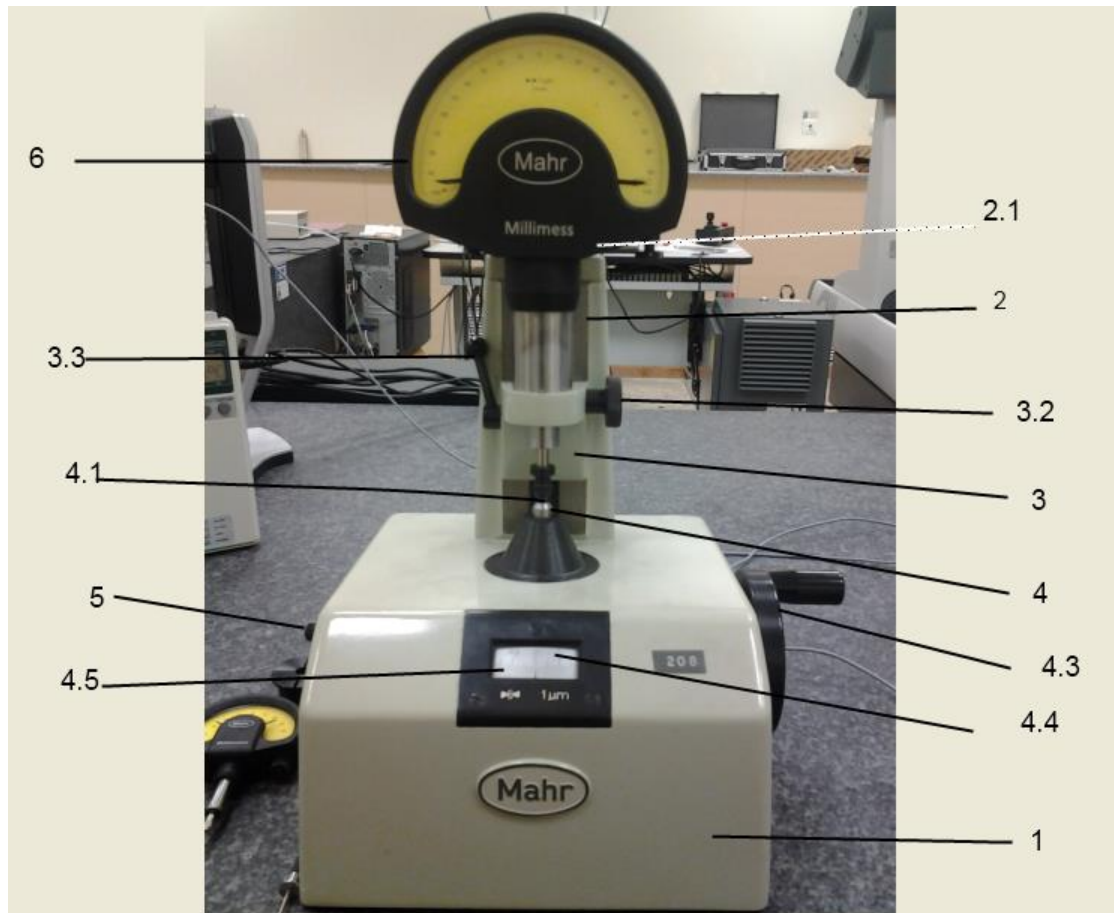
### 3.2 Δομικά στοιχεία μηχανής Mahr 865

Η μηχανή διακρίβωσης συγκριτών και μετρητικών ρολογιών Mahr 865 αποτελείται από τα παρακάτω δομικά στοιχεία:

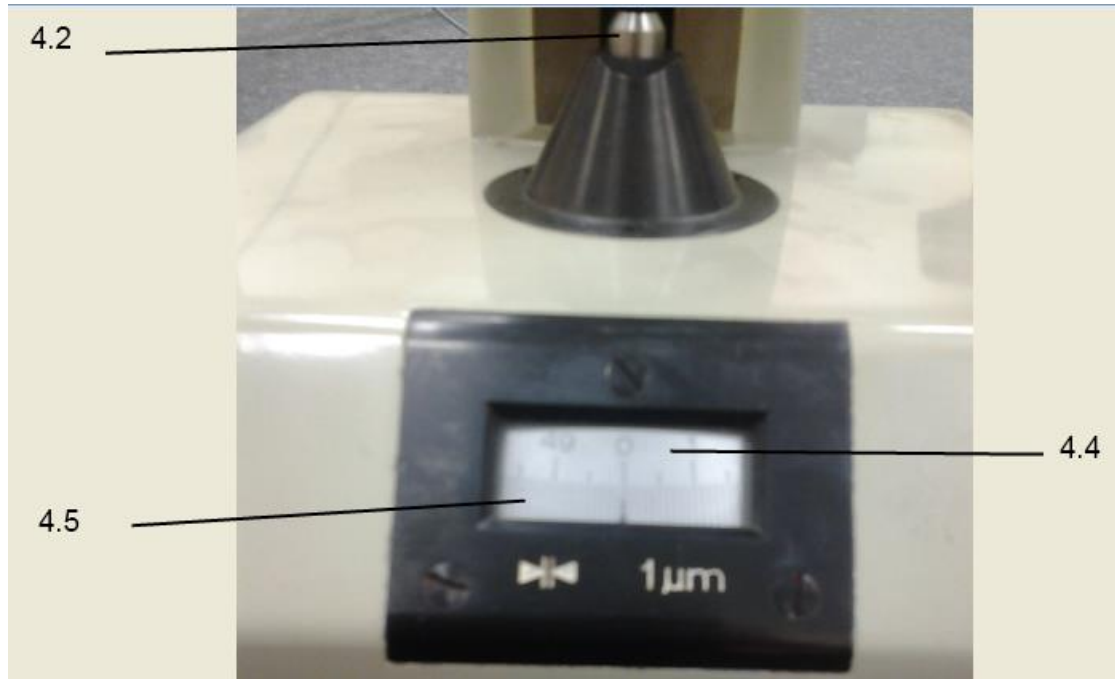
- Αρχικά, διαθέτει ένα σταθερό και στιβαρό εξωτερικό περίβλημα, το οποίο περιέχει τα μετρητικά στοιχεία της μηχανής. Ο λόγος που υπάρχει αυτό το περίβλημα είναι η προστασία των μετρητικών στοιχείων της μηχανής από βρωμιά και είσοδο σκόνης. (1)

- Φέρει ισχυρή κολόνα για τη στήριξη του βραχίονα συγκράτησης.(2)
- Επιπλέον, διαθέτει χειροστρόφαλο με άξονα για τη καθ' ύψος ρύθμιση του βραχίονα συγκράτησης της κολόνας.(2.1)
- Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η μηχανή φέρει βραχίονα συγκράτησης του προς έλεγχο οργάνου. Ο βραχίονας συγκράτησης έχει οπή με σκοπό την τοποθέτηση του προς έλεγχο οργάνου με άξονα στήριξης 28mm.(3)
- Σε περίπτωση που ο μηχανικός συγκριτής ή το μετρητικό ρολόι έχει άξονα στήριξης διαμέτρου 8mm, δηλαδή αρκετά μικρό, υπάρχει η δυνατότητα μείωσης της διαμέτρου του βραχίονα συγκράτησης με τη χρήση κατάλληλου δακτυλίου που ονομάζεται χιτώνιο.(3.1)
- Για την καλύτερη συγκράτηση του προς διακρίβωση οργάνου η μηχανή φέρει βίδα σύσφιξης.(3.2)
- Επίσης, διαθέτει μοχλό σύσφιξης του βραχίονα συγκράτησης.(3.3)
- Επιπρόσθετα, η μηχανή διαθέτει ένα μετρητικό επαφέα (άξονα), ο οποίος είναι τοποθετημένος χωρίς περιθώρια τζόγου (ανοχή μηδέν) σε δακτύλιο έδρασης με σχισμή, διαμορφωμένο σε εσωτερικό σπείρωμα. Κατά τη διαδικασία της μέτρησης, μετακινεί το μετρητικό επαφέα του οργάνου.(4)
- Στη συνέχεια, υπάρχει μια επίπεδη μετρητική επιφάνεια από καρβίδιο βολφραμίου, η οποία έρχεται σε επαφή με το σφαιρικό άκρο (επαφέα) του προς διακρίβωση οργάνου.(4.1)
- Επιπλέον, φέρει κλίμακα προσδιορισμού της θέσης του μετρητικού άξονα (κατακόρυφα) με υποδιαιρέσεις ανά 0,5mm και μετρητικού εύρους 12mm.(4.2)
- Στα δεξιά της μηχανής υπάρχει ο χειροστρόφαλος που είναι υπεύθυνος για την κατακόρυφη ρύθμιση του μετρητικού άξονα.(4.3)
- Η μηχανή διαθέτει αναλογική κλίμακα μετρητικού τυμπάνου για την εύρεση του ακριβούς αποτελέσματος της μέτρησης με υποδιαιρέσεις ανά 1mm και εύρος περιστροφής 0,5mm.(4.4-4.5)
- Στα αριστερά της μηχανής υπάρχει ένας μοχλός γριναζωτού μηχανισμού για γρήγορες μετακινήσεις με βήμα 0,1mm. Σε περίπτωση που επιθυμούμε την αποσύμπλεξη του γριναζωτού μηχανισμού πιέζουμε το μοχλό προς τα κάτω.(5)

- Τέλος, στη διάταξη που θα χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση, υπάρχουν και δύο μηχανικοί συγκριτές εύρους μέτρησης 100μm και 200μm αντίστοιχα.(6)



Εικόνα 4 Κύρια μέρη μηχανής Mahr 865



Εικόνα 5 Κύρια μέρη μηχανής Mahr (εστίαση)



Εικόνα 6 Χιτώνιο (δακτύλιος) μείωσης της διαμέτρου βραχίονα συγκράτησης (3.1)

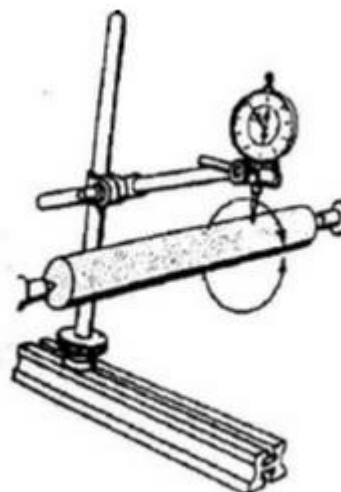
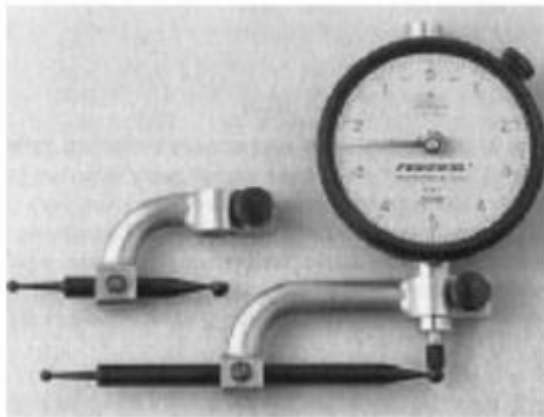
## 4. Μηχανικοί Συγκριτές και Μετρητικά Ρολόγια

### 4.1. Γενικά

Το μετρητικό ρολόι χρησιμοποιείται από τον τεχνίτη μηχανολογικών κατασκευών για συγκριτικές μετρήσεις: συγκρίνονται οι διαστάσεις ενός αντικειμένου με τις διαστάσεις ενός άλλου ίδιου αντικειμένου και βρίσκεται πόσο διαφέρουν μεταξύ τους. Ειδικότερα, μερικές από τις χρήσεις του είναι:

- ο έλεγχος οριακών τιμών διαστάσεων
- ο έλεγχος της ομοκεντρότητας και της κυλινδρικότητας αξόνων
- το κεντράρισμα ή ο παραλληλισμός εργασίας σε εργαλειομηχανές

Η ακρίβεια μέτρησης με το μετρητικό ρολόι είναι συνήθως 0,001, 0,005 ή 0,01mm στο μετρικό σύστημα και 0,0001'', 0,0005'' ή 0,001'' στο αγγλοσαξωνικό σύστημα μονάδων μέτρησης. Για να είναι ευκρινής η τόσο ακριβής αυτή ένδειξη υπάρχει στο εσωτερικό του ρολογιού ένας μηχανικός πολλαπλασιαστής (οδοντωτού κανόνα-τροχού ή μηχανισμού μοχλού-κοχλίας), που επιτυγχάνει μεγέθυνση έως 1500 φορές.



Εικόνα 7 Μετρητικό ρολόι με τα εξαρτήματά του-Χρήση του μετρητικού ρολογιού για τον έλεγχο της κυλινδρικότητας άξονα.

Το μετρητικό ρολόι φέρει εξωτερικά μία πλάκα (με αριθμημένες υποδιαίρεσεις, συνήθως σε εκατοστά του χιλιοστομέτρου ή σε χιλιοστά της ίντσας) και ένα δείκτη, ο οποίος μπορεί να στρέφεται αριστερά ή δεξιά. Στο κάτω μέρος του προεξέχει ένα έμβολο, που καταλήγει σε ένα σφαιρικό επαφές. Το έμβολο διατηρείται προς τα έξω κάτω από την πίεση ενός ελατηρίου που βρίσκεται στο εσωτερικό του οργάνου. Όταν το έμβολο πιέζεται προς τα μέσα, ενεργεί στο μηχανισμό του οργάνου (στο μηχανικό πολλαπλασιαστή) και ο δείκτης περιστρέφεται και ακινητοποιείται στην υποδιαίρεση, η οποία δείχνει πόσο μετακινήθηκε προς τα μέσα ο επαφές. Σε πολλές περιπτώσεις, τα μετρητικά ρολόγια φέρουν και δεύτερο δείκτη για τη μέτρηση του ακέραιου αριθμού στροφών του μεγάλου δείκτη.

Τέλος, όσον αφορά τους μηχανικούς συγκριτές, η λειτουργία τους δεν διαφέρει ουσιαστικά από τη λειτουργία των μετρητικών ρολογιών. Η μόνη διαφορά τους εντοπίζεται στο ότι οι μικρορυθμίσεις στο μηχανικό συγκριτή πραγματοποιούνται με μια βίδα μικρορύθμισης, ενώ στα μετρητικά ρολόγια πραγματοποιούνται με το bezel.



**Εικόνα 8** Μετρητικό Ρολόι



Εικόνα 9 Μηχανικός Συγκριτής

#### 4.2. Πρότυπο DIN 878 για μετρητικά ρολόγια και DIN 879 για μηχανικούς συγκριτές

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, οι έλεγχοι για τη διακρίβωση των μετρητικών ρολογιών και των μηχανικών συγκριτών ακολουθούν τις διατάξεις των γερμανικών προδιαγραφών DIN 878 και DIN 879 αντίστοιχα. Τόσο στο πρότυπο DIN 878 όσο και στο DIN 879 καθορίζεται ο ακριβής τρόπος υπολογισμού των τεσσάρων βασικών μεγεθών που είναι απαραίτητα για τη διακρίβωση των μετρητικών ρολογιών και των μηχανικών συγκριτών αντιστοίχως. Αυτά είναι τα εξής:

- Η απόκλιση  $f_e$

- Η ολική απόκλιση  $f_{ges}$
- Το σφάλμα υστέρησης των μετρούμενων τιμών  $f_u$
- Η επαναληψιμότητα των μετρήσεων  $f_w$

Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία προχωρήσαμε στη διακρίβωση δύο μηχανικών συγκριτών με εύρος μέτρησης 100 $\mu$ m και 200 $\mu$ m αντίστοιχα. Έτσι, το πρότυπο που χρησιμοποιήσαμε για τους ελέγχους που πραγματοποιήσαμε ήταν το DIN 879-1, του οποίου οι διατάξεις δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις σε σχέση με το πρότυπο DIN 878 που αφορά μετρητικά ρολόγια. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στον τρόπο υπολογισμού της αποκλίσης  $f_e$ , της ολικής απόκλισης  $f_{ges}$ , της επαναληψιμότητας των μετρήσεων  $f_w$  και του σφάλματος υστέρησης των μετρούμενων τιμών  $f_u$ .

#### **4.2.1. Υπολογισμός και έλεγχος απόκλισης $f_e$**

Σύμφωνα με το πρότυπο DIN 879-1, οι μετρήσεις μας θα πρέπει να γίνονται σε σταθερά βήματα, ξεκινώντας από τη θέση, όπου το ελατήριο του μηχανικού συγκριτή είναι πλήρως αποσυμπιεσμένο και καταλήγοντας στη θέση όπου είναι πλήρως συμπιεσμένο και μας δίνει τη μεγαλύτερη τιμή που μπορεί να μετρήσει. Ο υπολογισμός της απόκλισης στηρίζεται στην εξής απλή διαδικασία:

##### **Βήμα 1<sup>ο</sup>**

Αρχικά, μηδενίζουμε την αναλογική κλίμακα της μηχανής Mahr 865 με το χειροστρόφαλο που βρίσκεται στα αριστερό μέρος της μηχανής.

##### **Βήμα 2<sup>ο</sup>**

Στη συνέχεια, εισάγουμε το προς διακρίβωση μηχανικό συγκριτή στην οπή που φέρει ο βραχίονας συγκράτησης της μηχανής.

##### **Βήμα 3<sup>ο</sup>**

Λασκάρουμε το μοχλό σύσφιξης της μηχανής και μετακινούμε το προς διακρίβωση όργανο προς τα κάτω με το χειροστρόφαλο, μέχρι ο δείκτης του οργάνου να πλησιάσει την πρώτη υποδιαίρεση του εύρους μέτρησής του.

##### **Βήμα 4<sup>ο</sup>**

Ξανασφίγγουμε το μοχλό σύσφιξης και ρυθμίζουμε το δείκτη του μηχανικού συγκριτή ακριβώς με την πρώτη υποδιαίρεσή του με τη βοήθεια της βίδας σύσφιξης. Έτσι, ο συγκριτής με εύρος μέτρησης 100 $\mu$ m ρυθμίζεται στα -50 $\mu$ m, ενώ ο συγκριτής με εύρος μέτρησης 200 $\mu$ m ρυθμίζεται στα -100 $\mu$ m.

