

ΜΕΤΡΗΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

(Κουντουράς Κων/νος)

1. ΔΟΚΙΜΕΣ

Ένα πλήθος προϊόντων πρέπει σήμερα να ικανοποιεί διάφορες απαιτήσεις, έτσι τα χαρακτηριστικά του προϊόντος προδιαγράφονται. Ο έλεγχος της συμμόρφωσης των χαρακτηριστικών του προϊόντος με τη συγκεκριμένη προδιαγραφή ελέγχεται και πιστοποιείται μέσω της εκτέλεσης δοκιμών.

- «Η **δοκιμή** είναι μια τεχνική λειτουργία που συνίσταται στον προσδιορισμό ενός ή περισσότερων χαρακτηριστικών ενός προϊόντος, σύμφωνα με μια προδιαγραμμένη διαδικασία»
- Η προδιαγραμμένη αυτή διαδικασία μπορεί να είναι ένα πρότυπο ή μια άλλη συγκεκριμένη διαδικασία, η οποία ονομάζεται **μέθοδος δοκιμής**.

➤ Είδη δοκιμών.

Οι δοκιμές μπορεί να είναι: **υποχρεωτικές** (να καθορίζονται δηλαδή από την Ελληνική ή Κοινοτική νομοθεσία) ή να διενεργούνται για σκοπούς ελέγχου, γνώσης, έρευνας, πιστοποίησης αποτελέσματος κτλ, **χωρίς να είναι υποχρεωτικές**.

Γενικά όμως, οι δοκιμές χωρίζονται σε δύο μεγάλες **κατηγορίες**:

- **Καταστροφικές** (DT - Destructive testing) είναι οι δοκιμές που ελέγχουν κάποιο χαρακτηριστικό ενός υλικού καταστρέφοντας το (μετά τα πέρασ της δοκιμής δεν είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί ξανά το υλικό). Σ' αυτές ανήκουν όλες οι δοκιμές μηχανικής αντοχής, οι θερμικές δοκιμές, οι χημικές δοκιμές κ.α.
- **Μη καταστροφικές** (NDT – Non Destructive testing) είναι οι δοκιμές που ελέγχουν κάποιο χαρακτηριστικό χωρίς να καταστρέφουν το υλικό, όπως οι δοκιμές με υπέρηχους, με ραδιογραφία, με μαγνητικά σωματίδια, με ακτίνες κ.α.

Και τα δύο είδη δοκιμών παρουσιάζουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, τα σημαντικότερα από τα οποία είναι:

	Καταστροφικές	Μη καταστροφικές
ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	<ul style="list-style-type: none">- Παρέχουν πολλές άμεσες πληροφορίες και για την αντοχή του υλικού.- Δίνουν αντικειμενικές αποδείξεις.- Οι μετρήσεις δεν έχουν ιδιαίτερη εξάρτηση από την ικανότητα του ελεγκτή.	<ul style="list-style-type: none">- Είναι αβλαβείς για το υλικό.- Έχουν μεγάλη επαναληψιμότητα των μεθόδων.- Έχουν μικρό σχετικά κόστος.- Διενεργούνται με φορητό εξοπλισμό.- Υπάρχουν πολλά πρότυπα για αυτές τις δοκιμές.- Διεξάγονται επιτόπου.

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	<ul style="list-style-type: none">- Έχουν μεγάλο κόστος.- Επέρχεται καταστροφή του υλικού.- Χρειάζονται δείγματα και συνήθως δεν διενεργούνται επιτόπου.	<ul style="list-style-type: none">- Δίνουν έμμεσες παρατηρήσεις.- Εξαρτώνται πολύ από τις ικανότητες του ελεγκτή.- Δεν εξετάζουν την αντοχή του υλικού.- Υπάρχει δυσκολία ερμηνείας των ενδείξεων.
----------------------	--	---

2. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

- Ως **μέτρηση**, ορίζεται η δραστηριότητα που έχει σκοπό τον καθορισμό της τιμής ενός μεγέθους. Η μέτρηση προσδίδει έναν αριθμό σε ένα μέγεθος, με χρήση μιας αυθαίρετα συμφωνημένης τιμής μονάδας, με τέτοιο τρόπο ώστε ο αριθμός αυτός να αντιπροσωπεύει πιστά τις ιδιότητες αυτής της ποσότητας του μεγέθους.
- **Απόλυτα αληθής τιμή** ενός μεγέθους είναι μια ιδεατή τιμή, που περιγράφει τη μετρούμενη ποσότητα, αλλά ποτέ δεν είναι γνωστή.
- **Συμβατική αληθής τιμή** ορίζεται η τιμή του μεγέθους που προσεγγίζει τόσο πολύ την απόλυτα αληθή τιμή του, ώστε η διαφορά μεταξύ τους να είναι ασήμαντη.
Στην πράξη χρησιμοποιείται μόνο ο όρος **Αληθής τιμή**, ο οποίος αναφέρεται στη συμβατική αληθή τιμή.

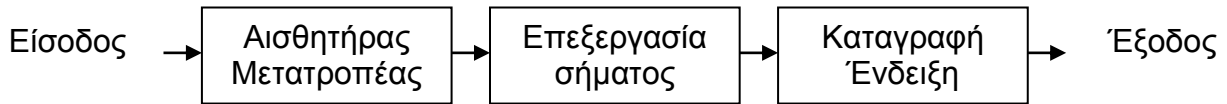
3. ΜΕΤΡΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Ο έλεγχος ποιότητας χρειάζεται εξοπλισμό μετρήσεων και δοκιμών, που αποτελείται από μετρητικά όργανα, συστήματα και υποσυστήματα.

- Το **μετρητικό σύστημα** είναι ένα λειτουργικό σύνολο συσκευών με τις οποίες είναι δυνατό να μετρήσουμε ένα μέγεθος, έτσι ώστε να αποκτήσουμε δεδομένα (μετρήσεις), τα οποία μπορούν κατόπιν να μεταδοθούν σε όργανα καταγραφής ή ένδειξης.