##### **Βήμα 5<sup>ο</sup>**

Πραγματοποιούμε τον έλεγχο σε σταθερά βήματα των 5 $\mu$ m. Ο λόγος που επιλέξαμε να μετράμε ανά 5 $\mu$ m είναι ότι η διακριτική ικανότητα της μηχανής μας είναι 1 $\mu$ m, όπως και των μηχανικών συγκριτών που χρησιμοποιούμε, οπότε θέλουμε όσο γίνεται



μικρότερο βήμα για να έχουμε ένα επαρκές δείγμα μετρήσεων, αλλά όχι τόσο μεγάλο που να δυσχεραίνει τη πραγματοποίηση της διαδικασίας της μέτρησης και την επεξεργασία των αποτελεσμάτων της. Έτσι, μετακινούμε προς τα πάνω το μετρητικό επαφέα της μηχανής με τη βοήθεια του χειροστρόφαλου, μέχρι ο δείκτης του προς διακρίβωση οργάνου να συμπέσει με τη σωστή ένδειξη της κλιμακός του.

### **Βήμα 6°**

Διαβάζουμε την ένδειξη στην αναλογική κλίμακα της μηχανής και τη συγκρίνουμε με την ένδειξη του μηχανικού συγκριτή, καταγράφοντας τις τιμές σε ένα πίνακα. Στον ίδιο πίνακα υπολογίζουμε και σημειώνουμε την απόκλιση για κάθε μέτρηση που πραγματοποιούμε, αφαιρώντας την τιμή της αναλογικής κλίμακας της μηχανής από την ένδειξη που παίρνουμε από το προς διακρίβωση μηχανικό συγκριτή. Ο έλεγχος ολοκληρώνεται όταν πραγματοποιηθούν όλα τα βήματα που αναλογούν στο εύρος μέτρησης του προς διακρίβωση οργάνου.

### **Βήμα 7°**

Μετά τον έλεγχο, προσδιορίζουμε την απόκλιση  $f_e$ , σύμφωνα με το DIN 879-1, ως τη διαφορά μεταξύ της μέγιστης και της ελάχιστης τιμής της απόκλισης του πίνακα τιμών που έχουμε δημιουργήσει μετά το πέρας του προηγούμενου βήματος.

### **Βήμα 8°**

Τέλος, συγκρίνουμε την απόκλιση  $f_e$ , που υπολογίσαμε στο προηγούμενο βήμα, με τη μεγαλύτερη τιμή που είναι αποδεκτό να έχει η απόκλιση ενός μηχανικού συγκριτή, η οποία, σύμφωνα με το DIN 879-1, είναι 1  $\mu\text{m}$ . Έτσι, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι ο μηχανικός συγκριτής που εξετάζουμε είναι εντός ή εκτός προδιαγραφών, όσων αφορά την απόκλιση  $f_e$  που παρουσιάζει.

#### **4.2.2. Υπολογισμός και έλεγχος ολικής απόκλισης $f_{ges}$**

Η διαδικασία που ακολουθούμε για τον υπολογισμό της ολικής απόκλισης  $f_{ges}$  είναι η ίδια με αυτή που περιγράψαμε προηγουμένως. Η μόνη διαφορά εντοπίζεται στο ότι μετά τη λήψη της απόκλισης της τελευταίας υποδιαίρεσης του εύρους μέτρησης του μηχανικού συγκριτή, επαναλαμβάνουμε τον έλεγχο, περιστρέφοντας το χειροστρόφαλο με αντίθετη φορά σε σχέση με τη φορά περιστροφής που ακολουθήσαμε προηγουμένως για τον υπολογισμό της απόκλισης  $f_e$ . Στρέφοντας το χειροστρόφαλο ανάποδα, κινούμε το μετρητικό επαφέα (άξονα) της μηχανής προς τα κάτω. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος, ο επαφέας του προς διακρίβωση οργάνου κινείται προς τα κάτω, καθώς αποσυμπιέζεται το έμβολο που φέρει στο κορμό του.

Κατά τα άλλα, για σταθερά βήματα των 5  $\mu\text{m}$ , διαβάζουμε την απόκλιση στην αναλογική κλίμακα της γραμμής της μηχανής σε σχέση με την ένδειξη του μηχανικού συγκριτή και καταγράφουμε τις τιμές στον ίδιο πίνακα που είχαμε καταγράψει την απόκλιση  $f_e$ . Ο έλεγχος ολοκληρώνεται όταν πραγματοποιηθούν όλα τα βήματα που αναλογούν στο εύρος μέτρησης του προς διακρίβωση οργάνου.

Τέλος, όπως και κατά τον υπολογισμό της απόκλισης  $f_e$ , προσδιορίζουμε την ολική απόκλιση  $f_{ges}$ , σύμφωνα με το DIN 879-1, ως τη διαφορά μεταξύ της μέγιστης και της ελάχιστης τιμής του πίνακα τιμών που έχουμε δημιουργήσει και συγκρίνουμε την τιμή της με τη μεγαλύτερη τιμή που είναι αποδεκτό να πάρει. Αυτή η τιμή, σύμφωνα με το πρότυπο DIN 879-1, είναι 1,2 $\mu$ m. Έτσι, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι ο μηχανικός συγκριτής που εξετάζουμε είναι εντός ή εκτός προδιαγραφών, όσον αφορά την ολική απόκλιση  $f_{ges}$  που παρουσιάζει.

### **4.2.3. Υπολογισμός και έλεγχος σφάλματος υστέρησης των μετρούμενων τιμών $f_u$**

Για τον καθορισμό του σφάλματος υστέρησης  $f_u$ , ο έλεγχος πραγματοποιείται στο μέσο του εύρους μέτρησης του προς διακρίβωση οργάνου. Έτσι, μετακινούμε το προς διακρίβωση όργανο με το χειροστρόφαλο τόσο κάτω μέχρι ο δείκτης του μηχανικού συγκριτή να βρεθεί στο μέσο του εύρους μέτρησής του (και στις 2 περιπτώσεις συγκριτών που εξετάζουμε ο δείκτης πρέπει να βρίσκεται στα 0 $\mu$ m).

#### **Βήμα 1<sup>ο</sup>**

Πιέζουμε το μετρητικό επαφέα του προς διακρίβωση οργάνου με το χειροστρόφαλο μέσα στο συγκριτή και φέρουμε το δείκτη του να συμπέσει με την υποδιαίρεση ελέγχου που έχουμε επιλέξει και είναι τα 5 $\mu$ m.

#### **Βήμα 3<sup>ο</sup>**

Διαβάζουμε την ένδειξη της αναλογικής κλίμακας της μηχανής και καταγράφουμε την τιμή μέτρησης.

#### **Βήμα 4<sup>ο</sup>**

Πιέζουμε το μετρητικό επαφέα του μηχανικού συγκριτή, με το χειροστρόφαλο, τουλάχιστον άλλα 5 $\mu$ m μέσα στο ρολόι.

#### **Βήμα 5<sup>ο</sup>**

Κινούμε το χειροστρόφαλο στην αντίθετη κατεύθυνση μέχρι ο δείκτης του προς διακρίβωση οργάνου να συμπέσει και πάλι με την προεπιλεγείσα υποδιαίρεση των 5 $\mu$ m και καταγράφουμε την ένδειξη που μας δίνει η αναλογική κλίμακα της μηχανής.

#### **Βήμα 6<sup>ο</sup>**

Σύμφωνα με το DIN 879-1, το σφάλμα υστέρησης ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ των δύο τιμών που καταγράψαμε. Προκειμένου να περιορίσουμε την επίδραση πιθανών σφαλμάτων στο αποτέλεσμα της μέτρησης και να πάρουμε καλύτερα αποτελέσματα, επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία άλλες 4 φορές και θεωρούμε ότι το σφάλμα υστέρησης  $f_u$  ισούται με το μέσο όρο των 5 μετρήσεων.

#### **Βήμα 7<sup>ο</sup>**

Τέλος, συγκρίνουμε την τιμή του σφάλματος υστέρησης  $f_u$ , που παρουσιάζει ο μηχανικός συγκριτής, με τη μεγαλύτερη αποδεκτή τιμή που μπορεί να πάρει και η οποία, σύμφωνα με το πρότυπο DIN 879-1, είναι 0,5 $\mu$ m. Έτσι, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι ο μηχανικός συγκριτής που εξετάζουμε είναι εντός ή εκτός προδιαγραφών, όσων αφορά την τιμή του σφάλματος υστέρησης  $f_u$  που παρουσιάζει.

#### **4.2.4. Υπολογισμός και έλεγχος επαναληψιμότητας $f_w$**

##### **Βήμα 1<sup>ο</sup>**

Για τον καθορισμό της επαναληψιμότητας  $f_w$ , όπως κάναμε και για τον καθορισμό του σφάλματος υστέρησης  $f_u$ , ο έλεγχος πραγματοποιείται στο μέσο του εύρους μέτρησης του προς διακρίβωση οργάνου. Έτσι, μετακινούμε το προς διακρίβωση όργανο με το χειροστρόφαλο τόσο κάτω μέχρι ο δείκτης του μηχανικού συγκριτή να βρεθεί στο μέσο του εύρους μέτρησής του (και στις 2 περιπτώσεις συγκριτών που εξετάζουμε ο δείκτης πρέπει να βρίσκεται στα 0 $\mu$ m).

##### **Βήμα 2<sup>ο</sup>**

Στη συνέχεια, πιέζουμε το μετρητικό επαφέα του προς διακρίβωση οργάνου με το χειροστρόφαλο μέσα στο συγκριτή και φέρουμε το δείκτη του να συμπέσει με την υποδιαίρεση ελέγχου που έχουμε επιλέξει και είναι τα 5 $\mu$ m.

##### **Βήμα 3<sup>ο</sup>**

Διαβάζουμε την ένδειξη της αναλογικής κλίμακας της μηχανής και καταγράφουμε την τιμή μέτρησης.

##### **Βήμα 4<sup>ο</sup>**

Στρέφουμε το χειροστρόφαλο με αντίθετη φορά μέχρι ο δείκτης του προς διακρίβωση συγκριτή να συμπέσει με το μέσο του εύρους μέτρησής του.

##### **Βήμα 5<sup>ο</sup>**

Επαναλαμβάνουμε την παραπάνω διαδικασία για τουλάχιστον άλλες τέσσερις φορές, προκειμένου να έχουμε ένα ικανοποιητικό δείγμα μετρήσεων και καταγράφουμε τα αποτελέσματα.

##### **Βήμα 6<sup>ο</sup>**

Υπολογίζουμε το σφάλμα επαναληψιμότητας, το οποίο, σύμφωνα με το DIN 879-1, ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ της μέγιστης και της ελάχιστης τιμής από τις τιμές που έχουμε καταγράψει.

##### **Βήμα 7<sup>ο</sup>**

Τέλος, συγκρίνουμε την τιμή του σφάλματος επαναληψιμότητας  $f_w$ , που παρουσιάζει ο μηχανικός συγκριτής, με τη μεγαλύτερη αποδεκτή τιμή που μπορεί να πάρει και η οποία, σύμφωνα με το πρότυπο DIN 879-1, είναι 0,5 $\mu$ m. Έτσι, καταλήγουμε στο

συμπέρασμα ότι ο μηχανικός συγκριτής που εξετάζουμε είναι εντός ή εκτός προδιαγραφών, όσον αφορά την τιμή του σφάλματος επαναληψιμότητας  $f_w$  που παρουσιάζει.

## 5. Αβεβαιότητα

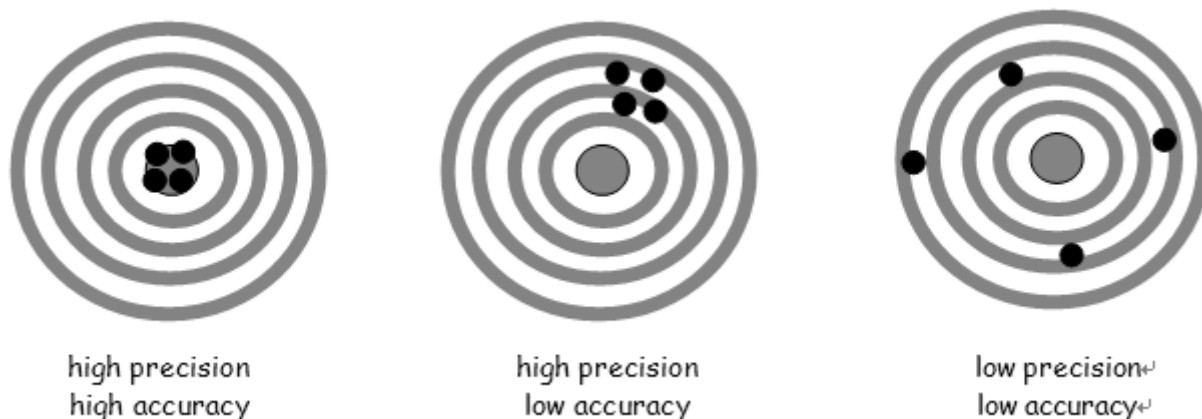
### 5.1. Έννοιες και Ορισμοί

Σύμφωνα με τον VIM (International Vocabulary of Metrology), *αβεβαιότητα μέτρησης* (*measurement uncertainty*) είναι η «μη αρνητική παράμετρος που χαρακτηρίζει τη διασπορά των τιμών ποσότητας που αποδίδονται σε ένα μετρούμενο μέγεθος, με βάση τις πληροφορίες που χρησιμοποιούνται».

Κάθε είδους μετρητική διαδικασία περιλαμβάνει ένα ποσοστό αβεβαιότητας. Καθώς δεν υπάρχει τέλεια μέτρηση, στο αποτέλεσμα των μετρήσεων πρέπει να αναφέρεται και η αβεβαιότητα που σχετίζεται με τη μέτρηση. Η αβεβαιότητα του αποτελέσματος της μέτρησης αντανακλά την έλλειψη γνώσης της ακριβούς τιμής του μετρούμενου μεγέθους. Αποτελεί μια ποσοτική έκφραση της ποιότητας της μέτρησης επιτρέποντας της σύγκριση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων με άλλα αποτελέσματα, αναφορές, προδιαγραφές ή πρότυπα. Ο υπολογισμός της αβεβαιότητας πραγματοποιείται λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των παραγόντων που επηρεάζουν την ποιότητα της μέτρησης, τις αλληλεπιδράσεις και το συσχετισμό αυτών.

Ο οδηγός ISO, GUM – Guide for the Uncertainty of Measurement (Οδηγός Υπολογισμού της Αβεβαιότητας των Μετρήσεων) περιλαμβάνει την επιστημονική προσέγγιση για την εκτίμηση της αβεβαιότητας με βάση τις σύγχρονες αντιλήψεις στην ευρύτερη επιστημονική περιοχή της μετρολογίας.

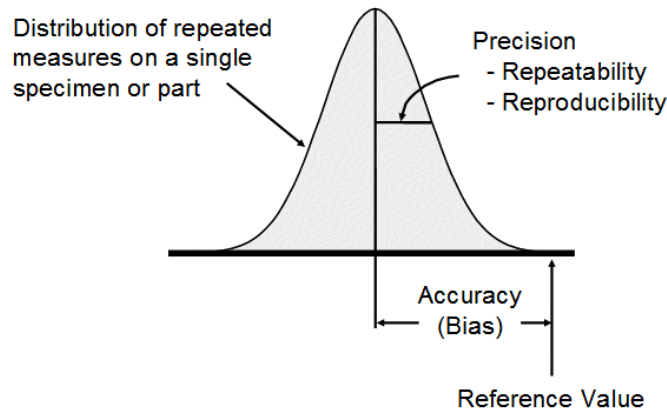
Ο VIM ορίζει ως *ακρίβεια της μέτρησης* (*measurement accuracy*) την εγγύτητα μεταξύ της μετρούμενης τιμής και της αληθινής τιμής. Διαφοροποιεί τον παραπάνω όρο από τον όρο *ορθότητα της μέτρησης* (*measurement precision*), ο οποίος αποτελεί την εγγύτητα μεταξύ των ενδείξεων ή των μετρηθέντων τιμών που λαμβάνεται από επαναληπτικές μετρήσεις για τα ίδια ή παρόμοια αντικείμενα κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες (Εικόνες 10 και 11). Η διαφορά τους έγκειται στο ότι η ακρίβεια δεν είναι ποσότητα και δεν της αποδίδουμε αριθμητική τιμή, ενώ η ορθότητα εκφράζεται αριθμητικά ως τυπική απόκλιση, διακύμανση, ή συντελεστής μεταβλητότητας.



Εικόνα 10 Σχέση ορθότητας- ακρίβειας

Για να εξασφαλιστεί η επαναληψιμότητα (*repeatability*) πρέπει, σύμφωνα με τον VIM, να εφαρμόζεται η ίδια διαδικασία μέτρησης από τον ίδιο παρατηρητή με το ίδιο μετρητικό όργανο υπό τις ίδιες συνθήκες και στην ίδια θέση σε σύντομο χρονικό διάστημα. Η αναπαραγωγιμότητα (*reproducibility*) εξασφαλίζεται όταν η ίδια διαδικασία μέτρησης διεξάγεται από διαφορετικούς παρατηρητές στο ίδιο αντικείμενο υπό διαφορετικές συνθήκες (διαφορετικό όργανο, διαφορετικό εργαστήριο) σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. (Καραχάλιου, και συν., 2007)

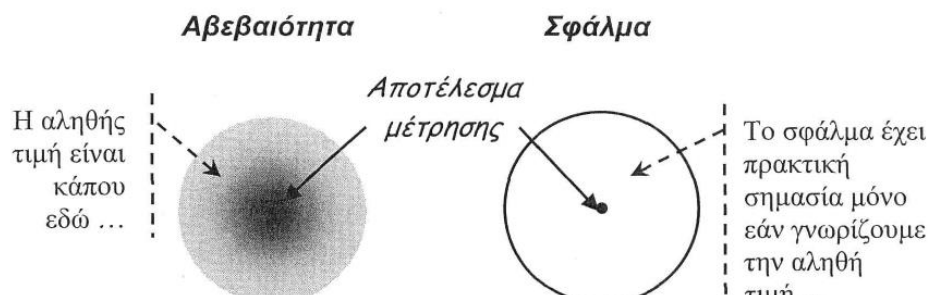
Το σφάλμα μέτρησης (*measurement error*) ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ της



Εικόνα 11 Ορθότητα και ακρίβεια, Πηγή: (Lobato, 2011)

μετρούμενης τιμής μιας ποσότητας και της «αληθούς» αλλά άγνωστης τιμής αυτής της ποσότητας. Με βάση την πηγή τους, τα σφάλματα χωρίζονται σε *συστηματικά σφάλματα* (*systematic measurement errors*) και σε *τυχαία σφάλματα* (*random measurement errors*). Το συστηματικό σφάλμα είναι το συστατικό του σφάλματος που παραμένει σταθερό ή μεταβάλλεται με προβλέψιμο τρόπο, καθώς αναπαράγουμε τις μετρήσεις. Το τυχαίο σφάλμα μεταβάλλεται με μη προβλέψιμο τρόπο κατά την αναπαραγωγή των μετρήσεων.