Τα βασικά μέρη ενός μετρητικού συστήματος είναι τρία:

- I. Ένας **αισθητήρας** (sensor) με ένα **μετατροπέα** (transducer). Ο αισθητήρας είναι το πρωταρχικό τμήμα του μετρητικού συστήματος, που έρχεται σε άμεση επαφή με τη μεταβλητή που θα μετρηθεί, για να την αναγνωρίσει. Ο μετατροπέας βρίσκεται σε άμεση σύνδεση με τον αισθητήρα και μετατρέπει το σήμα που παίρνει σε μια πιο επιθυμητή μορφή, π.χ. από θερμοκρασία σε ηλεκτρική αντίσταση.
- II. Μία **μονάδα επεξεργασίας σήματος** (signal processing unit), που είναι το ενδιάμεσο στάδιο, όπου το σήμα από τον μετατροπέα υφίσταται επεξεργασία και αποδίδεται στην έξοδο σε μια πιο εύχρηστη μορφή, π.χ. ενισχυμένη ή φιλτραρισμένη.
- III. Μία **συσκευή ένδειξης** η οποία παρέχει μια οπτική θεώρηση των αποτελεσμάτων, π.χ. μια οθόνη υγρών κρυστάλλων ή ένα **καταγραφικό**, το οποίο καταγράφει την ένδειξη για μια ορισμένη χρονική περίοδο, π.χ. μια ταινία βαθμονομημένη με ενδείξεις. Και οι δύο κατηγορίες μπορούν να χωριστούν επιπλέον, σε **αναλογικά** και **ψηφιακά** συστήματα.



Τις περισσότερες φορές τα μέρη ενός μετρητικού συστήματος δεν είναι διακριτά, καθώς περιλαμβάνονται μέσα στο ίδιο το όργανο. Σε πολύπλοκα όργανα, όμως, η διάκριση σε βασικά μέρη είναι διακριτή και μερικές φορές τα τμήματα αυτά βρίσκονται σε αρκετή απόσταση μεταξύ τους.

4. ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ - ΟΡΙΣΜΟΙ

Όταν χρειαστεί να χρησιμοποιηθεί κάποιο όργανο, πολλές φορές ερχόμαστε αντιμέτωποι με μια ορολογία, που δημιουργεί αρκετά συχνά παρεξηγήσεις στην επικοινωνία. Θα εξηγήσουμε παρακάτω κάποιους όρους που χρησιμοποιούνται ευρέως στην τεχνολογία οργάνων μέτρησης .

- **Ακρίβεια** είναι η χαρακτηριστική ιδιότητα που περιγράφει την ικανότητα του οργάνου να παρέχει ενδείξεις κατά τη μέτρηση όσο το δυνατόν πλησιέστερα προς την αληθή τιμή του μεγέθους που μετράει. Η ακρίβεια αποτελεί συγκερασμό:

της **ορθότητας** (accuracy) που είναι η ικανότητα του οργάνου να δίνει ενδείξεις που, κατά μέσο όρο, είναι όσο το δυνατόν πλησιέστερα προς την αληθή τιμή του μετρούμενου μεγέθους και

της **πιστότητας** (precision) η οποία εκφράζει την ικανότητα του οργάνου να δίνει ίδια αποτελέσματα ή αποτελέσματα με πολύ μικρή απόκλιση μεταξύ τους για ανεξάρτητες μετρήσεις, κάτω από συμφωνημένες συνθήκες.

- **Επαναληψιμότητα** (repeatability) ενός οργάνου είναι η ικανότητά του να δείχνει τις ίδιες ενδείξεις για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις της ίδιας τιμής του μεγέθους που μετριέται, κάτω από τις ίδιες συνθήκες, τις ίδιες μεθόδους μέτρησης και τον ίδιο χειριστή, σε μετρήσεις που λαμβάνονται ανά σύντομα χρονικά διαστήματα (δηλαδή η πιστότητα, κάτω από επαναλήψιμες συνθήκες).

- **Αναπαραγωγιμότητα** (reproducibility) ενός οργάνου είναι η ικανότητά του να δείχνει τις ίδιες ενδείξεις για τις μετρήσεις της ίδιας τιμής του μεγέθους που μετριέται, κάτω από τις ίδιες συνθήκες και μεθόδους μέτρησης, αλλά από άλλο χειριστή, σε μετρήσεις που γίνονται σε διαφορετικά εργαστήρια (δηλαδή η πιστότητα, κάτω από αναπαραγωγίσιμες συνθήκες).

- **Διακρίβωση** οργάνου είναι το σύνολο εκείνων των διεργασιών που έχουν σαν σκοπό τον προσδιορισμό των τιμών σφάλματος ενός μετρητικού οργάνου και αν καταστεί αναγκαίο, τον προσδιορισμό άλλων μετρολογικών ιδιοτήτων του εν λόγω οργάνου.

Σύμφωνα με το Λεξικό Βασικών και Γενικών Μετρολογικών Όρων, καλείται *διακρίβωση* το σύνολο των διαδικασιών που καθορίζουν, κάτω από καθορισμένες συνθήκες, τη σχέση μεταξύ τιμών ποσοτήτων που καταδεικνύονται από ένα μετρητικό σύστημα ή τιμών που αντιπροσωπεύουν μέτρηση υλικού και των αντίστοιχων τιμών που υλοποιούνται από τα πρότυπα.

Η ιδέα με την οποία λειτουργεί η διακρίβωση είναι η σύγκριση του οργάνου με κάποιο πρότυπο μεγαλύτερης ακρίβειας (3-10 φορές) από το δοσμένο όργανο, με ειδικές για την κάθε περίπτωση τεχνικές και μεθόδους.

- **Βαθμονόμηση** οργάνου είναι η εγγραφή ενδείξεων στην κλίμακα ενός οργάνου με βάση ένα γνωστής ακρίβειας μέγεθος της ιδιότητας που μετράει το όργανο. Η βαθμονόμηση

εμπεριέχεται στη διακρίβωση, καθώς με τη διακρίβωση βαθμονομείται το υπό διακρίβωση όργανο, συγκρινόμενο με το πρότυπο. Πολλοί κατασκευαστές οργάνων αναφέρονται στη διακρίβωση με τον αγγλικό όρο calibration, ενώ άλλοι με τον ίδιο όρο αναφέρονται στη βαθμονόμηση.

- **Μικρομετρική ρύθμιση ή «σταντάρισμα»** ενός οργάνου είναι ο μηδενισμός της ένδειξης του πριν αυτό αρχίσει να μετρά ή η ρύθμιση της ένδειξης με βάση κάποιο κατασκευαστικό πρότυπο, ώστε αυτό να δείχνει μια συγκεκριμένη τιμή σε μια θέση. Αυτό δεν είναι διακρίβωση, επειδή αφορά ρύθμιση σε μια μόνο θέση και όχι σε όλο το εύρος του.

5. ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΤΟΥ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ (SI)

Για το Διεθνές Σύστημα (SI) ορίστηκαν 7 **βασικές μονάδες μέτρησης**, για τις οποίες ορίστηκαν τα αντίστοιχα πρότυπα:

1. Μονάδα μήκους είναι το **μέτρο** (m), που ορίζεται ως η απόσταση που διανύει το φως στο κενό σε χρονικό διάστημα $1/299.792.458$ δευτερόλεπτα (1983).
2. Μονάδα μάζας είναι το **χιλιόγραμμα** (kg), το οποίο δεν ορίζεται με βάση κάποια φυσική σταθερά και είναι η μόνη μονάδα μέτρησης που εκφράζεται ακόμη με φυσικό ανάλογο. Το χιλιόγραμμα είναι η μάζα ενός κυλίνδρου από κράμα ιριδίου - λευκόχρυσου (10%-90% αντίστοιχα), με διάμετρο και ύψος ίσης ονομαστικής τιμής 39 mm, τιμής πυκνότητας 21500 kg/m^3 , ο οποίος φυλάσσεται στο Διεθνές Γραφείο Μέτρων και Σταθμών στο Παρίσι (1901).
3. Μονάδα χρόνου είναι το **δευτερόλεπτο** (s), που ορίζεται ως η διάρκεια 9.192.631.770 περιόδων ακτινοβολίας που αντιστοιχεί στη μετάπτωση ανάμεσα στις δύο υπέρλεπτες στάθμες της βασικής κατάστασης του ατόμου του χημικού στοιχείου καίσιο Cs-133, κάτω από απόλυτα καθορισμένες συνθήκες συντονισμού (1967).
4. Μονάδα έντασης ηλεκτρικού ρεύματος είναι το **αμπέρ** (A), που ορίζεται ως η ένταση σταθερού ηλεκτρικού ρεύματος το οποίο αν διαρρέει δύο ευθύγραμμους παράλληλους αγωγούς απείρου μήκους και αμελητέας διατομής, τοποθετημένους στο κενό και σε απόσταση 1 μέτρου μεταξύ τους, δημιουργεί δύναμη μεταξύ των αγωγών $2 \cdot 10^{-7}$ Newton ανά μέτρο μήκους (1948).
5. Μονάδα θερμοδυναμικής θερμοκρασίας είναι ο **βαθμός Κέλβιν** (K), που ορίζεται ως το $1/273,16$ της θερμοδυναμικής θερμοκρασίας του τριπλού σημείου του νερού (1967). Επίσης χρησιμοποιείται και ο βαθμός Κελσίου ($^{\circ}\text{C}$) που ορίζεται ως $t(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - T_0$ όπου εξ ορισμού T_0 είναι η θερμοκρασία 273,15 K.
6. Μονάδα ποσότητας ύλης είναι το **mole** (mol), που ορίζεται ως το ποσό της ύλης ενός συστήματος που περιέχει τόσες στοιχειώδης οντότητες όσα άτομα υπάρχουν σε 12 γραμμάρια του ισοτόπου του άνθρακα C-12.
7. Μονάδα φωτεινής έντασης είναι η **καντέλα** (cd), που ορίζεται ως η ένταση φωτεινής ακτινοβολίας σε ορισμένη κατεύθυνση μιας πηγής που εκπέμπει μονοχρωματική ακτινοβολία συχνότητας $540 \cdot 10^{12}$ Hz και της οποίας η ένταση ακτινοβολίας στην κατεύθυνση αυτή είναι $1/683 \text{ W/sr}$ (1979).

Επίσης έχουν ορισθεί και δύο **συμπληρωματικές μονάδες** του Διεθνούς Συστήματος:

1. Μονάδα επίπεδης γωνίας είναι το **ακτίνιο** radian (rad), που ορίζεται ως η επίπεδη γωνία ανάμεσα σε δύο ακτίνες κύκλου οι οποίες αποκόπτουν στην περιφέρεια του κύκλου τόξο με μήκος ίσο της ακτίνας.
2. Μονάδα στερεάς γωνίας είναι το **στερεακτίνιο** steradian (sr), που ορίζεται η στερεά γωνία, η οποία, έχοντας την κορυφή της στο κέντρο μιας σφαίρας, τέμνει ένα τμήμα από την επιφάνεια

αυτής με εμβαδόν ίσο με το εμβαδόν του τετραγώνου που έχει πλευρές με μήκος ίσο με το μήκος της ακτίνας της σφαίρας.

Οι **παράγωγες μονάδες** εξάγονται από τις 7 βασικές μονάδες (ο τρόπος εξαγωγής εξαρτάται από τον ορισμό του φυσικού μεγέθους που πρέπει να μελετηθεί), εκφράζονται αλγεβρικά σε συνάρτηση με τις βασικές ή τις συμπληρωματικές μονάδες και τα σύμβολά τους προκύπτουν με τη χρήση των μαθηματικών συμβόλων του πολλαπλασιασμού και της διαίρεσης, π.χ. μονάδα δύναμης $N = \text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$.

6. ΥΠΟΔΙΑΙΡΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΤΟΥ SI

Οι υποδιαίρεσεις και τα πολλαπλάσια των μονάδων του Διεθνούς Συστήματος είναι πολύ εύκολο να εξαχθούν, μιας και το μετρικό σύστημα είναι δεκαδικό. Αυτό φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Ακριβής αριθμός	Δύναμη του 10	Πρόθεμα	Σύμβολο
1.000.000.000.000.000.000	10^{18}	Exa	E
1.000.000.000.000.000	10^{15}	Peta	P
1.000.000.000.000	10^{12}	Tera	T
1.000.000.000	10^9	Giga	G
1.000.000	10^6	Mega	M
1.000	10^3	kilo	k
100	10^2	hecto	h
10	10^1	deca	da
1	10^0		
0,1	10^{-1}	deci	d
0,01	10^{-2}	centi	c
0,001	10^{-3}	milli	m
0,000001	10^{-6}	micro	μ
0,000000001	10^{-9}	nano	n
0,0000000000001	10^{-12}	pico	p
0,0000000000000001	10^{-15}	femto	f
0,000000000000000001	10^{-18}	atto	a

➤ Τρόπος γραφής

Στο πρότυπο ΕΛΟΤ 100 τυποποιήθηκαν οι κανόνες για τη γραφή των συμβόλων των μονάδων. Σύμφωνα, λοιπόν, με αυτό τον τρόπο τυποποίησης τα σύμβολα των μονάδων θα πρέπει να γράφονται πάντα με όρθια γραφή, ανεξάρτητα από το είδος των γραμμάτων που χρησιμοποιούνται στο υπόλοιπο κείμενο, χωρίς τελική τελεία (εκτός αν βρίσκονται στο τέλος της πρότασης), όχι στον πληθυντικό, αλλά χρησιμοποιώντας μόνο τα γράμματα της αλφαβήτου με τα οποία περιγράφεται η μονάδα (μικρά ή κεφαλαία).