Όλες οι μετρητικές διαδικασίες υπόκεινται σε σφάλματα. Σε περίπτωση ύπαρξης χρόνου και πόρων, οι περισσότερες πηγές σφάλματος μπορούν να ποσοτικοποιηθούν και η επίδρασή τους να μειωθεί, για παράδειγμα μέσω *διακρίβωσης* (*calibration*). Παρόλα αυτά, σπάνια υπάρχει ο απαραίτητος χρόνος και είναι διαθέσιμοι οι απαραίτητοι πόροι για να γίνει αυτό. Παράλληλα, το διορθωμένο αποτέλεσμα της μέτρησης, ύστερα από την αναγνώριση και (ει δυνατόν) εξάλειψη των πηγών των συστηματικών σφαλμάτων, είναι και πάλι απλά μια εκτίμηση της πραγματικής τιμής



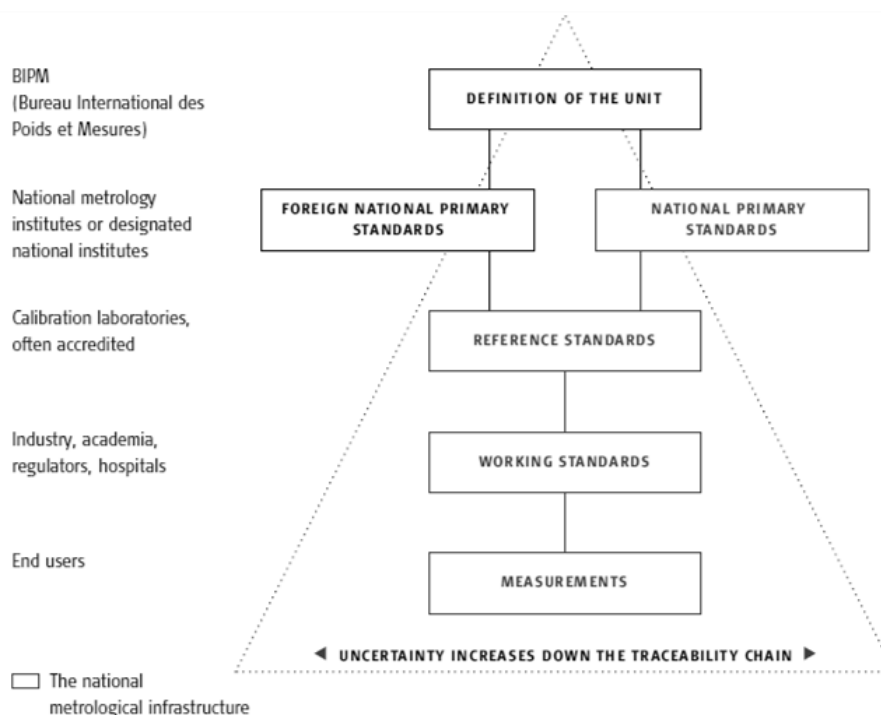
Εικόνα 12 Σχέση αβεβαιότητας - σφάλματος, Πηγή: (Τσίγκος, 2010)

του μετρούμενου μεγέθους, λόγω της αβεβαιότητας που προκύπτει από τυχαίους παράγοντες και από την ατελή διόρθωση των συστηματικών παραγόντων.

Η αβεβαιότητα μέτρησης δίνει το εύρος εντός του οποίου θα κυμαίνεται το απαλλαγμένο σφάλματος αποτέλεσμα, με μια δεδομένη στατιστική βεβαιότητα. Οφείλεται στην ύπαρξη τυχαίων και συστηματικών σφαλμάτων. (Καραχάλιου, και συν., 2007)

Η αβεβαιότητα της μέτρησης αποτελεί πολύ σημαντικό στοιχείο για τον σύγχρονο καθορισμό της *ιχνηλασιμότητας* (*traceability*). Συγκεκριμένα, ένα αποτέλεσμα μέτρησης θεωρείται ιχνηλάσιμο, μόνο αν αναφέρεται μαζί με αυτό και το ποσοστό αβεβαιότητας που καλύπτει την «πραγματική» τιμή του μετρούμενου μεγέθους. Η αλυσίδα ιχνηλασιμότητας (Εικόνα 12) είναι μια αδιάσπαστη αλυσίδα συγκρίσεων, κάθε στάδιο της οποίας έχει δεδομένη αβεβαιότητα. Η αλυσίδα αυτή εξασφαλίζει ότι το αποτέλεσμα της μέτρησης ή η τιμή ενός προτύπου σχετίζεται με τις αναφορές στα υψηλότερα επίπεδα, καταλήγοντας στο αρχικό πρότυπο. (Howarth, και συν., 2008)

Η ιχνηλασιμότητα και κατά συνέπεια ο υπολογισμός της αβεβαιότητας αποτελούν, εκτός από απαίτηση των συστημάτων διαχείρισης ποιότητας, προϋπόθεση για την ορθότητα της λήψης αποφάσεων που πρέπει να ληφθούν από τα μετρητικά αποτελέσματα που προκύπτουν από τη χρήση μιας ΜΜΣ. Τέτοιου είδους αποφάσεις αφορούν την αποδοχή ή την απόρριψη τεμαχίου κατά τον ποιοτικό έλεγχο, την επισκευή ή αντικατάσταση του εργαλείου παραγωγής κ.α., αποφάσεις δηλαδή καθοριστικές για την ποιότητα και το συνολικό κόστος. (Καϊσαρλής, και συν., 2005)



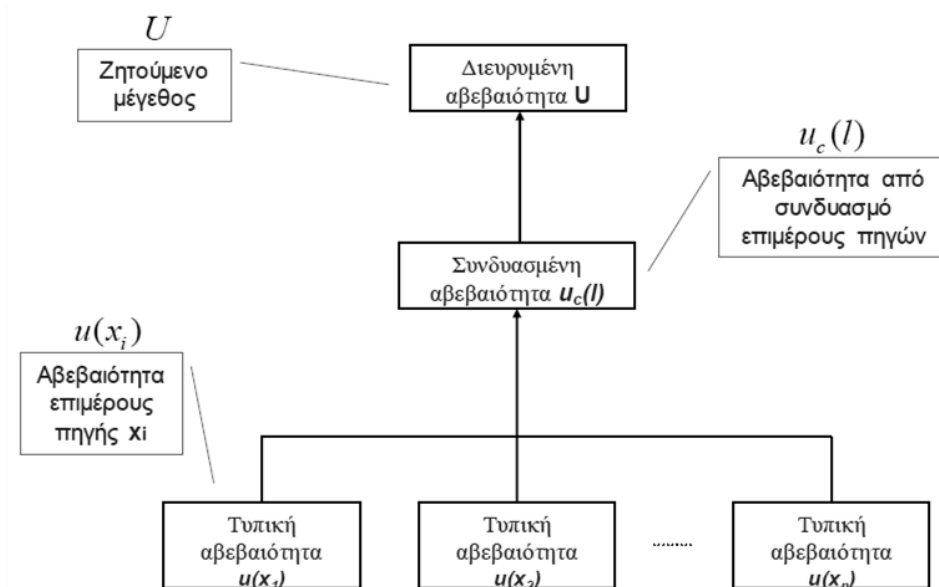
Εικόνα 13 Αλυσίδα ιχνηλασιμότητας, Πηγή: (Howarth, et al., 2008)

## 5.2. Ποσοτικοποίηση Αβεβαιότητας

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, αβεβαιότητα ( $U$ ) είναι «η παράμετρος εκείνη που σχετίζεται με το αποτέλεσμα μιας μέτρησης, και χαρακτηρίζει τη διασπορά των τιμών που οφείλεται στην συγκεκριμένη διαδικασία μέτρησης». Η αβεβαιότητα συνήθως εκφράζεται ως μια τυπική απόκλιση ( $u$ : τυπική αβεβαιότητα) ή ως εύρος ενός διαστήματος εμπιστοσύνης ( $U$ : διευρυμένη αβεβαιότητα).

Γενικά δηλαδή, για την αβεβαιότητα ισχύει:

$$Y = y \pm U$$



Εικόνα 14 Συνιστώσες αβεβαιότητας

Για παράδειγμα, μια αντίσταση μετράται σε ένα μετρητή αντίστασης και το αποτέλεσμα της μέτρησης προκύπτει  $1.0000527 \Omega$ . Ο μετρητής αντίστασης, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή, έχει αβεβαιότητα  $0.081 \text{ m}\Omega$ , οπότε το αποτέλεσμα που αναφέρεται στο πιστοποιητικό είναι:

$$R = (1.000053 \pm 0.000081) \Omega$$

Ο αριθμός που ακολουθεί το σύμβολο  $\pm$  είναι η αριθμητική τιμή της διευρυμένης αβεβαιότητας  $U$ . Η διευρυμένη αβεβαιότητα προκύπτει από την τυπική αβεβαιότητα ( $u_c$ ) πολλαπλασιασμένη επί έναν αριθμητικό συντελεστή κάλυψης, συνήθως  $k=2$ , που ορίζει ένα διάστημα που εκτιμάται να έχει επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. (Howarth, και συν., 2008)



### 5.3. Μέθοδος εκτίμησης της αβεβαιότητας

Η κύρια χρησιμοποιούμενη μέθοδος υπολογισμού της αβεβαιότητας μιας μέτρησης και αυτή που ακολουθήσαμε και στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία είναι η ακόλουθη:

Αρχικά, απαιτείται ο προσδιορισμός όλων των σημαντικών συστατικών της αβεβαιότητας των μετρήσεων. Λόγω του ότι υπάρχουν πολλές πηγές που μπορεί να συμβάλουν στην αβεβαιότητα της μέτρησης, απαιτείται η εφαρμογή ενός μοντέλου της πραγματικής διαδικασίας μέτρησης για τον εντοπισμό τους.

Στη συνέχεια, ακολουθεί ο υπολογισμός της τυπικής αβεβαιότητας της κάθε συνιστώσας της μέτρησης. Κάθε συστατικό της αβεβαιότητας της μέτρησης εκφράζεται σε όρους του προτύπου αβεβαιότητας που έχει προσδιοριστεί είτε από ένα τύπου A ή B αξιολόγησης.

Έπειτα, απαιτείται ο υπολογισμός της συνδυασμένης αβεβαιότητας. Ο υπολογισμός της συνδυασμένης αβεβαιότητας στηρίζεται στην αρχή του συνδυασμού όλων των μεμονωμένων συστατικών αβεβαιότητας που έχουν εντοπιστεί, σύμφωνα με το νόμο διάδοσης της αβεβαιότητας. Πρακτικά, διακρίνουμε δύο τρόπους υπολογισμού της συνδυασμένης αβεβαιότητας:

- Για άθροισμα ή διαφορά των συστατικών, η συνδυασμένη αβεβαιότητα υπολογίζεται ως η τετραγωνική ρίζα του αθροίσματος των τετραγώνων των τυπικών αβεβαιοτήτων των συστατικών της.
- Για ένα προϊόν ή πηλίκο των στοιχείων, ο ίδιος κανόνας "άθροισμα/διαφορά" ισχύει και για τις σχετικές τυπικές αβεβαιότητες των συστατικών.

Τέλος, υπολογίζεται η διευρυμένη αβεβαιότητα, πολλαπλασιάζοντας τη συνδυασμένη αβεβαιότητα με το συντελεστή κάλυψης  $k$  και δηλώνεται το αποτέλεσμα της μέτρησης, στη μορφή:

$$Y = y \pm U$$

## 6. Παρουσίαση των μετρήσεων και συμπεράσματα

Αρχικά, πραγματοποιήσαμε μετρήσεις, προκειμένου να ελέγξουμε την τιμή της **απόκλισης fe** και της **ολικής απόκλισης fges** του μηχανικού συγκριτή με εύρος μέτρησης 100  $\mu\text{m}$ . Αξίζει να αναφέρουμε ότι επαναλάβαμε τη διαδικασία 18 φορές σε διάρκεια μιας εβδομάδας, προκειμένου να έχουμε επαρκές δείγμα μετρήσεων και να δούμε το αν και πώς επηρεάζονται οι μετρήσεις μας και τα αποτελέσματά μας από μέρα σε μέρα. Όπως φαίνεται και στους παρακάτω πίνακες, όπου παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεών μας, για σταθερό βήμα μέτρησης 5 $\mu\text{m}$ , η απόκλιση που παρουσιάζει το προς διακρίβωση όργανό μας είναι σε όλο το εύρος μέτρησής του ίση με **0  $\mu\text{m}$** . Έτσι, **από τη στιγμή που η τιμή της απόκλισης του μηχανικού συγκριτή είναι κάτω από το όριο που τίθεται από το πρότυπο DIN 879-1 τόσο για την απόκλιση fe (1 $\mu\text{m}$ ) όσο και για την ολική απόκλιση fges (1,2 $\mu\text{m}$ )**, θεωρούμε ότι ο **μηχανικός συγκριτής μας είναι εντός των προδιαγραφών**.

Στη συνέχεια, πραγματοποιήσαμε μετρήσεις για τον έλεγχο του **σφάλματος υστέρησης fu** και της **επαναληψιμότητας fw**. Επαναλάβαμε τη διαδικασία και για τους δύο αυτούς ελέγχους 18 φορές, όπως και και στην περίπτωση της απόκλισης, παίρνοντας τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται παρακάτω στους αντίστοιχους πίνακες. **Από τις μετρήσεις που πήραμε, παρατηρούμε ότι το σφάλμα υστέρησης και τις 18 φορές είναι 0  $\mu\text{m}$** , γεγονός που μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ο **συγκριτής μας είναι εντός προδιαγραφών, αφού το σφάλμα υστέρησής του είναι μικρότερο από το όριο που τίθεται από το πρότυπο DIN 879-1 και είναι 0,5  $\mu\text{m}$** . Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουμε και σε σχέση με το σφάλμα επαναληψιμότητας fw, καθώς η τιμή του είναι 0  $\mu\text{m}$  και είναι μικρότερη από την τιμή 0,5  $\mu\text{m}$  που δίνεται ως όριο από το πρότυπο DIN 879-1.

Έτσι, λαμβάνοντας υπόψη και την αβεβαιότητα της μέτρησης όπως αυτή παρουσιάζεται εκτενώς στο **Παράρτημα 2**, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι ο μηχανικός συγκριτής με εύρος μέτρησης 100  $\mu\text{m}$  είναι εντός των προδιαγραφών που θέτονται από το πρότυπο DIN 879-1.

Σε αντίστοιχα συμπεράσματα καταλήγουμε και για το μηχανικό συγκριτή με εύρος μέτρησης 200  $\mu\text{m}$ , του οποίου τα αποτελέσματα είναι ακριβώς τα ίδια με του μικρού μηχανικού συγκριτή των 100  $\mu\text{m}$ , οπότε και, για λόγους συντομίας, παραθέτουμε τους πίνακες για μία από τις 18 φορές που ελέγξαμε το μεγάλο μηχανικό συγκριτή των 200 $\mu\text{m}$ .

## 6.1. Πίνακες μετρήσεων - Απόκλιση

Μικρός Μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100 $\mu\text{m}$ ) -1 <sup>ος</sup> κύκλος		
Αριθμός Μετρήσεων	Ένδειξη ( $\mu\text{m}$ )	Απόκλιση ( $\mu\text{m}$ )
1	5	0
2	10	0
3	15	0
4	20	0
5	25	0
6	30	0
7	35	0
8	40	0
9	45	0
10	50	0
11	55	0
12	60	0
13	65	0
14	70	0
15	75	0
16	80	0
17	85	0
18	90	0
19	95	0
20	100	0
21	95	0
22	90	0
23	85	0
24	80	0
25	75	0
26	70	0
27	65	0
28	60	0
29	55	0
30	50	0
31	45	0
32	40	0
33	35	0
34	30	0
35	25	0
36	20	0
37	15	0
38	10	0
39	5	0
40	0	0

Μικρός Μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100 μm) -2 <sup>ος</sup> κύκλος		
Αριθμός Μετρήσεων	Ένδειξη (μm)	Απόκλιση (μm)
1	5	0
2	10	0
3	15	0
4	20	0
5	25	0
6	30	0
7	35	0
8	40	0
9	45	0
10	50	0
11	55	0
12	60	0
13	65	0
14	70	0
15	75	0
16	80	0
17	85	0
18	90	0
19	95	0
20	100	0
21	95	0
22	90	0
23	85	0
24	80	0
25	75	0
26	70	0
27	65	0
28	60	0
29	55	0
30	50	0
31	45	0
32	40	0
33	35	0
34	30	0
35	25	0
36	20	0
37	15	0
38	10	0
39	5	0
40	0	0

<b>Μικρός Μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100 μm) -3<sup>ος</sup> κύκλος</b>		
<b>Αριθμός Μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη (μm)</b>	<b>Απόκλιση (μm)</b>
1	5	0
2	10	0
3	15	0
4	20	0
5	25	0
6	30	0
7	35	0
8	40	0
9	45	0
10	50	0
11	55	0
12	60	0
13	65	0
14	70	0
15	75	0
16	80	0
17	85	0
18	90	0
19	95	0
20	100	0
21	95	0
22	90	0
23	85	0
24	80	0
25	75	0
26	70	0
27	65	0
28	60	0
29	55	0
30	50	0
31	45	0
32	40	0
33	35	0
34	30	0
35	25	0
36	20	0
37	15	0
38	10	0
39	5	0
40	0	0

<b>Μικρός Μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100 μm) -4<sup>ος</sup> κύκλος</b>		
<b>Αριθμός Μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη (μm)</b>	<b>Απόκλιση (μm)</b>
1	5	0
2	10	0
3	15	0
4	20	0
5	25	0
6	30	0
7	35	0
8	40	0
9	45	0
10	50	0
11	55	0
12	60	0
13	65	0
14	70	0
15	75	0
16	80	0
17	85	0
18	90	0
19	95	0
20	100	0
21	95	0
22	90	0
23	85	0
24	80	0
25	75	0
26	70	0
27	65	0
28	60	0
29	55	0
30	50	0
31	45	0
32	40	0
33	35	0
34	30	0
35	25	0
36	20	0
37	15	0
38	10	0
39	5	0
40	0	0

<b>Μικρός Μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100 μm) -5<sup>ος</sup> κύκλος</b>		
<b>Αριθμός Μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη (μm)</b>	<b>Απόκλιση (μm)</b>
1	5	0
2	10	0
3	15	0
4	20	0
5	25	0
6	30	0
7	35	0
8	40	0
9	45	0
10	50	0
11	55	0
12	60	0
13	65	0
14	70	0
15	75	0
16	80	0
17	85	0
18	90	0
19	95	0
20	100	0
21	95	0
22	90	0
23	85	0
24	80	0
25	75	0
26	70	0
27	65	0
28	60	0
29	55	0
30	50	0
31	45	0
32	40	0
33	35	0
34	30	0
35	25	0
36	20	0
37	15	0
38	10	0
39	5	0
40	0	0