Αν χρησιμοποιούνται παράγωγες μονάδες, ακολουθείται μαθηματικός τρόπος γραφής όσον αφορά τις γραμμές που συμβολίζουν διαιρέσεις, π.χ. για την ταχύτητα μπορεί να γραφεί: m/s ή ms^{-1} .

7. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ - ΟΡΓΑΝΑ

ΕΙΔΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται σε ένα εργαστήριο ελέγχου ποιότητας τροφίμων, πρέπει να είναι μιας ικανοποιητικής προδιαγραφής για τον προοριζόμενο σκοπό και να διατηρείται σε μια κατάσταση συντήρησης και διακρίβωσης, σύμφωνης με τη χρήση του. Ο εξοπλισμός που βρίσκεται στο εργαστήριο μπορεί να ταξινομηθεί ως εξής:

1. Γενικός ή βοηθητικός εξοπλισμός. Είναι ο εξοπλισμός που δεν χρησιμοποιείται για την παραγωγή μετρήσεων ή που έχει την ελάχιστη επιρροή στις περισσότερες από αυτές. Η συντήρησή του περιορίζεται, ανάλογα με τις ανάγκες, μόνο στον καθαρισμό του και στους ελέγχους ασφάλειας, ενώ η διακρίβωσή του ή οι έλεγχοι απόδοσης, είναι απαραίτητοι όπου η ρύθμιση του εξοπλισμού μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις στη δοκιμή ή στο αναλυτικό αποτέλεσμα, όπως για παράδειγμα η θερμοκρασία ενός κλιβάνου ή ενός λουτρού σταθερής θερμοκρασίας. Στο εργαστήριο ελέγχου ποιότητας τροφίμων τέτοιος εξοπλισμός είναι οι μύλοι, οι ομογενοποιητές, οι κλίβανοι, οι ξηραντήρες, τα υδατόλουτρα, οι αναδευτήρες, τα μη ογκομετρικά γυάλινα σκεύη κ.α. Επίσης, σαν βοηθητικός χαρακτηρίζεται και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο, τη μέτρηση και την καταγραφή των περιβαλλοντικών συνθηκών.

2. Μετρητικός εξοπλισμός. Είναι ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για τις μετρήσεις που γίνονται κατά τη διάρκεια της διεξαγωγής των ελέγχων και των αναλύσεων, προκειμένου να εξαχθούν τα αποτελέσματα. Η ορθή χρήση του συγκεκριμένου εξοπλισμού είναι κρίσιμη για τις αναλυτικές μετρήσεις και επομένως πρέπει να χρησιμοποιείται σωστά, να διατηρείται, να συντηρείται και να διακριβώνεται ανάλογα.

Η απόδοση κάποιων ογκομετρικών γυάλινων σκευών, εξαρτάται από ορισμένους ιδιαίτερους παράγοντες, οι οποίοι μπορούν να επηρεαστούν από διάφορες μεθόδους, όπως είναι ο καθαρισμός. Για παράδειγμα, η απόδοση των πυκνομέτρων, των ιξωδόμετρων τριχοειδούς σωλήνα, των σιφωνίων και των προχοϊδων εξαρτάται από το αν αυτά είναι βρεγμένα και από τα χαρακτηριστικά της επιφανειακής τάσης. Έτσι, οι διαδικασίες καθαρισμού πρέπει να επιλεγούν με τρόπο, ώστε να μην επηρεάζονται αυτοί οι παράγοντες.

Πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην πιθανότητα είτε της μόλυνσης που προκύπτει από το υλικό του ίδιου του εξοπλισμού, το οποίο μπορεί να μην είναι αδρανές, είτε της επιμόλυνσης από την προηγούμενη χρήση. Για παράδειγμα, στην περίπτωση των ογκομετρικών γυάλινων σκευών, οι διαδικασίες καθαρισμού και αποθήκευσής τους, μπορούν να είναι κρίσιμοι παράγοντες, ιδιαίτερα στις αναλύσεις προσδιορισμού ιχνών.

Η σωστή χρήση που συνδυάζεται με την περιοδική συντήρηση, τον καθαρισμό και τη διακρίβωση, δεν εξασφαλίζει απαραίτητα ότι ένα όργανο αποδίδει επαρκώς. Όπου είναι

κατάλληλο, πρέπει να πραγματοποιηθούν περιοδικοί έλεγχοι απόδοσης, όπως είναι για παράδειγμα, ο έλεγχος της απόκρισης, της σταθερότητας και της γραμμικότητας των πηγών, των αισθητήρων και των ανιχνευτών, ο έλεγχος της διαχωριστικής ικανότητας των χρωματογραφικών συστημάτων και ο έλεγχος της ακρίβειας της ανάλυσης, της ευθυγράμμισης και του μήκους κύματος των φασματοφωτόμετρων. Η συχνότητα τέτοιων ελέγχων απόδοσης διευκρινίζεται στα χρησιμοποιούμενα εγχειρίδια ή στις λειτουργικές διαδικασίες, διαφορετικά, καθορίζεται από την εμπειρία και βασίζεται στην ανάγκη, τον τύπο και την προηγούμενη απόδοση του εξοπλισμού. Τα διαστήματα μεταξύ των ελέγχων, πρέπει να είναι πιο σύντομα από το χρόνο που έχει βρεθεί στην πράξη, ότι ο εξοπλισμός παρεκκλίνει από τα αποδεκτά όρια.

Συχνά είναι δυνατό να ενσωματωθούν οι έλεγχοι απόδοσης (έλεγχοι καταλληλότητας συστημάτων) στις μεθόδους δοκιμής, όπως είναι για παράδειγμα, οι έλεγχοι βασισμένοι στα επίπεδα της αναμενόμενης απόκρισης των ανιχνευτών ή των αισθητήρων στα υλικά αναφοράς, στην ανάλυση των συστατικών μιγμάτων από τα συστήματα διαχωρισμού, στα φασματικά χαρακτηριστικά των προτύπων μέτρησης κ.α. Αυτοί, πρέπει να ολοκληρώνονται με επιτυχία πριν να χρησιμοποιηθεί ο εξοπλισμός.

Ο μετρητικός εξοπλισμός ενός εργαστηρίου ελέγχου ποιότητας τροφίμων μπορεί να αποτελείται από ογκομετρικές φιάλες, σιφώνια, προχοϊδες, ζυγούς, πυκνόμετρα, ιξωδόμετρα, ρΗμετρα, αγωγιμόμετρα, διαθλασίμετρα, θερμόμετρα, χρονόμετρα, φασματοφωτόμετρα, χρωματογράφους κ.α.

3. Πρότυπα μέτρησης. Οπουδήποτε οι φυσικές ή οι χημικές παράμετροι είναι κρίσιμες για τη σωστή απόδοση μιας συγκεκριμένης δοκιμής, το εργαστήριο πρέπει να έχει πρόσβαση στα σχετικά πρότυπα μέτρησης, ως μέσα διακρίβωσης. Τα πρότυπα υλικά μέτρησης και οποιαδήποτε συνοδευτικά πιστοποιητικά, πρέπει να αποθηκευτούν και να χρησιμοποιηθούν κατά τρόπο σύμφωνο με τη διαφύλαξη του κύρους της διακρίβωσης. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί σε οποιεσδήποτε συμβουλές αποθήκευσης που δίνονται στην τεκμηρίωση που παρέχεται με τα πρότυπα μέτρησης. Στο εργαστήριο χρησιμοποιούνται συνήθως πρότυπα βάρη, θερμόμετρα αναφοράς, πυκνόμετρα αναφοράς και πρότυπα αντιδραστήρια.

4. Υπολογιστές και επεξεργαστές δεδομένων. Στα σημερινά εργαστήρια, οι υπολογιστές έχουν μια μεγάλη ποικιλία χρήσεων, που περιλαμβάνει:

- τον έλεγχο των κρίσιμων περιβαλλοντικών συνθηκών,
- τον έλεγχο των προγραμμάτων διακρίβωσης και συντήρησης,
- τον έλεγχο αποθεμάτων,
- το σχεδιασμό και την ανάλυση των στατιστικών πειραμάτων,
- τον προγραμματισμό ανάλυσης των δειγμάτων και τον έλεγχο του ρυθμού απόδοσης της εργασίας,
- την παραγωγή διαγραμμάτων ελέγχου,
- τον έλεγχο των διαδικασιών δοκιμής,
- τον έλεγχο των αυτοματοποιημένων οργάνων,
- την καταχώρηση, αποθήκευση, ανάκτηση και επεξεργασία των δεδομένων, με το χέρι ή αυτόματα,
- το συνδυασμό των δεδομένων των δειγμάτων και της βιβλιογραφίας,
- την παραγωγή των εκθέσεων δοκιμής,
- την επικοινωνία.

Τα στοιχεία κάθε μονάδας του εξοπλισμού πρέπει να καταγραφούν και να τηρούνται με τέτοιο τρόπο ώστε, όταν είναι απαραίτητο, να υπάρχει η δυνατότητα της γρήγορης και αξιόπιστης παροχής όλων των απαιτούμενων πληροφοριών. Η καταγραφή του εξοπλισμού είναι απαραίτητη προϋπόθεση για τη σωστή διαχείριση, συντήρηση και διακρίβωσή του και το εργαστήριο πρέπει να τηρεί ένα ολοκληρωμένο αρχείο του διαθέσιμου εξοπλισμού.

Ο εξοπλισμός που έχει καταγραφεί, πρέπει στη συνέχεια να σημειωθεί κατάλληλα και με τρόπο ευδιάκριτο. Η σήμανση του εξοπλισμού περιλαμβάνει τον τύπο, τον κατασκευαστή, τα στοιχεία φυσικής απογραφής, την ένδειξη της κατάστασης διακρίβωσης, εφόσον αυτή απαιτείται και την αναφορά στους τυχόν εξουσιοδοτημένους χρήστες. Επιπλέον, αν ο εξοπλισμός είναι εκτός λειτουργίας λόγω βλάβης, εκτός ορίων διακρίβωσης ή μη διακριβωμένος ενώ προβλέπεται να είναι, θα πρέπει να υπάρχει απαγορευτική σήμανση.

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Κατά την εγκατάσταση του εξοπλισμού ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα

1. Πριν την εγκατάσταση. Λαμβάνονται οι συστάσεις του κατασκευαστή για τις απαιτήσεις των περιοχών εγκατάστασης, όπως για παράδειγμα ο διαθέσιμος χώρος, οι περιβαλλοντικές συνθήκες, η ηλεκτρική ενέργεια και η παροχή νερού και αερίων και ακολουθεί ο έλεγχος των περιοχών για τη διαπίστωση της συμμόρφωσης με τις συστάσεις. Επίσης πρέπει να υπάρχει και ένας ικανοποιητικός χώρος για τα εγχειρίδια λειτουργίας και συντήρησης, δίπλα στον εξοπλισμό.
2. Εγκατάσταση. Συγκρίνεται ο εξοπλισμός, όπως παραλαμβάνεται, με την εντολή αγοράς, συμπεριλαμβανομένου του λογισμικού, των εξαρτημάτων, των ανταλλακτικών και των εγχειριδίων λειτουργίας και συντήρησης. Ελέγχεται για οποιαδήποτε φθορά και ακολουθεί η εγκατάσταση, συμπεριλαμβανοντας και την πιθανή σύνδεση με έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή, την εγκατάσταση και τη δημιουργία αντιγράφου του ανάλογου λογισμικού και την εγκατάσταση των περιφερειακών μονάδων, όπως είναι οι εκτυπωτές ή άλλα βοηθητικά τμήματα του εξοπλισμού. Στη συνέχεια προσδιορίζεται και συντάσσεται ένας κατάλογος όλου του υλικού και του λογισμικού που έχει εγκατασταθεί, αριθμούνται και αποθηκεύονται τα εγχειρίδια λειτουργίας και συντήρησης και ετοιμάζεται η έκθεση εγκατάστασης. Ακολουθεί η τυχόν απαιτούμενη εκπαίδευση του χρήστη.
3. Λειτουργία. Καταγράφονται οι προσδοκώμενες λειτουργίες και το εύρος λειτουργίας όλων των συστημάτων. Εκτελούνται, αρχικά οι βασικές λειτουργίες του λογισμικού, χρησιμοποιώντας τα αρχεία δεδομένων που παρέχονται στο συνοδευτικό cd και στη συνέχεια εκτελούνται οι βασικές λειτουργίες ελέγχου του οργάνου και από τον υπολογιστή και από το πληκτρολόγιο της συσκευής. Στη συνέχεια ελέγχεται το τεχνικό μέρος για την κατάλληλη λειτουργία του, καταγράφονται όλες οι δοκιμές λειτουργίας και υπογράφεται το πρωτόκολλο εγκατάστασης και λειτουργίας.
4. Μετά από την εγκατάσταση. Επισυνάπτεται μια αυτοκόλλητη ετικέτα στο όργανο με τον αριθμό που του έχει αποδοθεί, τον τύπο και τον αριθμό σειράς κατασκευής, αναπτύσσεται το πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης, διακρίβωσης και επαλήθευσης της απόδοσης και τέλος ετοιμάζεται και τηρείται ένα ημερολόγιο με τις καταχωρήσεις των προβλημάτων του οργάνου.
5. Έλεγχος απόδοσης για τις αναλύσεις ρουτίνας. Συνδυάζεται ο εξοπλισμός, οι αναλυτικές μέθοδοι και τα υλικά αναφοράς σε ένα σύστημα ανάλυσης, κατάλληλο για την ανάλυση των άγνωστων δειγμάτων, καθορίζεται ο τύπος και η συχνότητα των δοκιμών καταλληλότητας των συστημάτων, εκτελούνται οι δοκιμές και καταγράφονται τα αποτελέσματα.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Σε ένα εργαστήριο ελέγχου ποιότητας υπάρχει μια πληθώρα συσκευών, οργάνων και μετρητικών συστημάτων. Ο έλεγχος του εξοπλισμού είναι μια απαίτηση για τη διασφάλιση της ποιότητας των μετρήσεων και πραγματοποιείται στον εξοπλισμό που επηρεάζει την ποιότητα των παραγόμενων αποτελεσμάτων των αναλύσεων και των δοκιμών. Για να διαπιστωθεί ποιος είναι αυτός, πρέπει να μελετηθεί προσεκτικά όλη η αναλυτική διαδικασία και απαιτείται η γνώση όλων των παραμέτρων των διαδικασιών λειτουργίας του εργαστηρίου. Ο αποκλεισμός εξοπλισμού από