<b>Μικρός Μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100 μm) -6<sup>ος</sup> κύκλος</b>		
<b>Αριθμός Μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη (μm)</b>	<b>Απόκλιση (μm)</b>
1	5	0
2	10	0
3	15	0
4	20	0
5	25	0
6	30	0
7	35	0
8	40	0
9	45	0
10	50	0
11	55	0
12	60	0
13	65	0
14	70	0
15	75	0
16	80	0
17	85	0
18	90	0
19	95	0
20	100	0
21	95	0
22	90	0
23	85	0
24	80	0
25	75	0
26	70	0
27	65	0
28	60	0
29	55	0
30	50	0
31	45	0
32	40	0
33	35	0
34	30	0
35	25	0
36	20	0
37	15	0
38	10	0
39	5	0
40	0	0



<b>Μικρός Μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100 μm) -7<sup>ος</sup> κύκλος</b>		
<b>Αριθμός Μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη (μm)</b>	<b>Απόκλιση (μm)</b>
1	5	0
2	10	0
3	15	0
4	20	0
5	25	0
6	30	0
7	35	0
8	40	0
9	45	0
10	50	0
11	55	0
12	60	0
13	65	0
14	70	0
15	75	0
16	80	0
17	85	0
18	90	0
19	95	0
20	100	0
21	95	0
22	90	0
23	85	0
24	80	0
25	75	0
26	70	0
27	65	0
28	60	0
29	55	0
30	50	0
31	45	0
32	40	0
33	35	0
34	30	0
35	25	0
36	20	0
37	15	0
38	10	0
39	5	0
40	0	0

<b>Μικρός Μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100 μm) -8<sup>ος</sup> κύκλος</b>		
<b>Αριθμός Μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη (μm)</b>	<b>Απόκλιση (μm)</b>
1	5	0
2	10	0
3	15	0
4	20	0
5	25	0
6	30	0
7	35	0
8	40	0
9	45	0
10	50	0
11	55	0
12	60	0
13	65	0
14	70	0
15	75	0
16	80	0
17	85	0
18	90	0
19	95	0
20	100	0
21	95	0
22	90	0
23	85	0
24	80	0
25	75	0
26	70	0
27	65	0
28	60	0
29	55	0
30	50	0
31	45	0
32	40	0
33	35	0
34	30	0
35	25	0
36	20	0
37	15	0
38	10	0
39	5	0
40	0	0

Μικρός Μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100 μm) -9 <sup>ος</sup> κύκλος		
Αριθμός Μετρήσεων	Ένδειξη (μm)	Απόκλιση (μm)
1	5	0
2	10	0
3	15	0
4	20	0
5	25	0
6	30	0
7	35	0
8	40	0
9	45	0
10	50	0
11	55	0
12	60	0
13	65	0
14	70	0
15	75	0
16	80	0
17	85	0
18	90	0
19	95	0
20	100	0
21	95	0
22	90	0
23	85	0
24	80	0
25	75	0
26	70	0
27	65	0
28	60	0
29	55	0
30	50	0
31	45	0
32	40	0
33	35	0
34	30	0
35	25	0
36	20	0
37	15	0
38	10	0
39	5	0
40	0	0

<b>Μικρός Μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100 μm) -10<sup>05</sup> κύκλος</b>		
<b>Αριθμός Μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη (μm)</b>	<b>Απόκλιση (μm)</b>
1	5	0
2	10	0
3	15	0
4	20	0
5	25	0
6	30	0
7	35	0
8	40	0
9	45	0
10	50	0
11	55	0
12	60	0
13	65	0
14	70	0
15	75	0
16	80	0
17	85	0
18	90	0
19	95	0
20	100	0
21	95	0
22	90	0
23	85	0
24	80	0
25	75	0
26	70	0
27	65	0
28	60	0
29	55	0
30	50	0
31	45	0
32	40	0
33	35	0
34	30	0
35	25	0
36	20	0
37	15	0
38	10	0
39	5	0
40	0	0

<b>Μικρός Μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100 μm) -11<sup>ος</sup> κύκλος</b>		
<b>Αριθμός Μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη (μm)</b>	<b>Απόκλιση (μm)</b>
1	5	0
2	10	0
3	15	0
4	20	0
5	25	0
6	30	0
7	35	0
8	40	0
9	45	0
10	50	0
11	55	0
12	60	0
13	65	0
14	70	0
15	75	0
16	80	0
17	85	0
18	90	0
19	95	0
20	100	0
21	95	0
22	90	0
23	85	0
24	80	0
25	75	0
26	70	0
27	65	0
28	60	0
29	55	0
30	50	0
31	45	0
32	40	0
33	35	0
34	30	0
35	25	0
36	20	0
37	15	0
38	10	0
39	5	0
40	0	0

<b>Μικρός Μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100 μm) -12<sup>ος</sup> κύκλος</b>		
<b>Αριθμός Μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη (μm)</b>	<b>Απόκλιση (μm)</b>
1	5	0
2	10	0
3	15	0
4	20	0
5	25	0
6	30	0
7	35	0
8	40	0
9	45	0
10	50	0
11	55	0
12	60	0
13	65	0
14	70	0
15	75	0
16	80	0
17	85	0
18	90	0
19	95	0
20	100	0
21	95	0
22	90	0
23	85	0
24	80	0
25	75	0
26	70	0
27	65	0
28	60	0
29	55	0
30	50	0
31	45	0
32	40	0
33	35	0
34	30	0
35	25	0
36	20	0
37	15	0
38	10	0
39	5	0
40	0	0

<b>Μικρός Μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100 μm) -13<sup>ος</sup> κύκλος</b>		
<b>Αριθμός Μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη (μm)</b>	<b>Απόκλιση (μm)</b>
1	5	0
2	10	0
3	15	0
4	20	0
5	25	0
6	30	0
7	35	0
8	40	0
9	45	0
10	50	0
11	55	0
12	60	0
13	65	0
14	70	0
15	75	0
16	80	0
17	85	0
18	90	0
19	95	0
20	100	0
21	95	0
22	90	0
23	85	0
24	80	0
25	75	0
26	70	0
27	65	0
28	60	0
29	55	0
30	50	0
31	45	0
32	40	0
33	35	0
34	30	0
35	25	0
36	20	0
37	15	0
38	10	0
39	5	0
40	0	0

<b>Μικρός Μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100 μm) -14<sup>ος</sup> κύκλος</b>		
<b>Αριθμός Μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη (μm)</b>	<b>Απόκλιση (μm)</b>
1	5	0
2	10	0
3	15	0
4	20	0
5	25	0
6	30	0
7	35	0
8	40	0
9	45	0
10	50	0
11	55	0
12	60	0
13	65	0
14	70	0
15	75	0
16	80	0
17	85	0
18	90	0
19	95	0
20	100	0
21	95	0
22	90	0
23	85	0
24	80	0
25	75	0
26	70	0
27	65	0
28	60	0
29	55	0
30	50	0
31	45	0
32	40	0
33	35	0
34	30	0
35	25	0
36	20	0
37	15	0
38	10	0
39	5	0
40	0	0



<b>Μικρός Μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100 μm) -15<sup>ος</sup> κύκλος</b>		
<b>Αριθμός Μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη (μm)</b>	<b>Απόκλιση (μm)</b>
1	5	0
2	10	0
3	15	0
4	20	0
5	25	0
6	30	0
7	35	0
8	40	0
9	45	0
10	50	0
11	55	0
12	60	0
13	65	0
14	70	0
15	75	0
16	80	0
17	85	0
18	90	0
19	95	0
20	100	0
21	95	0
22	90	0
23	85	0
24	80	0
25	75	0
26	70	0
27	65	0
28	60	0
29	55	0
30	50	0
31	45	0
32	40	0
33	35	0
34	30	0
35	25	0
36	20	0
37	15	0
38	10	0
39	5	0
40	0	0

<b>Μικρός Μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100 μm) -16<sup>ος</sup> κύκλος</b>		
<b>Αριθμός Μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη (μm)</b>	<b>Απόκλιση (μm)</b>
1	5	0
2	10	0
3	15	0
4	20	0
5	25	0
6	30	0
7	35	0
8	40	0
9	45	0
10	50	0
11	55	0
12	60	0
13	65	0
14	70	0
15	75	0
16	80	0
17	85	0
18	90	0
19	95	0
20	100	0
21	95	0
22	90	0
23	85	0
24	80	0
25	75	0
26	70	0
27	65	0
28	60	0
29	55	0
30	50	0
31	45	0
32	40	0
33	35	0
34	30	0
35	25	0
36	20	0
37	15	0
38	10	0
39	5	0
40	0	0

<b>Μικρός Μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100 μm) -17<sup>ος</sup> κύκλος</b>		
<b>Αριθμός Μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη (μm)</b>	<b>Απόκλιση (μm)</b>
1	5	0
2	10	0
3	15	0
4	20	0
5	25	0
6	30	0
7	35	0
8	40	0
9	45	0
10	50	0
11	55	0
12	60	0
13	65	0
14	70	0
15	75	0
16	80	0
17	85	0
18	90	0
19	95	0
20	100	0
21	95	0
22	90	0
23	85	0
24	80	0
25	75	0
26	70	0
27	65	0
28	60	0
29	55	0
30	50	0
31	45	0
32	40	0
33	35	0
34	30	0
35	25	0
36	20	0
37	15	0
38	10	0
39	5	0
40	0	0

<b>Μικρός Μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100 μm) -18<sup>ος</sup> κύκλος</b>		
<b>Αριθμός Μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη (μm)</b>	<b>Απόκλιση (μm)</b>
1	5	0
2	10	0
3	15	0
4	20	0
5	25	0
6	30	0
7	35	0
8	40	0
9	45	0
10	50	0
11	55	0
12	60	0
13	65	0
14	70	0
15	75	0
16	80	0
17	85	0
18	90	0
19	95	0
20	100	0
21	95	0
22	90	0
23	85	0
24	80	0
25	75	0
26	70	0
27	65	0
28	60	0
29	55	0
30	50	0
31	45	0
32	40	0
33	35	0
34	30	0
35	25	0
36	20	0
37	15	0
38	10	0
39	5	0
40	0	0

<b>Μεγάλος μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 200 μm)</b>		
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη (μm)</b>	<b>Απόκλιση (μm)</b>
1	5	0
2	10	0
3	15	0
4	20	0
5	25	0
6	30	0
7	35	0
8	40	0
9	45	0
10	50	0
11	55	0
12	60	0
13	65	0
14	70	0
15	75	0
16	80	0
17	85	0
18	90	0
19	95	0
20	100	0
21	105	0
22	110	0
23	115	0
24	120	0
25	125	0
26	130	0
27	135	0
28	140	0
29	145	0
30	150	0
31	155	0
32	160	0
33	165	0
34	170	0
35	175	0
36	180	0
37	185	0
38	190	0
39	195	0
40	200	0
41	195	0
42	190	0
43	185	0
44	180	0
45	175	0

46	170	0
47	165	0
48	160	0
49	155	0
50	150	0
51	145	0
52	140	0
53	135	0
54	130	0
55	125	0
56	120	0
57	115	0
58	110	0
59	105	0
60	100	0
61	95	0
62	90	0
63	85	0
64	80	0
65	75	0
66	70	0
67	65	0
68	60	0
69	55	0
70	50	0
71	45	0
72	40	0
73	35	0
74	30	0
75	25	0
76	20	0
77	15	0
78	10	0
79	5	0
80	0	0

## 6.2. Πίνακες μετρήσεων – Σφάλμα υστέρησης

<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 1<sup>ος</sup> κύκλος</b>			
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη από αριστερά (μm)</b>	<b>Ένδειξη από δεξιά(μm)</b>	<b>Σφάλμα υστέρησης (μm)</b>
1	5	5	0
2	5	5	0
3	5	5	0
4	5	5	0
5	5	5	0
<b>Μέσος όρος (μm)</b>			0

<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 2<sup>ος</sup> κύκλος</b>			
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη από αριστερά (μm)</b>	<b>Ένδειξη από δεξιά(μm)</b>	<b>Σφάλμα υστέρησης (μm)</b>
1	5	5	0
2	5	5	0
3	5	5	0
4	5	5	0
5	5	5	0
<b>Μέσος όρος (μm)</b>			0

<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 3<sup>ος</sup> κύκλος</b>			
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη από αριστερά (μm)</b>	<b>Ένδειξη από δεξιά(μm)</b>	<b>Σφάλμα υστέρησης (μm)</b>
1	5	5	0
2	5	5	0
3	5	5	0
4	5	5	0
5	5	5	0
<b>Μέσος όρος (μm)</b>			0

<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 4<sup>ος</sup> κύκλος</b>			
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη από αριστερά (μm)</b>	<b>Ένδειξη από δεξιά(μm)</b>	<b>Σφάλμα υστέρησης (μm)</b>
1	5	5	0
2	5	5	0
3	5	5	0
4	5	5	0
5	5	5	0
<b>Μέσος όρος (μm)</b>			0

<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 5<sup>ος</sup> κύκλος</b>			
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη από αριστερά (μm)</b>	<b>Ένδειξη από δεξιά(μm)</b>	<b>Σφάλμα υστέρησης (μm)</b>
1	5	5	0
2	5	5	0
3	5	5	0
4	5	5	0
5	5	5	0
<b>Μέσος όρος (μm)</b>			0

<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 6<sup>ος</sup> κύκλος</b>			
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη από αριστερά (μm)</b>	<b>Ένδειξη από δεξιά(μm)</b>	<b>Σφάλμα υστέρησης (μm)</b>
1	5	5	0
2	5	5	0
3	5	5	0
4	5	5	0
5	5	5	0
<b>Μέσος όρος (μm)</b>			0

<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 7<sup>ος</sup> κύκλος</b>			
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη από αριστερά (μm)</b>	<b>Ένδειξη από δεξιά(μm)</b>	<b>Σφάλμα υστέρησης (μm)</b>
1	5	5	0
2	5	5	0
3	5	5	0
4	5	5	0
5	5	5	0
<b>Μέσος όρος (μm)</b>			0

<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 8<sup>ος</sup> κύκλος</b>			
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη από αριστερά (μm)</b>	<b>Ένδειξη από δεξιά(μm)</b>	<b>Σφάλμα υστέρησης (μm)</b>
1	5	5	0
2	5	5	0
3	5	5	0
4	5	5	0
5	5	5	0
<b>Μέσος όρος (μm)</b>			0



<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 9<sup>ος</sup> κύκλος</b>			
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη από αριστερά (μm)</b>	<b>Ένδειξη από δεξιά(μm)</b>	<b>Σφάλμα υστέρησης (μm)</b>
1	5	5	0
2	5	5	0
3	5	5	0
4	5	5	0
5	5	5	0
<b>Μέσος όρος (μm)</b>			0

<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 10<sup>ος</sup> κύκλος</b>			
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη από αριστερά (μm)</b>	<b>Ένδειξη από δεξιά(μm)</b>	<b>Σφάλμα υστέρησης (μm)</b>
1	5	5	0
2	5	5	0
3	5	5	0
4	5	5	0
5	5	5	0
<b>Μέσος όρος (μm)</b>			0

<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 11<sup>ος</sup> κύκλος</b>			
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη από αριστερά (μm)</b>	<b>Ένδειξη από δεξιά(μm)</b>	<b>Σφάλμα υστέρησης (μm)</b>
1	5	5	0
2	5	5	0
3	5	5	0
4	5	5	0
5	5	5	0
<b>Μέσος όρος (μm)</b>			0

<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 12<sup>ος</sup> κύκλος</b>			
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη από αριστερά (μm)</b>	<b>Ένδειξη από δεξιά(μm)</b>	<b>Σφάλμα υστέρησης (μm)</b>
1	5	5	0
2	5	5	0
3	5	5	0
4	5	5	0
5	5	5	0
<b>Μέσος όρος (μm)</b>			0

<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 13<sup>ος</sup> κύκλος</b>			
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη από αριστερά (μm)</b>	<b>Ένδειξη από δεξιά(μm)</b>	<b>Σφάλμα υστέρησης (μm)</b>
1	5	5	0
2	5	5	0
3	5	5	0
4	5	5	0
5	5	5	0
<b>Μέσος όρος (μm)</b>			0

<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 14<sup>ος</sup> κύκλος</b>			
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη από αριστερά (μm)</b>	<b>Ένδειξη από δεξιά(μm)</b>	<b>Σφάλμα υστέρησης (μm)</b>
1	5	5	0
2	5	5	0
3	5	5	0
4	5	5	0
5	5	5	0
<b>Μέσος όρος (μm)</b>			0

<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 15<sup>ος</sup> κύκλος</b>			
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη από αριστερά (μm)</b>	<b>Ένδειξη από δεξιά(μm)</b>	<b>Σφάλμα υστέρησης (μm)</b>
1	5	5	0
2	5	5	0
3	5	5	0
4	5	5	0
5	5	5	0
<b>Μέσος όρος (μm)</b>			0

<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 16<sup>ος</sup> κύκλος</b>			
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη από αριστερά (μm)</b>	<b>Ένδειξη από δεξιά(μm)</b>	<b>Σφάλμα υστέρησης (μm)</b>
1	5	5	0
2	5	5	0
3	5	5	0
4	5	5	0
5	5	5	0
<b>Μέσος όρος (μm)</b>			0

<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 17<sup>ος</sup> κύκλος</b>			
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη από αριστερά (μm)</b>	<b>Ένδειξη από δεξιά(μm)</b>	<b>Σφάλμα υστέρησης (μm)</b>
1	5	5	0
2	5	5	0
3	5	5	0
4	5	5	0
5	5	5	0
<b>Μέσος όρος (μm)</b>			0

<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 18<sup>ος</sup> κύκλος</b>			
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη από αριστερά (μm)</b>	<b>Ένδειξη από δεξιά(μm)</b>	<b>Σφάλμα υστέρησης (μm)</b>
1	5	5	0
2	5	5	0
3	5	5	0
4	5	5	0
5	5	5	0
<b>Μέσος όρος (μm)</b>			0

<b>Μεγάλος μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 200 μm)</b>			
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη από αριστερά (μm)</b>	<b>Ένδειξη από δεξιά(μm)</b>	<b>Σφάλμα υστέρησης (μm)</b>
1	5	5	0
2	5	5	0
3	5	5	0
4	5	5	0
5	5	5	0
<b>Μέσος όρος (μm)</b>			0