τη διαδικασία ελέγχου, πρέπει να γίνεται μόνο όταν υπάρχει η σχετική βεβαιότητα πως αυτός δεν επηρεάζει την ποιότητα των μετρήσεων.

Αφού αποφασιστεί ποιος εξοπλισμός θα ελεγχθεί, ακολουθεί η τεκμηρίωση και εφαρμογή δύο συστημάτων, της συντήρησης και της διακρίβωσης του εξοπλισμού.

Η συντήρηση του εξοπλισμού αποσκοπεί στην εξασφάλιση της εύρυθμης και απρόσκοπτης λειτουργίας του εργαστηρίου, συμβάλλοντας σημαντικά στη διατήρηση της τεχνικής επάρκειας και της δυνατότητας του εργαστηρίου να προσφέρει υπηρεσίες. Αντιμετωπίζεται ως σημαντική λειτουργία και πρέπει να εκτελείται με συνέπεια από εξουσιοδοτημένο και καταρτισμένο προσωπικό, δεδομένου πως απευθύνεται στη διαχείριση κρίσιμων πάγιων υλικών, συνήθως μεγάλης αξίας.

Το σύστημα για τη συντήρηση, περιλαμβάνει τους ελέγχους και τις συντηρήσεις του εξοπλισμού και διακρίνεται σε έκτακτη ή διορθωτική και σε τακτική ή προγραμματισμένη.

8. ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗ

Σε ένα εργαστήριο ελέγχου ποιότητας τροφίμων, όλος ο χρησιμοποιούμενος μετρητικός εξοπλισμός, που επηρεάζει την ποιότητα των μετρήσεων, πρέπει να είναι διακριβωμένος. Η διακρίβωση του εξοπλισμού είναι μια ιδιαίτερα απαιτητική διαδικασία και η κατάρτιση του ανάλογου σχεδίου πρέπει να είναι αποτέλεσμα προσεκτικής μελέτης όλων των εμπλεκόμενων παραγόντων.

Σε ένα εργαστήριο ελέγχου ποιότητας τροφίμων, οι αναλυτικές δοκιμές μπορούν να υποδιαιρεθούν, σε γενικές κατηγορίες ανάλογα με τον τύπο διακρίβωσης που απαιτείται:

1. Μερικές αναλυτικές δοκιμές εξαρτώνται αυστηρά από τη μέτρηση φυσικών ιδιοτήτων, όπως είναι η μέτρηση βάρους και η μέτρηση όγκου. Η διακρίβωση των οργάνων, πραγματοποιείται με πρότυπα μέτρησης.
2. Οι συσκευές, όπως οι χρωματογράφοι και τα φασματοφωτόμετρα, διακριβώνονται χρησιμοποιώντας υλικά αναφοράς γνωστής σύνθεσης, όπως για παράδειγμα διαλύματα πιστοποιημένων καθαρών χημικών ουσιών. Επιπλέον, πρέπει να προγραμματιστεί και η διακρίβωση των μετρητικών συσκευών που χρησιμοποιούνται για την επιβεβαίωση της καθαρότητας ή της ποσοτικής συγκέντρωσης των χημικών προτύπων.
3. Όπου μια δοκιμή χρησιμοποιείται για να μετρήσει μια ιδιότητα ενός δείγματος, όπως είναι για παράδειγμα το σημείο βρασμού, ο εξοπλισμός συχνά καθορίζεται από μια διεθνή ή εθνική τυποποιημένη μέθοδο και πρέπει να χρησιμοποιηθούν, ιχνηλατίσιμα υλικά αναφοράς για τη διακρίβωσή του. Ο πρόσφατα αποκτημένος εξοπλισμός πρέπει επίσης να διακριβωθεί πριν από τη χρήση του, για να εξασφαλιστεί η συμμόρφωση με τις συγκεκριμένες απαιτήσεις σχεδίασης και απόδοσης.
4. Σε μερικές περιπτώσεις, η διακρίβωση ολόκληρης της αναλυτικής διαδικασίας μπορεί να πραγματοποιηθεί, με τη σύγκριση της μέτρησης ενός δείγματος με τη μέτρηση που λαμβάνεται από ένα κατάλληλο υλικό αναφοράς που έχει υποβληθεί στην ίδια πλήρη αναλυτική διαδικασία με το δείγμα. Το υλικό αναφοράς μπορεί να είναι είτε ένα συνθετικό μίγμα που προετοιμάζεται στο εργαστήριο από υλικά γνωστής και επικυρωμένης καθαρότητας, είτε ένα αγορασμένο επικυρωμένο υλικό αναφοράς. Σε αυτές τις περιπτώσεις, πρέπει να βεβαιωθεί μια στενή αντιστοιχία μεταξύ του δείγματος δοκιμής και του υλικού αναφοράς, από την άποψη της φύσης της σύνθεσης του υλικού και της συγκέντρωσης του αναλυόμενου συστατικού.

ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑ

Κατά τη μέτρηση κάποιου μεγέθους με ένα συγκεκριμένο όργανο και την απόδοση μιας τιμής, πρέπει να υπάρχει η βεβαιότητα ότι το όργανο έχει ελεγχθεί ως προς την ακρίβειά του, με ένα άλλο όργανο ή πρότυπο μεγαλύτερης ακρίβειας, το οποίο με τη σειρά του έχει ελεγχθεί με ένα άλλο ακόμη μεγαλύτερης ακρίβειας κ.ο.κ. Έτσι μπορεί να αποδειχτεί πως οι τελικές μετρήσεις ιχνηλατούνται στο διεθνές πρότυπο, το οποίο ορίζει τη μονάδα μέτρησης.

Η ιχνηλασιμότητα σαν όρος περιλαμβάνει την αδιάσπαστη αλυσίδα συγκρίσεων, από την τελική μέτρηση μέχρι το διεθνές πρότυπο, τον υπολογισμό της αβεβαιότητας της μέτρησης για κάθε κρίκο της αλυσίδας αλλά και για το σύνολο των συγκρίσεων, την τεκμηρίωση των διαδικασιών με βάση τις οποίες εκτελέστηκε η σύγκριση προτύπου και οργάνου μέτρησης, την απόδειξη της τεχνικής ικανότητας των εργαστηρίων που ενεπλάκησαν και την αναφορά στις μονάδες του Διεθνούς Συστήματος SI. Η ιχνηλασιμότητα είναι ιδιαίτερα σημαντική, επειδή παρέχει το σύνδεσμο που εξασφαλίζει ότι οι μετρήσεις που γίνονται σε διαφορετικά εργαστήρια ή σε διαφορετικούς χρόνους μπορούν να είναι συγκρίσιμες.

Η ιχνηλασιμότητα των χημικών μετρήσεων είναι συχνά δύσκολο να επιτευχθεί και ακόμα πιο δύσκολο να επιδειχθεί με επάρκεια. Μεταξύ των λόγων είναι:

- Η πολυπλοκότητα των διαδικασιών προετοιμασίας.
- Οι δυσκολίες στην καθιέρωση της ταυτότητας των χημικών ουσιών.
- Οι δυσκολίες στον καθορισμό της καθαρότητας των ουσιών.
- Η εξάρτηση της μεθόδου από τα αποτελέσματα άλλων ποσοτικών και αναλυτικών μετρήσεων.

ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΑΝΑΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ

Ο εξοπλισμός των μετρήσεων και τα πρότυπα μέτρησης ή τα υλικά αναφοράς πρέπει να επαναδιακρίβωνονται κατά διαστήματα ανάλογα με τη χρήση τους. Η συχνότητα διακρίβωσης δεν μπορεί να προκαθοριστεί. Κατά την πρώτη διακρίβωση, προδιαγράφεται η συχνότητα και εφόσον μετά από έναν διαδοχικό αριθμό διακρίβώσεων δεν παρατηρηθεί απόκλιση της μέσης τιμής των μετρήσεων, η συχνότητα των διακρίβώσεων μπορεί να μειωθεί. Έτσι, μόνο ιστορικά στοιχεία μπορούν να επιβεβαιώσουν την ορθότητα των διαστημάτων επαναδιακρίβωσης.

Ο υπολογισμός αυτών των διαστημάτων πρέπει να γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τους παρακάτω παράγοντες:

1. Τον τύπο του εξοπλισμού.
2. Τις συστάσεις του κατασκευαστή.
3. Τα δεδομένα ακρίβειας από προηγούμενα αρχεία διακρίβώσεων.
4. Τα δεδομένα από το καταγεγραμμένο ιστορικό της συντήρησης.
5. Την έκταση και την ένταση της χρήσης.
6. Την έκθεση σε φθορά και την τάση που παρουσιάζει για φθορά.
7. Τη συχνότητα επαληθεύσεων με άλλα ομοειδή όργανα.
8. Τις περιβαλλοντικές επιδράσεις.
9. Την ζητούμενη ακρίβεια της μέτρησης.
10. Το κόστος.

ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ

Κύρια απαίτηση της διακρίβωσης είναι η καθαριότητα του χώρου, του δοκιμίου και του προτύπου που θα χρησιμοποιηθεί. Η ύπαρξη σκόνης, τροποποιεί τις ιδιότητες του προτύπου και τις μετρολογικές ιδιότητες των οργάνων και αν εισέλθει σε ευαίσθητες συσκευές υψηλής ακρίβειας, μπορεί να προξενήσει καταστροφές.

Η διατήρηση των προτύπων πρέπει να γίνεται σε ειδικούς χώρους, προστατευμένους από οποιεσδήποτε συνθήκες, όπως θερμοκρασίας, υγρασίας, κραδασμών και ηλεκτρομαγνητικών πεδίων, που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τις ιδιότητες, την ακρίβεια και την επίδοσή τους.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη θερμοκρασία, καθώς έχει σημαντική επιρροή στην ακρίβεια της μέτρησης. Έτσι είναι απαραίτητη η αποκατάσταση θερμικής ισορροπίας μεταξύ δοκιμίου και προτύπου, με τον κοινό εγκλιματισμό τους για όσο χρόνο απαιτείται.

Ο χειρισμός των δοκιμίων και ιδιαίτερα των προτύπων δεν πρέπει να γίνεται με γυμνά χέρια, καθώς με τον τρόπο αυτό μεταφέρεται σε αυτά η θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος (~37°C) και έτσι μεταβάλλεται η θερμοκρασία που είναι απαραίτητη για τη διακρίβωση (π.χ. 20°C).

9. ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

ΜΕΤΡΗΣΗ

Η μέτρηση είναι μια ενέργεια που πραγματοποιείται, με σκοπό να διαπιστωθεί πόσες φορές μια άγνωστη ποσότητα ενός μεγέθους, περιέχει μια συγκεκριμένη και ορισμένη ομοειδή ποσότητα, που ονομάζεται μονάδα μέτρησης. Στο Διεθνές Σύστημα SI έχουν οριστεί 7 βασικές μονάδες μέτρησης και 2 συμπληρωματικές και από αυτές προκύπτουν οι διάφορες παράγωγες μονάδες μέτρησης.