### 6.3. Πίνακες μετρήσεων – Επαναληψιμότητα

Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 1 <sup>ος</sup> κύκλος		
Αριθμός μετρήσεων	Ένδειξη (μm)	Σφάλμα επαναληψιμότητας (μm)
1	5	0
2	5	
3	5	
4	5	
5	5	

Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 2 <sup>ος</sup> κύκλος		
Αριθμός μετρήσεων	Ένδειξη (μm)	Σφάλμα επαναληψιμότητας (μm)
1	5	0
2	5	
3	5	
4	5	
5	5	

Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 3 <sup>ος</sup> κύκλος		
Αριθμός μετρήσεων	Ένδειξη (μm)	Σφάλμα επαναληψιμότητας (μm)
1	5	0
2	5	
3	5	
4	5	
5	5	

Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 4 <sup>ος</sup> κύκλος		
Αριθμός μετρήσεων	Ένδειξη (μm)	Σφάλμα επαναληψιμότητας (μm)
1	5	0
2	5	
3	5	
4	5	
5	5	

<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 5<sup>ος</sup> κύκλος</b>		
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη (μm)</b>	<b>Σφάλμα επαναληψιμότητας (μm)</b>
1	5	0
2	5	
3	5	
4	5	
5	5	

<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 6<sup>ος</sup> κύκλος</b>		
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη (μm)</b>	<b>Σφάλμα επαναληψιμότητας (μm)</b>
1	5	0
2	5	
3	5	
4	5	
5	5	

<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 7<sup>ος</sup> κύκλος</b>		
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη (μm)</b>	<b>Σφάλμα επαναληψιμότητας (μm)</b>
1	5	0
2	5	
3	5	
4	5	
5	5	

<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 8<sup>ος</sup> κύκλος</b>		
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη (μm)</b>	<b>Σφάλμα επαναληψιμότητας (μm)</b>
1	5	0
2	5	
3	5	
4	5	
5	5	

<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 9<sup>ος</sup> κύκλος</b>		
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη (μm)</b>	<b>Σφάλμα επαναληψιμότητας (μm)</b>
1	5	0
2	5	
3	5	
4	5	
5	5	

<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 10<sup>ος</sup> κύκλος</b>		
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη (μm)</b>	<b>Σφάλμα επαναληψιμότητας (μm)</b>
1	5	0
2	5	
3	5	
4	5	
5	5	

<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 11<sup>ος</sup> κύκλος</b>		
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη (μm)</b>	<b>Σφάλμα επαναληψιμότητας (μm)</b>
1	5	0
2	5	
3	5	
4	5	
5	5	

<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 12<sup>ος</sup> κύκλος</b>		
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη (μm)</b>	<b>Σφάλμα επαναληψιμότητας (μm)</b>
1	5	0
2	5	
3	5	
4	5	
5	5	

<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 13<sup>ος</sup> κύκλος</b>		
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη (μm)</b>	<b>Σφάλμα επαναληψιμότητας (μm)</b>
1	5	0
2	5	
3	5	
4	5	
5	5	

<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 14<sup>ος</sup> κύκλος</b>		
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη (μm)</b>	<b>Σφάλμα επαναληψιμότητας (μm)</b>
1	5	0
2	5	
3	5	
4	5	
5	5	

<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 15<sup>ος</sup> κύκλος</b>		
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη (μm)</b>	<b>Σφάλμα επαναληψιμότητας (μm)</b>
1	5	0
2	5	
3	5	
4	5	
5	5	

<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 16<sup>ος</sup> κύκλος</b>		
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη (μm)</b>	<b>Σφάλμα επαναληψιμότητας (μm)</b>
1	5	0
2	5	
3	5	
4	5	
5	5	

<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 17<sup>ος</sup> κύκλος</b>		
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη (μm)</b>	<b>Σφάλμα επαναληψιμότητας (μm)</b>
1	5	0
2	5	
3	5	
4	5	
5	5	

<b>Μικρός μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 100μm) – 18<sup>ος</sup> κύκλος</b>		
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη (μm)</b>	<b>Σφάλμα επαναληψιμότητας (μm)</b>
1	5	0
2	5	
3	5	
4	5	
5	5	

<b>Μεγάλος μηχανικός συγκριτής (εύρος μέτρησης 200 μm)</b>		
<b>Αριθμός μετρήσεων</b>	<b>Ένδειξη (μm)</b>	<b>Σφάλμα επαναληψιμότητας (μm)</b>
1	5	0
2	5	
3	5	
4	5	
5	5	





<b>ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	Κωδικός ΟΕ- 01	Διεξαγωγή Μετρήσεων για τη Διακρίβωση Μηχανικών Συγκριτών εύρους 100μm και 200μm για τη μηχανή Mahr 865		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης 1.2	Ημερομηνία Έκδοσης 01/07/2015	Σελίδα 1/12
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

## Παράρτημα Ι: Οδηγία Διακρίβωσης Μηχανικών Συγκριτών

### Σκοπός

Η συγκεκριμένη οδηγία εργασίας περιγράφει τη διαδικασία διακρίβωσης μηχανικών συγκριτών εύρους 100μm και 200μm.

### Υπεύθυνος Εφαρμογής – Εμπλεκόμενα Πρόσωπα

<b>Σχεδίαση Οδηγίας:</b>	Υπεύθυνος Ποιότητας
<b>Συντονιστής Οδηγίας:</b>	Τεχνικός Υπεύθυνος
<b>Εμπλεκόμενοι:</b>	➤ Προσωπικό Εξουσιοδοτημένο για την μέτρηση αυτή

### Περιγραφή

Η παρούσα οδηγία εργασίας περιγράφει τις οδηγίες μέτρησης που καθορίζει ο κατασκευαστής της μηχανής Mahr 865, προσαρμοσμένες στους προς διακρίβωση μηχανικούς συγκριτές, λαμβάνοντας υπόψη τις οδηγίες του προτύπου ISO 463 και τις διατάξεις των γερμανικών προδιαγραφών DIN 879-1.

### Μηχανικοί Συγκριτές

Η διαδικασία αφορά τη διακρίβωση μηχανικών συγκριτών μέσω υπολογισμού της απόκλισης  $f_e$ , της ολικής απόκλισης  $f_{ges}$ , της επαναληψιμότητας  $f_w$  και του σφάλματος υστέρησης  $f_u$  που παρουσιάζουν, όπως ορίζονται από τα πρότυπα ISO 463 και τις διατάξεις των γερμανικών προδιαγραφών DIN 879-1.

### Απαίτηση καθαρών επιφανειών

Θα πρέπει, προφανώς, όλες οι εμπλεκόμενες, με την μέτρηση, επιφάνειες να είναι απολύτως καθαρές. Για το λόγο αυτό, καθαρίζουμε καλά την επίπεδη μετρητική επιφάνεια της μηχανής που έρχεται σε επαφή με το σφαιρικό άκρο(επαφέα) του μηχανικού συγκριτή, με αιθυλική αλκοόλη και ένα λινό πανάκι.



<b>ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	Κωδικός ΟΕ- 01	Διεξαγωγή Μετρήσεων για τη Διακρίβωση Μηχανικών Συγκριτών εύρους 100μm και 200μm για τη μηχανή Mahr 865		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης 1.2	Ημερομηνία Έκδοσης 01/07/2015	Σελίδα 1/12
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

### Θερμοκρασιακή απαίτηση

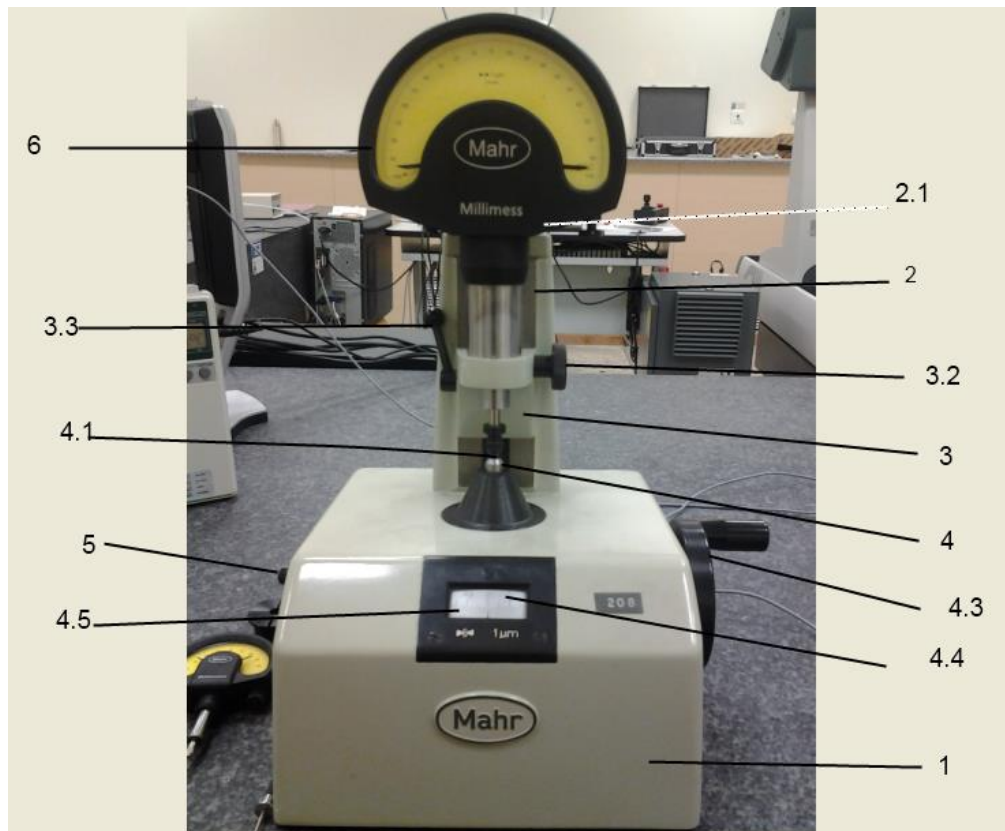
Ο μηχανικός συγκριτής πρέπει να βρίσκεται στην ίδια θερμοκρασία με τη μηχανή και για το λόγο αυτό θα πρέπει να βρίσκεται στο βραχίονα συγκράτησης που φέρει η μηχανή από την προηγούμενη ημέρα. Ο Χειριστής που έχει λάβει εντολή για μέτρηση ενεργοποιεί την κλιματιστική μονάδα της Αίθουσας ελεγχόμενων Συνθηκών, τουλάχιστον 24 ώρες πριν πραγματοποιήσει της μέτρησης.

### Απαιτούμενος εξοπλισμός

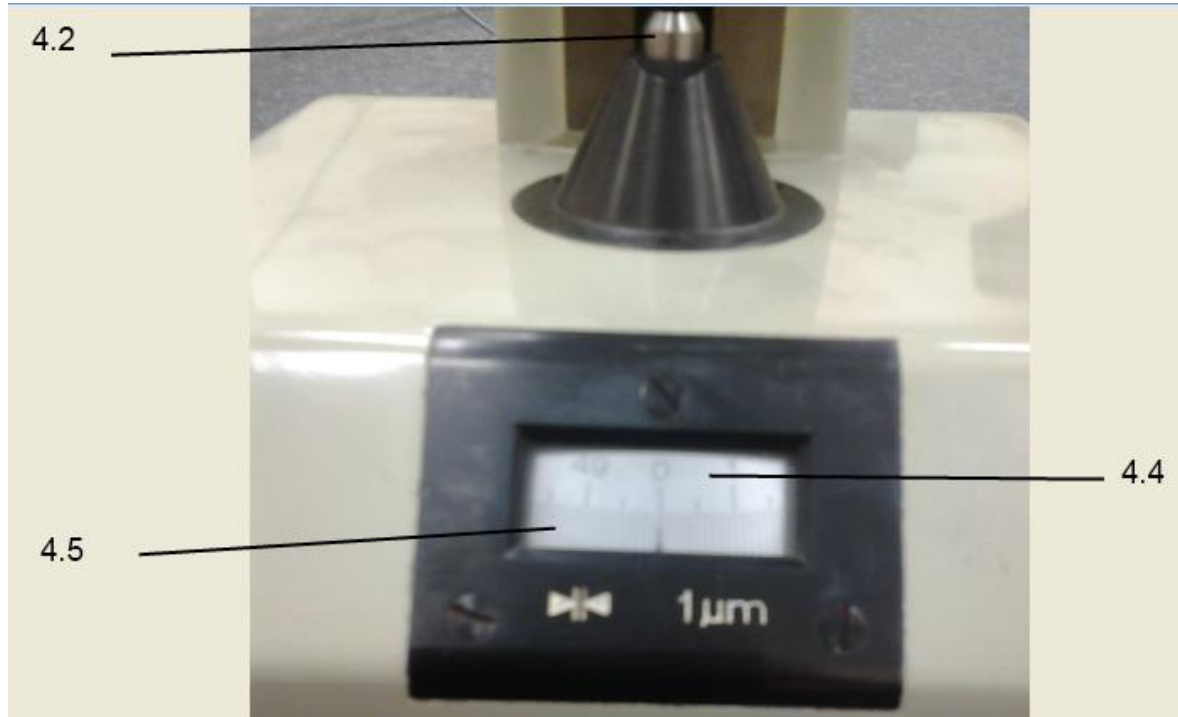
- A) Σταθερό εξωτερικό περίβλημα που περιέχει τα μετρητικά στοιχεία (1)
- B) Ισχυρή κολόνα για το βραχίονα συγκράτησης (2)
- Γ) Χειροστρόφαλος με άξονα για ρύθμιση καθ' ύψος του βραχίονα συγκράτησης (2.1)
- Δ) Βραχίονας συγκράτησης του προς έλεγχο οργάνου (3)
- E) Χιτώνιο(δακτύλιος) μείωσης της διαμέτρου του βραχίονα συγκράτησης για στήριξη οργάνων με άξονα στήριξης διαμέτρου 8mm (3.1)
- ΣΤ) Βίδα σύσφιξης του προς έλεγχο οργάνου (3.2)
- Z) Μοχλός σύσφιξης του βραχίονα συγκράτησης (3.3)
- H) Μετρητικός επαφίας (άξονας) (4)
- Θ) Επίπεδη μετρητική επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με το μηχανικό συγκριτή (4.1)
- I) Κλίμακα προσδιορισμού της θέσης του μετρητικού άξονα(κατακόρυφα) (4.2)
- K) Χειροστρόφαλος για κατακόρυφη ρύθμιση του μετρητικού άξονα (4.3)
- Λ) Κλίμακα μετρητικού τυμπάνου για εύρεση του ακριβούς αποτελέσματος της μέτρησης με υποδιαίρεσεις ανά 1μm (4.4)
- M) Θέση(γραμμή) ανάγνωσης της κλίμακας του μετρητικού τυμπάνου (4.5)
- N) Μοχλός γρاناζωτού μηχανισμού για γρήγορες μετακινήσεις με βήμα 0,1mm (5)
- Ξ) Μηχανικός συγκριτής εύρους 100μm(-50μm έως 50μm) (6)

<b>ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	Κωδικός ΟΕ- 01	Διεξαγωγή Μετρήσεων για τη Διακρίβωση Μηχανικών Συγκριτών εύρους 100 $\mu$ m και 200 $\mu$ m για τη μηχανή Mahr 865		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης 1.2	Ημερομηνία Έκδοσης 01/07/2015	Σελίδα 1/12
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

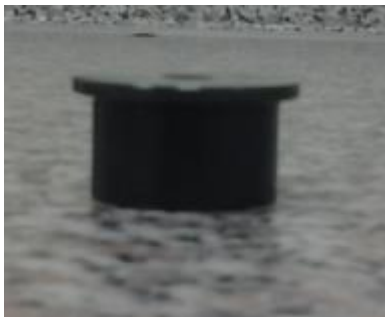
Ο) Μηχανικός συγκριτής εύρους 200 $\mu$ m(-100 $\mu$ m έως 100 $\mu$ m) (6)



<b>ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	Κωδικός ΟΕ- 01	Διεξαγωγή Μετρήσεων για τη Διακρίβωση Μηχανικών Συγκριτών εύρους 100μm και 200μm για τη μηχανή Mahr 865		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης 1.2	Ημερομηνία Έκδοσης 01/07/2015	Σελίδα 1/12
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			



Εικόνα Π 1 Κύρια μέρη μηχανής Mahr 865



Εικόνα Π 2 Χιτώνιο(δακτύλιος) μείωσης της διαμέτρου βραχίονα συγκράτησης(3.1)

<b>ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	Κωδικός ΟΕ- 01	Διεξαγωγή Μετρήσεων για τη Διακρίβωση Μηχανικών Συγκριτών εύρους 100μm και 200μm για τη μηχανή Mahr 865		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης 1.2	Ημερομηνία Έκδοσης 01/07/2015	Σελίδα 1/12
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			



Εικόνα Π 3 Μηχανικός συγκριτής Mahr εύρους 200μm και 100μm αντίστοιχα

### Προετοιμασία

Πριν την προετοιμασία της μηχανής μέτρησης, εκκινούμε τον αεροσυμπιεστή του εργαστηρίου που βρίσκεται στο χώρο X8 πριν την κεντρική είσοδο του εργαστηρίου.

#### Βήμα 1ο

Καθαρίζουμε με λινό πανάκι την επίπεδη μετρητική επιφάνεια της μηχανής και το σφαιρικό άκρο(επαφέα) του μηχανικού συγκριτή.

#### Έλεγχος Απόκλισης $f_e$

#### Βήμα 2ο

Πιέζουμε το μοχλό (5) προς τα κάτω για να απεμπλακεί ο γραναζωτός μηχανισμός.



<b>ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	Κωδικός ΟΕ- 01	Διεξαγωγή Μετρήσεων για τη Διακρίβωση Μηχανικών Συγκριτών εύρους 100μm και 200μm για τη μηχανή Mahr 865		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης 1.2	Ημερομηνία Έκδοσης 01/07/2015	Σελίδα 1/12
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

### **Βήμα 3<sup>ο</sup>**

Μετακινούμε το μετρητικό επαφέα (4) με το χειροστρόφαλο (4.3) προς τα κάτω μέχρι να μηδενιστούν η κλίμακα (4.2) του μετρητικού επαφέα και η κλίμακα του μετρητικού τυμπάνου (το μηδέν της κλίμακας να συμπέσει με τη γραμμή ανάγνωσης).

### **Βήμα 4<sup>ο</sup>**

Στην περίπτωση του μηχανικού συγκριτή των 100μm και στη γενική περίπτωση που ο συγκριτής έχει άξονα στήριξης διαμέτρου 8mm, εισάγουμε το χιτώνιο (δακτύλιος) μείωσης της διαμέτρου του βραχίονα συγκράτησης και περιστρέφουμε τη βίδα σύσφιξης (3.2) απαλά.

### **Βήμα 5<sup>ο</sup>**

Τοποθετούμε τον προς διακρίβωση μηχανικό συγκριτή στο βραχίονα συγκράτησης της μηχανής.

### **Βήμα 6<sup>ο</sup>**

Λασκάρουμε το μοχλό σύσφιξης (3.3) και μετακινούμε το προς διακρίβωση όργανο προς τα κάτω με το χειροστρόφαλο (2.1) μέχρι ο δείκτης του οργάνου να πλησιάσει την πρώτη υποδιαίρεση του εύρους μέτρησής του.

### **Βήμα 7<sup>ο</sup>**

Ξανασφίγγουμε το μοχλό σύσφιξης και ρυθμίζουμε το δείκτη του μηχανικού συγκριτή ακριβώς με την πρώτη υποδιαίρεσή του με τη βοήθεια της βίδας σύσφιξης (3.2). Έτσι, ο συγκριτής με εύρος μέτρησης 100μm ρυθμίζεται στα -50μm, ενώ ο συγκριτής με εύρος μέτρησης 200μm ρυθμίζεται στα -100μm.

### **Βήμα 8<sup>ο</sup>**

Πραγματοποιούμε τον έλεγχο σε σταθερά βήματα των 5μm. Έτσι, μετακινούμε προς τα πάνω το μετρητικό επαφέα (4) της μηχανής με τη βοήθεια του χειροστρόφαλου (4.3), μέχρι ο δείκτης του προς διακρίβωση οργάνου (6) να συμπέσει με τη σωστή ένδειξη της κλιμακίας του.



<b>ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	Κωδικός ΟΕ- 01	Διεξαγωγή Μετρήσεων για τη Διακρίβωση Μηχανικών Συγκριτών εύρους 100μm και 200μm για τη μηχανή Mahr 865		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης 1.2	Ημερομηνία Έκδοσης 01/07/2015	Σελίδα 1/12
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

### Βήμα 9<sup>ο</sup>

Διαβάζουμε την απόκλιση στην κλίμακα (4.4) της γραμμής (4.5) της μηχανής σε σχέση με την ένδειξη του μηχανικού συγκριτή και καταγράφουμε τις τιμές σε ένα πίνακα. Ο έλεγχος ολοκληρώνεται όταν πραγματοποιηθούν όλα τα βήματα που αναλογούν στο εύρος μέτρησης του προς διακρίβωση οργάνου.

### Βήμα 10<sup>ο</sup>

Μετά τον έλεγχο, προσδιορίζουμε την απόκλιση  $f_e$ , σύμφωνα με το DIN 879-1, ως τη διαφορά μεταξύ της μέγιστης και της ελάχιστης τιμής του πίνακα τιμών που έχουμε δημιουργήσει μετά το πέρας του προηγούμενου βήματος.

### Έλεγχος ολικής απόκλισης $f_{ges}$

### Βήμα 11<sup>ο</sup>

Αρχικά, προσδιορίζουμε την απόκλιση  $f_e$  σύμφωνα με τη διαδικασία που περιγράψαμε στα βήματα 2 έως 10.

### Βήμα 12<sup>ο</sup>

Μετά τη λήψη της απόκλισης της τελευταίας υποδιαίρεσης του εύρους μέτρησης του μηχανικού συγκριτή, επαναλαμβάνουμε τον έλεγχο, περιστρέφοντας το χειροστρόφαλο (4.3) με αντίθετη φορά σε σχέση με τη φορά περιστροφής που ακολουθήσαμε προηγουμένως για τον υπολογισμό της απόκλισης  $f_e$ . Στρέφοντας το χειροστρόφαλο (4.3) ανάποδα, κινούμε το μετρητικό επαφέα (άξονα) της μηχανής προς τα κάτω. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος, ο επαφέας του προς διακρίβωση οργάνου κινείται προς τα κάτω, καθώς αποσυμπιέζεται το έμβολο που φέρει στο κορμό του.

**Σημείωση:** Η μικρορύθμιση του προς διακρίβωση οργάνου δεν πρέπει να μεταβληθεί όταν ο επαφέας του είναι πιεσμένος. Έτσι, δεν πρέπει να περιστραφεί η βίδα μικρορύθμισης που φέρουν οι μηχανικοί συγκριτές. Επιπλέον, το προς διακρίβωση όργανο δεν πρέπει να κινηθεί με το χειροστρόφαλο (2.1).

### Βήμα 13<sup>ο</sup>

Για σταθερά βήματα των 5μm, διαβάζουμε την απόκλιση στην κλίμακα (4.4) της γραμμής (4.5) της μηχανής σε σχέση με την ένδειξη του μηχανικού συγκριτή και



<b>ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	Κωδικός ΟΕ- 01	Διεξαγωγή Μετρήσεων για τη Διακρίβωση Μηχανικών Συγκριτών εύρους 100μm και 200μm για τη μηχανή Mahr 865		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης 1.2	Ημερομηνία Έκδοσης 01/07/2015	Σελίδα 1/12
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

καταγράφουμε τις τιμές στον ίδιο πίνακα που είχαμε καταγράψει την απόκλιση  $f_e$  στο βήμα 9. Ο έλεγχος ολοκληρώνεται όταν πραγματοποιηθούν όλα τα βήματα που αναλογούν στο εύρος μέτρησης του προς διακρίβωση οργάνου.

### Βήμα 14<sup>ο</sup>

Μετά τον έλεγχο, προσδιορίζουμε την ολική απόκλιση  $f_{ges}$ , σύμφωνα με το DIN 879-1, ως τη διαφορά μεταξύ της μέγιστης και της ελάχιστης τιμής του πίνακα τιμών που έχουμε δημιουργήσει μετά το πέρας του προηγούμενου βήματος.

### Υπολογισμός σφάλματος υστέρησης των μετρούμενων τιμών $f_u$

### Βήμα 15<sup>ο</sup>

Πιέζουμε το μοχλό (5) προς τα κάτω για να απεμπλακεί ο γραναζωτός μηχανισμός για γρήγορους ελέγχους.

### Βήμα 16<sup>ο</sup>

Μετακινούμε το μετρητικό επαφέα (4) με το χειροστρόφαλο (4.3) προς τα κάτω μέχρι να μηδενιστούν η κλίμακα (4.2) του μετρητικού επαφέα και η κλίμακα του μετρητικού τυμπάνου (το μηδέν της κλίμακας να συμπίπτει με τη γραμμή ανάγνωσης).

### Βήμα 17<sup>ο</sup>

Τοποθετούμε το μηχανικό συγκριτή στο βραχίονα συγκράτησης (3).

### Βήμα 18<sup>ο</sup>

Για τον καθορισμό του σφάλματος υστέρησης  $f_u$ , ο έλεγχος πραγματοποιείται στο μέσο του εύρους μέτρησης του προς διακρίβωση οργάνου. Έτσι, μετακινούμε το προς διακρίβωση όργανο με το χειροστρόφαλο (2.1) τόσο κάτω μέχρι ο δείκτης του μηχανικού συγκριτή να βρεθεί στο μέσο του εύρους μέτρησής του (και στις 2 περιπτώσεις συγκριτών που εξετάζουμε ο δείκτης πρέπει να βρίσκεται στα 0μm).

### Βήμα 19<sup>ο</sup>

Πιέζουμε το μετρητικό επαφέα του προς διακρίβωση οργάνου με το χειροστρόφαλο (4.3) μέσα στο συγκριτή και φέρουμε το δείκτη του να συμπίπτει με την υποδιαίρεση ελέγχου που έχουμε επιλέξει και είναι τα 5μm.





<b>ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	Κωδικός ΟΕ- 01	Διεξαγωγή Μετρήσεων για τη Διακρίβωση Μηχανικών Συγκριτών εύρους 100μm και 200μm για τη μηχανή Mahr 865		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης 1.2	Ημερομηνία Έκδοσης 01/07/2015	Σελίδα 1/12
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

### **Βήμα 20°**

Διαβάζουμε τη γραμμή (4.5) στην κλίμακα (4.4) και καταγράφουμε την τιμή μέτρησης.

**Σημείωση:** Κατά τη διάρκεια μηδενισμού του οργάνου η διεύθυνση του χειροστρόφαλου (4.3) δεν θα πρέπει να αλλάζει.

### **Βήμα 21°**

Πιέζουμε το μετρητικό επαφέα του μηχανικού συγκριτή, με το χειροστρόφαλο (4.3), τουλάχιστον άλλα 5μm μέσα στο ρολόι.

### **Βήμα 22°**

Κινούμε το χειροστρόφαλο (4.3) στην αντίθετη κατεύθυνση μέχρι ο δείκτης του προς διακρίβωση οργάνου να συμπέσει και πάλι με την προεπιλεγείσα υποδιαίρεση των 5μm.

### **Βήμα 23°**

Διαβάζουμε τη γραμμή (4.5) στην κλίμακα (4.4) και καταγράφουμε την τιμή μέτρησης.

### **Βήμα 24°**

Προσδιορίζουμε το σφάλμα υστέρησης  $f_u$ , σύμφωνα με το DIN 879, σαν τη διαφορά μεταξύ των δύο τιμών που καταγράψαμε.

### **Βήμα 25°**

Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία άλλες 4 φορές και θεωρούμε ότι το σφάλμα υστέρησης  $f_u$  ισούται με το μέσο όρο των 5 μετρήσεων.

Έλεγχος επαναληψιμότητας  $f_w$

### **Βήμα 26°**

Πιέζουμε το μοχλό (5) προς τα κάτω για να απεμπλακεί ο γραναζωτός μηχανισμός για γρήγορους ελέγχους.

### **Βήμα 27°**



<b>ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	Κωδικός ΟΕ- 01	Διεξαγωγή Μετρήσεων για τη Διακρίβωση Μηχανικών Συγκριτών εύρους 100μm και 200μm για τη μηχανή Mahr 865		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης 1.2	Ημερομηνία Έκδοσης 01/07/2015	Σελίδα 1/12
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

Μετακινούμε το μετρητικό επαφέα (4) με το χειροστρόφαλο (4.3) προς τα κάτω μέχρι να μηδενιστούν η κλίμακα (4.2) του μετρητικού επαφέα και η κλίμακα του μετρητικού τυμπάνου (το μηδέν της κλίμακας να συμπίπτει με τη γραμμή ανάγνωσης).

### Βήμα 28°

Τοποθετούμε το μηχανικό συγκριτή στο βραχίονα συγκράτησης (3).

### Βήμα 29°

Μετακινούμε το προς διακρίβωση όργανο με το χειροστρόφαλο (2.1) τόσο κάτω μέχρι ο δείκτης του μηχανικού συγκριτή να βρεθεί στο μέσο του εύρους μέτρησής του (και στις 2 περιπτώσεις συγκριτών που εξετάζουμε ο δείκτης πρέπει να βρίσκεται στα 0μm).

### Βήμα 30°

Πιέζουμε το μετρητικό επαφέα του προς διακρίβωση οργάνου με το χειροστρόφαλο (4.3) μέσα στο συγκριτή και φέρουμε το δείκτη του να συμπίπτει με την υποδιαίρεση ελέγχου που έχουμε επιλέξει και είναι τα 5μm.

### Βήμα 31°

Διαβάζουμε τη γραμμή (4.5) στην κλίμακα (4.4) και καταγράφουμε την τιμή μέτρησης.

### Βήμα 32°

Κινούμε το χειροστρόφαλο (4.3) στην αντίθετη κατεύθυνση μέχρι ο δείκτης του προς διακρίβωση οργάνου να συμπίπτει με το μέσο του εύρους μέτρησης του μηχανικού συγκριτή.

### Βήμα 33°

Πιέζουμε ξανά το μετρητικό επαφέα του μηχανικού συγκριτή με το χειροστρόφαλο (4.3) και φέρουμε το δείκτη του να συμπίπτει και πάλι με την υποδιαίρεση ελέγχου που έχουμε επιλέξει (5μm).

### Βήμα 34°

Διαβάζουμε τη γραμμή (4.5) στην κλίμακα (4.4) και καταγράφουμε την τιμή μέτρησης.

### Βήμα 35°



<b>ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	Κωδικός ΟΕ- 01	Διεξαγωγή Μετρήσεων για τη Διακρίβωση Μηχανικών Συγκριτών εύρους 100μm και 200μm για τη μηχανή Mahr 865		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης 1.2	Ημερομηνία Έκδοσης 01/07/2015	Σελίδα 1/12
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

Επαναλαμβάνουμε την προηγούμενη διαδικασία για τουλάχιστον άλλες 3 φορές.

### Βήμα 36°

Προσδιορίζουμε το σφάλμα επαναληψιμότητας  $f_w$ , σύμφωνα με το DIN 879, σαν τη διαφορά μεταξύ της μέγιστης και της ελάχιστης τιμής από τις 5 καταγεγραμμένες τιμές που έχουμε.

Εξαγωγή αποτελεσμάτων

### Βήμα 37°

Δημιουργούμε κατάλληλο λογιστικό φύλλο στον υπολογιστή, όπου περνάμε τις μετρήσεις που πραγματοποιήσαμε και αφορούν τον έλεγχο της απόκλισης  $f_e$ , τον έλεγχο της ολικής απόκλισης  $f_{ges}$ , τον υπολογισμό του σφάλματος υστέρησης  $f_u$ , τον έλεγχο της επαναληψιμότητας  $f_w$  και την θερμοκρασία που είχε το όργανο σε κάθε βήμα της μέτρησης.

**Σημείωση:** Στην περίπτωση που πραγματοποιήσουμε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στηριζόμενοι στη συγκεκριμένη οδηγία μέτρησης, περνάμε τα αποτελέσματα στο ίδιο λογιστικό φύλλο.

### Βήμα 38°

Συγκρίνουμε τα αποτελέσματα των μετρήσεων που πραγματοποιήσαμε με τα επιτρεπτά όρια για την απόκλιση  $f_e$ , την ολική απόκλιση  $f_{ges}$ , το σφάλμα υστέρησης  $f_u$  και την επαναληψιμότητα  $f_w$ , όπως αυτά ορίζονται από τις διατάξεις των γερμανικών προδιαγραφών DIN 879-1 για μηχανικούς συγκριτές και καταγράφουμε τα αποτελέσματα της σύγκρισης μεταξύ των μετρήσεων μας και των τιμών του DIN 879-1.

### Βήμα 39°

Αποθηκεύουμε το αρχείο με τη μορφή:

[ Δ-06-EN-1 ] \_ [ εντολή μέτρησης ] (πχ. Δ-06-EN-1\_ΕΣ1.xls).

### Βήμα 40°



<b>ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	Κωδικός ΟΕ- 01	Διεξαγωγή Μετρήσεων για τη Διακρίβωση Μηχανικών Συγκριτών εύρους 100μm και 200μm για τη μηχανή Mahr 865		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης 1.2	Ημερομηνία Έκδοσης 01/07/2015	Σελίδα 1/12
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

Εκτυπώνουμε και υπογράφουμε το λογιστικό φύλλο το οποίο και παραδίδεται στον Τεχνικό Υπεύθυνο.

### Έντυπα

*Δ-06-ΕΝ-1: «Φύλλο Αποτελεσμάτων Μετρήσεων Mahr»*

### Αρχεία

Με το πέρας των μετρήσεων, το εκτυπωμένο και υπογεγραμμένο από τον αρμόδιο για την μέτρηση τεχνικό Δ-06-ΕΝ-1, παραδίδεται στον Τεχνικό Υπεύθυνο, ο οποίος και το αρχειοθετεί όπως προβλέπεται στη σχετική διαδικασία Δ06: «Μετρήσεις & Έκδοση Αποτελεσμάτων».

<b>ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	<b>Κωδικός ΟΕ - 09</b>	<b>Υπολογισμός Αβεβαιότητας των μετρήσεων</b>		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης <b>1.4</b>	Ημερομηνία Έκδοσης <b>01/07/2015</b>	Σελίδα <b>1/13</b>
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

## 1. Σκοπός

Η οδηγία εργασίας αυτή, έχει ως σκοπό τον υπολογισμό της αβεβαιότητας για κάθε μέτρηση που υλοποιείται στο Μετροτεχνικό Εργαστήριο.

## 2. Υπεύθυνος Εφαρμογής – Εμπλεκόμενα Πρόσωπα

<b>Σχεδίαση Οδηγίας:</b>	Υπεύθυνος Ποιότητας
<b>Συντονιστής Οδηγίας:</b>	Τεχνικός Υπεύθυνος
<b>Εμπλεκόμενοι:</b>	➤ Προσωπικό Εξουσιοδοτημένο για τις μετρήσεις

## 3. Περιγραφή

Η παρούσα οδηγία καθορίζει τον τρόπο επεξεργασίας των αποτελεσμάτων των μετρήσεων που υλοποιεί το εργαστήριο, παραπέμποντας στις αντίστοιχες οδηγίες εργασίας και τα αποτελέσματα των μετρήσεων καθώς και στα απαραίτητα λογιστικά φύλλα για την ποσοτικοποίηση της αβεβαιότητας της κάθε μέτρησης. Τα λογιστικά φύλλα υπολογισμού δημιουργήθηκαν σύμφωνα με τις κατευθύνσεις των παραρτημάτων Α, Β και Γ.

### 3.1 Υλοποίηση μετρήσεων

**3.1.1** Υλοποιούμε τις μετρήσεις σε κάθε δοκίμιο σύμφωνα με την αντίστοιχη οδηγία εργασίας και την εντολή μέτρησης. Αναλυτικά:

- Για τη διακρίβωση μετρητικών ρολογιών και μηχανικών συγκριτών 100 μm και 200 μm ενεργούμε σύμφωνα με την οδηγία εργασίας ΟΕ.01
- Για τη μέτρηση διαμέτρου κυλίνδρων έως 500 mm ενεργούμε σύμφωνα με τη οδηγία εργασίας ΟΕ.02
- Για τη μέτρηση εσωτερικής διαμέτρου δακτυλίων 15-150 mm ενεργούμε σύμφωνα με τη οδηγία εργασίας ΟΕ.03
- Για τη μέτρηση μήκους αντικειμένων σε 3 διαστάσεις 600x600x500 ενεργούμε σύμφωνα με τη οδηγία εργασίας ΟΕ.04
- Για τη μέτρηση μέσης διαμέτρου εξωτερικών σπειρωμάτων 8-100 mm ενεργούμε σύμφωνα με τη οδηγία εργασίας ΟΕ.05
- Για τη μέτρηση μέσης διαμέτρου εσωτερικών σπειρωμάτων 13,3-100 mm ενεργούμε σύμφωνα με τη οδηγία εργασίας ΟΕ.06

<b>ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	<b>Κωδικός ΟΕ - 09</b>	<b>Υπολογισμός Αβεβαιότητας των μετρήσεων</b>		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης <b>1.4</b>	Ημερομηνία Έκδοσης <b>01/07/2015</b>	Σελίδα <b>1/13</b>
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

- Για συγκριτική μέτρηση μήκους αξόνων έως 500 mm ενεργούμε σύμφωνα με τη οδηγία εργασίας ΟΕ.08

**3.1.2** Αποθηκεύουμε και εκτυπώνουμε τα αποτελέσματα όπως περιγράφεται στην αντίστοιχη οδηγία εργασίας.

### **3.2 Υπολογισμός αβεβαιότητας**

**3.2.1** Ανοίγουμε το φάκελο «Έντυπα υπολογισμού αβεβαιότητας» που βρίσκεται στην επιφάνεια εργασίας του Η/Υ της μηχανής και επιλέγουμε και ανοίγουμε το λογιστικό φύλλο για τον υπολογισμό της αβεβαιότητας που αντιστοιχεί στην οδηγία εργασίας που υλοποιήσαμε. Συγκεκριμένα:

- Για την οδηγία εργασίας ΟΕ.01 ανοίγουμε το αρχείο Δ-12-EN-01.xls
- Για την οδηγία εργασίας ΟΕ.02 ανοίγουμε το αρχείο Δ-12-EN-02.xls
- Για την οδηγία εργασίας ΟΕ.03 ανοίγουμε το αρχείο Δ-12-EN-03.xls
- Για την οδηγία εργασίας ΟΕ.04 ανοίγουμε το αρχείο Δ-12-EN-04.xls
- Για την οδηγία εργασίας ΟΕ.05 ανοίγουμε το αρχείο Δ-12-EN-05.xls
- Για την οδηγία εργασίας ΟΕ.06 ανοίγουμε το αρχείο Δ-12-EN-06.xls
- Για την οδηγία εργασίας ΟΕ.08 ανοίγουμε το αρχείο Δ-12-EN-08.xls

**3.2.2** Επιλέγουμε το φύλλο εργασίας «ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ» και συμπληρώνουμε τα πεδία που είναι σε πορτοκαλί φόντο που αφορούν τα στοιχεία της μέτρησης και τα αποτελέσματα που έχουμε εκτυπώσει.

**3.2.3** Όταν ολοκληρώσουμε την εισαγωγή δεδομένων επιλέγουμε το φύλλο εργασίας «ΑΝΑΦΟΡΑ» όπου εμφανίζεται το ισοζύγιο αβεβαιότητας της μέτρησης το οποίο και εκτυπώνουμε.

**3.2.4** Αποθηκεύουμε το λογιστικό φύλλο στον φάκελο «ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ», που βρίσκεται στην επιφάνεια εργασίας, με την ακόλουθη ονομασία:

[Δ-12-EN-01 ]\_[αριθμός υπόθεσης].xls

Πχ. «Δ-12-EN-01\_18.xls»

## **4. Έντυπα**

<b>ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	<b>Κωδικός ΟΕ - 09</b>	<b>Υπολογισμός Αβεβαιότητας των μετρήσεων</b>		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης <b>1.4</b>	Ημερομηνία Έκδοσης <b>01/07/2015</b>	Σελίδα <b>1/13</b>
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

**4.1** ΟΕ.01: «Διεξαγωγή Διακρίβωσης μετρητικών ρολογιών και μηχανικών συγκριτών 100 μm και 200 μm με τη μηχανή MAHR 865»

**4.2** ΟΕ.02: «Διεξαγωγή Μέτρησης Διαμέτρου Κυλίνδρων έως 500 mm με τη μηχανή ULM OPAL 600»

**4.3** ΟΕ.03: «Διεξαγωγή Μέτρησης Τρίμματος 15 – 150 mm με τη μηχανή ULM OPAL 600»

**4.4** ΟΕ.04: «Διεξαγωγή Μέτρησης Μήκους Αντικειμένων σε 3 Διαστάσεις (600x600x500) με τη μηχανή CMM DEA»

**4.5** ΟΕ.05: «Διεξαγωγή Μέτρησης Μέσης Διαμέτρου Εξωτερικών Σπειρωμάτων 8 – 100 mm με τη μηχανή ULM OPAL 600»

**4.6** ΟΕ.06: «Διεξαγωγή Μέτρησης Μέσης Διαμέτρου Εσωτερικών Σπειρωμάτων 13,3 – 100 mm με τη μηχανή ULM OPAL 600»

**4.7** ΟΕ.08: «Διεξαγωγή Μέτρησης Μήκους Αξόνων έως 500 mm με τη μηχανή ULM OPAL 600»

**4.8** Δ-12-EN-01.xlt

**4.9** Δ-12-EN-02.xlt

**4.10** Δ-12-EN-03.xlt

**4.11** Δ-12-EN-04.xlt

**4.12** Δ-12-EN-05.xlt

**4.13** Δ-12-EN-06.xlt

**4.14** Δ-12-EN-08.xlt

## **5. Αρχεία**

**5.1** Με το πέρας των μετρήσεων, τα εκτυπωμένα και υπογεγραμμένα από τον αρμόδιο για την μέτρηση τεχνικό Δ-06-EN-3 και Δ-06-EN-4, παραδίδονται μαζί με το Δ-06-EN-1 στον Τεχνικό Υπεύθυνο, ο οποίος και τα αρχειοθετεί όπως προβλέπεται στη σχετική διαδικασία Δ06: «Μετρήσεις & Έκδοση Αποτελεσμάτων».

<b>ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	<b>Κωδικός ΟΕ - 09</b>	<b>Υπολογισμός Αβεβαιότητας των μετρήσεων</b>		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης <b>1.4</b>	Ημερομηνία Έκδοσης <b>01/07/2015</b>	Σελίδα <b>1/13</b>
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

## 6. Ιστορικό Τροποποιήσεων

<b>ΕΚΔΟΣΗ</b>	<b>ΗΜ/ΝΙΑ</b>	<b>ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΙΤΙΑΣ ΑΛΛΑΓΗΣ</b>
1.1	14/7/2008	Αρχική Έκδοση
1.2	22/7/2008	Ενημέρωση / Προσθήκη Παραρτήματος Γ
1.3	27/10/2008	1. Αναθεώρηση όλων των Παραρτημάτων 2. Διορθώσεις στις παραγράφους §3.1, §3.2 και §4 ( <i>παραπομπές σε οδηγίες και έγγραφα</i> )
1.4	24/11/2008	Τροποποίηση Παραρτημάτων I & VII



<b>ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	<b>Κωδικός ΟΕ - 09</b>	<b>Υπολογισμός Αβεβαιότητας των μετρήσεων</b>		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης <b>1.4</b>	Ημερομηνία Έκδοσης <b>01/07/2015</b>	Σελίδα <b>1/13</b>
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

## Παράρτημα II: «Διαδικασία Υπολογισμού Αβεβαιότητας Για Τη Μέθοδο ΟΕ-01»

### A. Περιγραφή της μέτρησης

Ο υπολογισμός της απόκλισης  $f_e$  του προς διακρίβωση μηχανικού συγκριτή πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια της μηχανής Mahr 865 και σύμφωνα με τη σχετική οδηγία εργασίας ΟΕ-01. Η διαδικασία υπολογισμού που περιγράφεται σε αυτό το Παράρτημα υλοποιείται με τη βοήθεια αντίστοιχου λογιστικού φύλλου όπου καταγράφονται οι μετρήσεις που πραγματοποιούνται.

#### Παραδοχές:

- Ο συντελεστής θερμικής διαστολής λαμβάνεται ως  $\alpha=11,5 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ , εκτός αν αναφέρεται διαφορετικά.
- Οι παράμετροι που συμμετέχουν στη διαδικασία μέτρησης είναι ανεξάρτητοι και δεν συσχετίζονται μεταξύ τους, δηλαδή συνεισφέρουν όμοια στην αβεβαιότητα.

#### Στοιχείο

#### Ερμηνεία

$f_{e_x}$	Η άγνωστη αποκλιση στη θερμοκρασία αναφοράς
$a$	ο συντελεστής θερμικής διαστολής
$L$	Η μέγιστη τιμή που δίνει ο μηχανικός συγκριτής σε $\mu\text{m}$
$\Delta t$	Η διαφορά θερμοκρασίας δοκιμίου και θερμοκρασίας αναφοράς
$\Delta T$	Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της μέσης θερμοκρασίας μέτρησης και της θερμοκρασίας αναφοράς
$\Delta$	Το σύμβολο που αφορά τις διορθώσεις που απαιτούνται για την κάθε παράμετρο
$\nu$	Οι βαθμοί ελευθερίας
$u$	Η τυπική αβεβαιότητα
$u_c$	Η συνδυασμένη τυπική αβεβαιότητα
$U$	Η Διευρυμένη αβεβαιότητα

Πίνακας Π. 1: Συμβολισμοί

<b>ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	<b>Κωδικός ΟΕ - 09</b>	<b>Υπολογισμός Αβεβαιότητας των μετρήσεων</b>		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης <b>1.4</b>	Ημερομηνία Έκδοσης <b>01/07/2015</b>	Σελίδα <b>1/13</b>
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

## **Β. Προσδιορισμός Πηγών Αβεβαιότητας**

Οι πηγές αβεβαιότητας που σχετίζονται με τον υπολογισμό της απόκλισης  $f_e$  του μηχανικού συγκριτή αφορούν τα όργανα μέτρησης, τη διαδικασία της μέτρησης και τις συνθήκες μέτρησης και είναι οι εξής:

1. Αναπαραγωγιμότητα ( $f_{e_R}$ ) - Τύπου Α
2. Επιδράσεις θερμοκρασίας ( $\delta f_{e_T}$ )
3. Αβεβαιότητα ανάγνωσης της αναλογικής κλίμακας της μηχανής ( $\delta f_{e_r}$ ) – Τύπου Β
4. Απώλεια ευθυγράμμισης μηχανικού συγκριτή και μετρητικού επαφέα μηχανής ( $\delta f_{e_a}$ ) – Τύπου Β
5. Ελαστική παραμόρφωση κατά τη μέτρηση ( $\delta f_{e_e}$ ) - Τύπου Β

Έτσι, η συνολική αβεβαιότητα υπολογίζεται από τη σχέση:

$$f_{e_x} = f_{e_R} + \delta f_{e_T} + \delta f_{e_r} + \delta f_{e_a} + \delta f_{e_e}$$

### Αποτίμηση συντελεστών ευαισθησίας

Η συνεισφορά κάθε παραμέτρου στη αβεβαιότητα υπολογίζεται μέσω των συντελεστών ευαισθησίας. Ο υπολογισμός των συντελεστών ευαισθησίας γίνεται με παραγωγή της συνάρτησης του  $f_{e_x}$  ως προς την αντίστοιχη παράμετρο. Έτσι για κάθε παράμετρο προκύπτει ότι  $c_i = 1$ .

## **Γ. Ποσοτικοποίηση Πηγών Αβεβαιότητας**

### **1. Αναπαραγωγιμότητα ( $f_{e_R}$ ) – Τύπου Α**

Η στατιστική αβεβαιότητα λαμβάνεται με τον υπολογισμό της τυπικής απόκλισης των 3 σετ των 6 μετρήσεων που πραγματοποιήσαμε (σύνολο 18 μετρήσεις). Από τα 3 σετ μετρήσεων για το μετρητικό ρολόι, υπολογίζουμε την τυπική απόκλιση ως εξής:

$$f_{e_R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = 0 \mu m$$

<b>ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	<b>Κωδικός ΟΕ - 09</b>	<b>Υπολογισμός Αβεβαιότητας των μετρήσεων</b>		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης <b>1.4</b>	Ημερομηνία Έκδοσης <b>01/07/2015</b>	Σελίδα <b>1/13</b>
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

$$u(fe_R) = \sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 0 \mu m$$

Επομένως, η συνεισφορά στη συνολική αβεβαιότητα είναι:

$$u_1(fe_x) = |c_{fe_R}| * u(fe_R) = 0 \mu m$$

Ενώ οι βαθμοί ελευθερίας είναι:  $\nu_1 = n - 1 = 17$ .

## 2. Επιδράσεις θερμοκρασίας ( $\delta fe_T$ ) – Τύπου Β

Δεχόμαστε ότι η θερμοκρασία του προς διακρίβωση οργάνου αποκλίνει έως  $\pm 0,3^\circ\text{C}$  από τη θερμοκρασία του προτύπου αναφοράς ( $\Delta t_w = \pm 0,3$ ). Επίσης, δεχόμαστε ότι ο συντελεστής θερμικής διαστολής του μηχανικού συγκριτή αποκλίνει έως  $\pm 2 * 10^{-6}/^\circ\text{C}$  από τη θεωρητική του τιμή ( $\delta \alpha_w = \pm 2 * 10^{-6}$ ). Επιπλέον, η διαφορά μεταξύ της μέσης θερμοκρασίας προτύπου και μηχανικού συγκριτή και της θερμοκρασίας αναφοράς ( $20^\circ\text{C}$ ) έχει διαπιστωθεί ότι δεν υπερβαίνει τους  $0.5^\circ\text{C}$  ( $\Delta T = \pm 0,5$ ). Για δοκίμια σκληρυμμένου χάλυβα δεχόμαστε ότι ο συντελεστής θερμικής διαστολής είναι  $\alpha_w = 11,5 * 10^{-6}/^\circ\text{C}$ . Επιπρόσθετα, σύμφωνα με το πιστοποιητικό διακρίβωσης του θερμομέτρου ALMEMO 2390-5 που έγιναν οι μετρήσεις για θερμοκρασία  $20^\circ\text{C}$  έχουμε  $\Delta T_\theta = 0,04^\circ\text{C}$ . Τέλος, για την τιμή της αβεβαιότητας που θα υπολογίσουμε θα λάβουμε υπόψη μας τη δυσμενέστερη περίπτωση, όπου θα έχουμε τη μεγαλύτερη μετατόπιση του ελατηρίου του μηχανικού συγκριτή ( $100 \mu m$ ). Σύμφωνα με αυτές τις παραδοχές, υπολογίζουμε τις επιδράσεις στην αβεβαιότητα για την περίπτωση που εξετάζουμε.

### i. Αβεβαιότητα μέτρησης θερμοκρασίας στο μηχανικό συγκριτή

Δεχόμενοι τριγωνική κατανομή προκύπτει:

$$u_2(\delta fe_T) = \frac{\alpha_w * \Delta T * L}{\sqrt{6}} = \frac{11,5 * 0,5 * L}{\sqrt{6}} = 2,347 * L * 10^{-6} (\mu m)$$

<b>ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	<b>Κωδικός ΟΕ - 09</b>	<b>Υπολογισμός Αβεβαιότητας των μετρήσεων</b>		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης <b>1.4</b>	Ημερομηνία Έκδοσης <b>01/07/2015</b>	Σελίδα <b>1/13</b>
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

Σημείωση: Γενικά, ο συντελεστής θερμικής διαστολής επιλέγεται ανάλογα με το υλικό του μηχανικού συγκριτή.

Υλικό	$\alpha$ ( $\cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )
<b>Hardened Steel</b>	11,5
<b>Brass</b>	21
<b>Aluminium</b>	24
<b>Copper</b>	16,5
<b>Titanium</b>	8,6
<b>Tungsten carbide</b>	4,3
<b>Alumina</b>	5,4

Πίνακας Π. 2: Συντελεστής Θερμικής Διαστολής

ii. *Αβεβαιότητα θερμικής διαστολής στο μηχανικό συγκριτή*

Δεχόμενοι ορθογωνική κατανομή προκύπτει:

$$u_3(\delta fe_T) = \frac{\delta \alpha_w * \Delta t_w * L}{\sqrt{6}} = \frac{2 * 0,3 * L}{\sqrt{6}} = 0,245 * L * 10^{-6} (\mu\text{m})$$

iii. *Αβεβαιότητα θερμομέτρου*

Δεχόμενοι ορθογωνική κατανομή προκύπτει:

$$u_4(\delta fe_T) = \frac{\Delta T_{\theta} * L}{\sqrt{6}} = \frac{0,04 * L}{\sqrt{6}} = 0,016 * L * 10^{-6} (\mu\text{m})$$

Η συνολική τυπική αβεβαιότητα των θερμοκρασιακών επιδράσεων υπολογίζεται:

$$u(\delta fe_T) = \sqrt{\sum_{i=2}^4 u_i^2(\delta fe_T)} = 2,36 * 10^{-6} * L (\mu\text{m})$$

$$= 2,36 * 100 * 10^{-6} (\mu\text{m}) = 0,000236 \mu\text{m}$$

Η παραπάνω ποσότητα θεωρείται αμελητέα για τη συγκεκριμένη μέτρηση, οπότε δεχόμαστε ότι η συνεισφορά της στη συνολική αβεβαιότητα είναι:

<b>ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	<b>Κωδικός ΟΕ - 09</b>	<b>Υπολογισμός Αβεβαιότητας των μετρήσεων</b>		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης 1.4	Ημερομηνία Έκδοσης 01/07/2015	Σελίδα 1/13
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

$$u_2(fe_x) = |c_{\delta fe_T}| * u(\delta fe_T) = 0\mu m$$

όπου θεωρούμε άπειρους βαθμούς ελευθερίας:  $\nu_2 = \infty$ .

### 3. Αβεβαιότητα ανάγνωσης της αναλογικής κλίμακας της μηχανής ( $\delta fe_r$ ) – Τύπου Β

Εξαιτίας του γεγονότος ότι οι ενδείξεις που παίρνουμε από τη μηχανή προκύπτουν από την ανάγνωση της αναλογικής κλίμακας που φέρει, πρέπει να λάβουμε υπόψη μας μια επιπλέον αβεβαιότητα, την αβεβαιότητα ανάγνωσης της αναλογικής κλίμακας της μηχανής. Η Mahr 865 έχει διακριτική ικανότητα 1 $\mu$ m. Αυτό σημαίνει ότι οι υποδιαίρεσεις της αναλογικής κλίμακας είναι τα μικρόμετρα ( $\mu$ m). Παίρνοντας σαν μέτρηση την πλησιέστερη υποδιαίρεση δίνει ένα σφάλμα όχι μεγαλύτερο από  $\pm 0,5 \mu$ m. Αυτό το θεωρούμε ότι ανήκει σε ορθογωνικής κατανομής αβεβαιότητα (η αληθινή τιμή μέτρησης μπορεί να κυμαίνεται οπουδήποτε στο μεσοδιάστημα 1  $\mu$ m  $\pm 0,5 \mu$ m). Έτσι, προκύπτει η παρακάτω τυπική αβεβαιότητα u:

$$u(\delta fe_r) = \frac{0,5}{\sqrt{3}} = 0,288\mu m$$

Με συνεισφορά στη συνολική αβεβαιότητα:

$$u_3(fe_x) = |c_{\delta fe_r}| * u(\delta fe_r) = 0,288\mu m$$

Και βαθμούς ελευθερίας  $\nu_3 = \infty$ .

### 4. Απώλεια ευθυγράμμισης μηχανικού συγκριτή και μετρητικού επαφέα μηχανής ( $\delta fe_a$ ) – Τύπου Β

Πριν από κάθε μέτρηση, ο μηχανικός συγκριτής τοποθετείται κατάλληλα στη μηχανή Mahr 865, προκειμένου να επιτυγχάνεται η ευθυγράμμισή του με την μετρητική επιφάνεια της μηχανής και να παίρνουμε, όσο γίνεται, πιο ακριβείς ενδείξεις. Λόγω αδυναμίας ακριβούς μέτρησης της εν λόγω απώλειας ευθυγράμμισης, θεωρήσαμε ότι στην χειρότερη περίπτωση θα φτάνει τη 1°. Στη συνέχεια, υπολογίζουμε την τυπική αβεβαιότητα για τη δυσμενέστερη περίπτωση, όπου θα έχουμε απώλεια ευθυγράμμισης 1° και το ελατήριο του μηχανικού συγκριτή θα έχει μετατοπιστεί κατά 100 $\mu$ m, δηλαδή

<b>ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	<b>Κωδικός ΟΕ - 09</b>	<b>Υπολογισμός Αβεβαιότητας των μετρήσεων</b>		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης <b>1.4</b>	Ημερομηνία Έκδοσης <b>01/07/2015</b>	Σελίδα <b>1/13</b>
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

στο μέγιστο δυνατό βαθμό. Έτσι, δεχόμενοι τριγωνική κατανομή, υπολογίζουμε τυπική αβεβαιότητα:

$$u(\delta fe_a) = \frac{L-L * \cos 1}{\sqrt{6}} = 0,00622 \mu\text{m}$$

Η συνεισφορά της στη συνολική αβεβαιότητα, λόγω της πολύ μικρής τιμής της, θεωρούμε ότι είναι μηδαμινή οπότε έχουμε:

$$u_4(fe_a) = |c_{\delta fe_a}| * u(\delta fe_a) = 0 \mu\text{m}$$

Τέλος, οι βαθμοί ελευθερίας είναι:  $\nu_4 = \infty$ .

### 5. Ελαστική παραμόρφωση κατά τη μέτρηση ( $\delta fe_e$ ) - Τύπου B

Κατά τον υπολογισμό της απόκλισης  $fe$  του μηχανικού συγκριτή με τη Mahr 865, ο μετρητικός επαφίας της μηχανής έρχεται σε επαφή με την επίπεδη μετρητική επιφάνεια του προς διακρίβωση οργάνου και του ασκεί δύναμη που κυμαίνεται από 0,6 έως 1N, με αποτέλεσμα να προκαλείται ελαστική παραμόρφωση. Το μέγεθος της παραμόρφωσης μπορεί να υπολογιστεί, κατά αναλογία με την επαφή σφαίρας με επίπεδη επιφάνεια, με τη βοήθεια των εξισώσεων (Puttock, et al., 1969).

Σύμφωνα με τις εξισώσεις των M. J. Puttock και E. G. Thwaite (Elastic Compression of Spheres and Cylinders at Point and Line Contact) η παραμόρφωση υπολογίζεται:

$$a = \frac{(3\pi)^{2/3}}{2} \cdot P^{2/3} \cdot (V_1 + V_2) \cdot \left(\frac{1}{D}\right)^{1/3}$$

Όπου  $a$  η παραμόρφωση,  $P$  η εφαρμοζόμενη δύναμη (gf),  $V = \frac{1-\sigma^2}{\pi \cdot E}$  ( $\text{mm}^2/\text{gf}$ ),  $\sigma$  ο λόγος Poisson (λόγος εγκάρσιας και ορθής παραμόρφωσης) για το κάθε υλικό,  $E$  το μέτρο ελαστικότητας του κάθε υλικού ( $\text{gf}/\text{mm}^2$ ) και  $D$  η διάμετρος της ακίδας (mm).

Σημείωση:  $1 \text{ Nt}/\text{m}^2 = 0.000102 \text{ gf}/\text{mm}^2$  και  $1 \text{ Nt} = 101.97 \text{ gf}$

<b>ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	<b>Κωδικός ΟΕ - 09</b>	<b>Υπολογισμός Αβεβαιότητας των μετρήσεων</b>		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης <b>1.4</b>	Ημερομηνία Έκδοσης <b>01/07/2015</b>	Σελίδα <b>1/13</b>
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

Για την σφαιρικό άκρο του προς διακρίβωση οργάνου (Tungsten carbide) γνωρίζουμε από πίνακα ότι  $\sigma=0.28$  και  $E=704 \text{ GPa}$  και, αντίστοιχα, για το μετρητικό επαφέα της μηχανής(σκληρυμμένος χάλυβας)  $\sigma=0.29$  και  $E=205 \text{ GPa}$ . Κατά συνέπεια, κατά την επαφή του μετρητικού επαφέα της μηχανής με το σφαιρικό άκρο του μηχανικού συγκριτή έχουμε παραμόρφωση  $\alpha_1 = 0,164 \mu\text{m}$  για δύναμη  $0,6\text{N}$  και παραμόρφωση  $\alpha_2= 0,231 \mu\text{m}$  για δύναμη  $1\text{N}$ .

Παρατηρούμε ότι η μέγιστη παραμόρφωση που μπορεί να παρατηρηθεί σε όλο το εύρος της μεθόδου είναι  $0,231 \mu\text{m}$  και, έτσι, δεχόμαστε διόρθωση:

$$\delta f_{e_e} = 0,231 \mu\text{m}$$

Εξαιτίας της αβεβαιότητας των ελαστικών ιδιοτήτων των υλικών, δεχόμαστε ότι η συνολική παραμόρφωση μπορεί να αποκλίνει έως  $\pm 20\%$  από αυτήν που υπολογίσαμε. Συνεπώς:

$$\delta f_{e_e} = 1,2 * 0,182 = 0,277 \mu\text{m}$$

Στη συνέχεια, υπολογίζουμε την τυπική αβεβαιότητα:

$$u(\delta f_{e_e}) = \frac{0,218}{\sqrt{6}} = 0,089 \mu\text{m}$$

Με συνεισφορά στην συνολική αβεβαιότητα:

$$u_5(f_{e_x}) = |c_{\delta f_{e_e}}| * u(\delta f_{e_e}) = 0,089 \mu\text{m}$$

Ενώ οι βαθμοί ελευθερίας είναι:  $\nu_5 = \infty$ .

#### **Δ. Συνδυασμένη Αβεβαιότητα**

Η συνδυασμένη αβεβαιότητα είναι η αβεβαιότητα που προκύπτει από το συνδυασμό των επιμέρους αβεβαιοτήτων των πηγών αβεβαιότητας  $x_i$ . Υπολογίζεται από τον τύπο:

<b>ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	<b>Κωδικός ΟΕ - 09</b>	<b>Υπολογισμός Αβεβαιότητας των μετρήσεων</b>		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης <b>1.4</b>	Ημερομηνία Έκδοσης <b>01/07/2015</b>	Σελίδα <b>1/13</b>
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

$$u_c(l) = \sqrt{\sum_{i=1}^5 u_i^2(fe_x)} = 0,301 \mu m$$

όπου  $u_i(fe_x)$  η συνεισφορά της κάθε παραμέτρου.

### Ε. Διευρυμένη Αβεβαιότητα

Τη συνολική αβεβαιότητα της διαδικασίας της μέτρησης μας τη δίνει ο υπολογισμός της διευρυμένης αβεβαιότητας. Τη διευρυμένη αβεβαιότητα την υπολογίζουμε πολλαπλασιάζοντας την τυπική αβεβαιότητα με ένα *συντελεστή κάλυψης*  $k_p$  που τη συσχετίζει με το επίπεδο εμπιστοσύνης:

$$U = k_p * u_c(fe) = 2 * 0,301 = 0,602 \mu m$$

όπου  $u_c(l)$  η συνδυασμένη τυπική αβεβαιότητα.

Οι συνολικοί βαθμοί ελευθερίας της μέτρησης είναι:

$$v = \frac{u_c^4(fe_x)}{\sum_{i=1}^5 \frac{u_i^4(fe_x)}{v_i}} = \infty$$

Για την επιλογή του συντελεστή  $k_p$  υποθέτουμε ότι η πιθανοτική κατανομή που χαρακτηρίζεται από το αποτέλεσμα της μέτρησης είναι σχεδόν κανονική, επομένως επιλέγουμε  $k = 2$ . Υπάρχουν δύο κριτήρια για την παραδοχή κανονικής κατανομής, το μέγεθος της αβεβαιότητας λόγω επαναληψιμότητας ή οι συνολικοί βαθμοί ελευθερίας της μέτρησης (*Central limit theorem - UKAS 1997*). Συγκεκριμένα:

- Αν η αβεβαιότητα λόγω επαναληψιμότητας είναι μικρότερη από το 50% της διευρυμένης τυπικής αβεβαιότητας (δηλαδή έχει συγκρίσιμη συνεισφορά σε σχέση με τις άλλες τυπικές αβεβαιότητες),  $k = 2$  με επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.
- Αν οι συνολικοί βαθμοί ελευθερίας της μέτρησης είναι πάνω από 30, επίσης





<b>ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	<b>Κωδικός ΟΕ - 09</b>	<b>Υπολογισμός Αβεβαιότητας των μετρήσεων</b>		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης 1.4	Ημερομηνία Έκδοσης 01/07/2015	Σελίδα 1/13
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

μπορούμε να δεχτούμε κανονική κατανομή.

Σε διαφορετική περίπτωση δεχόμαστε κατανομή  $t$  και ο συντελεστής κάλυψης  $t_{95}$  υπολογίζεται από τον πίνακα G.2 του «*Guide for the Expression of Uncertainty in Measurement*» (GUM), ISO 1995».

### **ΣΤ. Ισοζύγιο Αβεβαιότητας**

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται το ισοζύγιο αβεβαιότητας για τη διαδικασία διακρίβωσης μηχανικών συγκριτών με τη μηχανή Mahr 865:

Παράμετρος - Πηγή αβεβαιότητας	Εκτίμηση (μm)	Τυπική Αβεβαιότητα (μm)	Συντ. Ευαισθησίας	Συνεισφορά τυπικής αβεβαιότητας (nm) $u_i (fe_x)$	Βαθμοί ελευθερίας
1. Αναπαραγωγιμότητα ( $fe_R$ ) – Τύπου A	0	0	1	0	17
2. Επιδράσεις θερμοκρασίας ( $\delta fe_T$ ) – Τύπου B	0	$2,36 * 10^{-6} * L$	1	0	$\infty$
3. Αβεβαιότητα ανάγνωσης αναλογικής κλίμακας της μηχανής ( $\delta fe_T$ ) – Τύπου B	0	0,288	1	0,288	$\infty$
4. Απώλεια ευθυγράμμισης μηχανικού συγκριτή και μετρητικού επαφεία μηχανής ( $\delta fe_a$ ) – Τύπου B	0	$6,22 * 10^{-5} * L$	1	0	$\infty$
5. Ελαστική παραμόρφωση κατά τη μέτρηση ( $\delta fe_e$ ) - Τύπου B	0	0,089	1	0,089	$\infty$
<b>Συνδυασμένη Τυπική Αβεβαιότητα</b>				0,301 μm	$\infty$
<b>Διευρυμένη Αβεβαιότητα</b>				<b>0,602 μm</b>	
				<b><math>fe_x = (0,000 \pm 0,602)\mu m</math></b>	

Πίνακας Π. 3: Ισοζύγιο Αβεβαιότητας

## Βιβλιογραφία

- APPLIED MEASUREMENTS LTD. (2015). Ανάκτηση από <http://www.appmeas.co.uk/technical-notes/what-are-hysteresis-errors.html>
- Bell, S. (n.d.). Εισαγωγικός Οδηγός για την Αβεβαιότητα των Μετρήσεων. Στο S. Bell. England.
- Berger, R. W., Benbow, D. W., Elshennawy, A. K., & Walker, H. F. (2002). *The Certified Quality Engineer Handbook*. Milwaukee, Wisconsin: American Society for Quality.
- Bridges, B. (2009). *Quality Digest*. Ανάκτηση June 20, 2014, από <http://www.qualitydigest.com/inside/twitter-ed/how-laser-trackers-work.html>
- Clark, R. (2003). Understanding Errors In Hand-Held Measuring Instruments. *Modern Machine Shop*.
- (1983). *DIN 878, Dial Gauges*. Berlin: Deutsches Institut fur Normung.
- (1999). *DIN 879-1, Analogue indicators*. Berlin: Deutsches Institut fur Normung.
- Essentials of expressing measurement uncertainty*. (n.d.). Ανάκτηση από Physical Measurement Laboratory of NIST: <http://physics.nist.gov/cuu/Uncertainty/index.html>
- Howarth, P., & Redgrave, F. (2008). *Metrology - In short*. Denmark: EURAMET e.V.
- (2006). *ISO 463, Geometrical Product Specifications(GPS)-Dimensional measuring equipment- Design and metrological characteristics of mechanical dial gauges*. the International Organization for Standardization.
- JCGM. (2008). *Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement*.
- JCGM. (2008). *International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM)*. JCGM.
- Kuyatt, B. T. (n.d.). «*Guidelines for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results*» . 1994: NIST Technical Note 1297.
- Lobato, H. M. (2011). *An Investigation Into Coordinate Measuring Machine Task Specific Measurement Uncertainty And Automated Conformance Assessment Of Airfoil Leading Edge Profiles*. Birmingham: University of Birmingham.
- Mahr. (n.d.). Ανάκτηση από [www.mahr.com](http://www.mahr.com)
- Mahr. (n.d.). *Operating Instructions:Dial Gauge Testing Unit 865*.
- Mahr. (n.d.). *Testing of Test Indicators, Dial Indicators and Dial Comparators*.

- Mesures, B. I. (n.d.). *Measurement units: the SI*. Ανάκτηση από <http://www.bipm.org/en/measurement-units/>
- Nugent, P. (2008, April). *Technical Partners: Metrology Center*. Ανάκτηση January 2010, από Metrology Center Web site: <http://www.metrologycenter.com/Open%20House/Form%20Measurement%20Fundamentals.pdf>
- Physical Measurement Laboratory*. (n.d.). Ανάκτηση από ENGINEERING METROLOGY TOOLBOX, Elastic Compression of Spheres and Cylinders: <http://emtoolbox.nist.gov/Elastic/Case2.asp>
- Puttock, M. J., & Thwaite, E. G. (1969). *Elastic Compression of Spheres and Cylinders at Point and Line Contact*. Melbourne, Australia: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization.
- Taguchi, G. (1987). *Systems of Experimental Design*. Unipub/Kraus International Publications and American Supplier Institute.
- Taylor, J. R. (1997). «*An Introduction to Error Analysis : The Study of Uncertainties in Physical Measurements*», 2nd ed. Univ. Science Books.
- The-Crankshaft Publishing's what-when-how.com*. (n.d.). Ανάκτηση από <http://what-when-how.com/metrology/mechanical-comparators-metrology/>
- Young, H. (1990). *University Physics*. Εκδόσεις Παπαζήση.
- Βανταράκης, Α. (n.d.). *ISO 17025-Γενικές απαιτήσεις για την ικανότητα των εργαστηρίων δοκιμών και διακριβώσεων*. Παν/μιο Πατρών.
- ΓΕΡΜΑΝΛΗ, Α. Χ. (2007). *ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΔΙΑΠΙΣΤΕΥΣΗ ΚΑΤΑ ΕΛΟΤ EN ISO/IEC 17025 ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΑΠΘ «ΕΛΟΤ EN 1081: Ελαστικά καλύμματα δαπέδων - Προσδιορισμός της ηλεκτρικής αντίστασης»*. Θεσσαλονίκη.
- Εργαστήριο Διακριβώσεων, L. L. (2012). *Πιστοποιητικό Διακριβώσης ALMEMO 2390-5*. Ζωγράφου.
- Καϊσαρλής, Γ., Διπλάρης, Σ., & Σφαντζικόπουλος, Μ. (2005). *Συμβολή των Μηχανών Μέτρησης Συντεταγμένων στη Μετρολογία Διαστάσεων: Σημερινή Πραγματικότητα και Προοπτικές*. Αθήνα.
- Καραχάλιου, Χ., & Μανσούρ, Γ. (2007). *Διαστατική Μετρολογία*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη.
- Κούγκιου, Δ. (n.d.). Αβεβαιότητα και σφάλμα μέτρησης. Στο *Data Analysis* (σσ. 49-58).
- Κυριακίδης, Δ. Δ. (n.d.). *ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ*. Θεσσαλονίκη: ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΜΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ.

Μανάρας, Τ. (n.d.). *Μελέτη του προτύπου ISO/IEC 17025: Εξελεγκτική πορεία και καθετοποίησησε ειδικούς τεχνικούς τομείς.*

Μάρκου, Φ. (2014). *Διπλωματική Εργασία: «Ανάπτυξη μεθόδου μέτρησης διαμέτρου (προτύπων) σφαιρών στη μηχανή DEA CMM του Μετροτεχνικού Εργαστηρίου Ε.Μ.Π. – Υπολογισμός Αβεβαιότητας Μέτρησης».* Αθήνα.

Στεργίου, Κ. (2011, October 26). *ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ - ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ & ΧΑΡΑΞΗΣ.* Ανάκτηση από Scribd:  
<http://www.scribd.com/doc/70359131/%CE%A4%CE%95%CE%A7%CE%9D%CE%9F%CE%9B%CE%9F%CE%93%CE%99%CE%91-%CE%9A%CE%91%CE%A4%CE%91%CE%A3%CE%9A%CE%95%CE%A5%CE%A9%CE%9D-%CE%9F%CE%A1%CE%93%CE%91%CE%9D%CE%91-%CE%9C%CE%95%CE%A4%CE%A1%CE%97%CE%A3%CE%97%CE%A3-%CE%A7%CE%91>

Σφάλματα Μετρήσεων. (n.d.). Στο Ο. Φ. Πειραιά, *Εργαστηριακές Ασκήσεις Φυσικής . Μακεδονικές Εκδόσεις.*

Τσίγκος, Π. (2010). *Τρισδιάστατη CAD μοντελοποίηση αντικειμένων πολιτιστικής κληρονομιάς με χρήση Μηχανών Μέτρησης Συντεταγμένων τύπου Αρθρωτού Βραχίονα.* Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