Για τη διενέργεια μιας μέτρησης, απαιτούνται διάφορα όργανα, σκευή ή γενικότερα μετρητικά συστήματα, που να έχουν την τεχνική δυνατότητα να ανιχνεύσουν, να επεξεργαστούν και να παρουσιάσουν την τιμή μιας μέτρησης. Τα βασικά μέρη ενός μετρητικού συστήματος είναι τρία: ο αισθητήρας με έναν μετατροπέα, η μονάδα επεξεργασίας σήματος και η συσκευή ένδειξης ή το καταγραφικό.

Η απόλυτα αληθής τιμή ενός μεγέθους είναι μια ιδεατή τιμή, που περιγράφει τη μετρούμενη ποσότητα, αλλά ποτέ δεν είναι γνωστή. Έτσι, αντί αυτού του όρου χρησιμοποιείται ο όρος συμβατική αληθής τιμή που ορίζεται ως η τιμή του μεγέθους που προσεγγίζει τόσο πολύ την αληθή τιμή, ώστε η διαφορά μεταξύ τους να είναι ασήμαντη. Στην πράξη, χρησιμοποιείται τελικά ο όρος αληθής τιμή, ο οποίος αναφέρεται στη συμβατική αληθή τιμή.

Ειδικότερα, η ακρίβεια ενός μετρητικού συστήματος είναι η ικανότητά του να παρέχει κατά τη μέτρηση ενδείξεις, όσο το δυνατό πλησιέστερα προς την αληθή τιμή, του μεγέθους που μετριέται. Είναι συγκερασμός της ορθότητας, η οποία αποτελεί δείγμα συμμόρφωσης του συστήματος, αφού αναφέρεται στην ικανότητα να δίνει κατά μέσο όρο τιμές κοντά στην αληθή τιμή και της πιστότητας, η οποία είναι ένα μέτρο της διασποράς των μετρήσεων που πραγματοποιούνται αρκετές φορές κάτω από τις ίδιες συνθήκες.

ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Κατά την αναλυτική διαδικασία, υπάρχουν πολλοί παράγοντες, που επηρεάζουν την ακρίβεια της μέτρησης και του τελικού αποτελέσματος και η ανακρίβεια της μέτρησης που προκύπτει, ονομάζεται σφάλμα. Μερικές από τις πηγές των σφαλμάτων μέτρησης παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πηγή	Αιτία
Μετρητικό όργανο	Ασυνέχεια στη μετατροπή σήματος από αναλογικό σε ψηφιακό Αδράνεια του οργάνου ή υστέρηση του οργάνου Τριβή των μηχανικών μερών του οργάνου Κακή ρύθμιση του οργάνου Κακή επιλογή σημείου αναφοράς
Πρότυπο	Σφάλματα στη διακρίβωση προτύπου Φθορά προτύπου
Περιβαλλοντικές συνθήκες	Εσωτερικές διαταραχές του οργάνου λόγω μεταβολής συνθηκών περιβάλλοντος (θερμοκρασία, υγρασία κλπ.)
Μέθοδος μέτρησης	Λανθασμένη μέθοδος μέτρησης Λάθος τοποθέτηση ή φόρτωση οργάνου Λάθος διάταξη μέτρησης
Ανθρώπινοι παράγοντες	Χειριστής Κακή θέση ανάγνωσης του οργάνου (σφάλμα παράλλαξης)

Τα σφάλματα της μέτρησης διακρίνονται σε τυχαία και συστηματικά.

Το τυχαίο σφάλμα, σε μια σειρά επαναλαμβανόμενων μετρήσεων του ίδιου μεγέθους, μεταβάλλεται κατά μη προβλεπόμενο τρόπο και οφείλεται σε αστάθμητους παράγοντες, οι οποίοι δεν είναι δυνατό να εξουδετερωθούν. Έτσι, το τυχαίο σφάλμα είναι το συνολικό αποτέλεσμα πολλών σφαλμάτων, μερικά από τα οποία μπορεί να είναι:

1. Σφάλματα που οφείλονται σε διαφορές μεταξύ των μετρούμενων δειγμάτων.
2. Σφάλματα που οφείλονται σε διαφορές των μετρήσεων των ίδιων δειγμάτων, από διαφορετικούς αναλυτές.
3. Σφάλματα που οφείλονται σε διαφορές μεταξύ μετρήσεων που πραγματοποιούνται σε διαφορετικά εργαστήρια.
4. Σφάλματα που οφείλονται σε διαφορές μεταξύ επαναλαμβανόμενων μετρήσεων των ίδιων δειγμάτων, οι οποίες γίνονται από τον ίδιο χειριστή, με το ίδιο όργανο, την ίδια μέθοδο και στο ίδιο εργαστήριο, λόγω αλλαγής των περιβαλλοντικών συνθηκών από τη μία μέτρηση στην άλλη.
5. Σφάλματα που οφείλονται στο ίδιο το όργανο ή στην ίδια τη μέθοδο μέτρησης, δηλαδή στην ενδογενή μεταβλητότητα των μετρήσεων με το ίδιο όργανο και την ίδια μέθοδο, που πραγματοποιείται σε σύντομα χρονικά διαστήματα, στα ίδια δείγματα από τον ίδιο αναλυτή και στο ίδιο εργαστήριο, όπου θεωρείται πως οι περιβαλλοντικές συνθήκες δεν μεταβάλλονται.

Τα τυχαία σφάλματα του πρώτου είδους χαρακτηρίζουν τη μεταβλητότητα του προϊόντος, ενώ τα υπόλοιπα χαρακτηρίζουν την πιστότητα, δηλαδή την αναπαραγωγιμότητα και την επαναληψιμότητα του μετρητικού συστήματος ή της μεθόδου ανάλυσης.

Ο υπολογισμός των τυχαίων σφαλμάτων γίνεται με τη θεωρία των πιθανοτήτων.

Το συστηματικό σφάλμα, σε μια σειρά επαναλαμβανόμενων μετρήσεων του ίδιου μεγέθους, παραμένει σταθερό ή μεταβάλλεται κατά προβλεπόμενο τρόπο, είτε από γνωστές είτε από άγνωστες αιτίες και επομένως μπορεί να ληφθεί υπόψη και να γίνουν οι αντίστοιχες διορθώσεις. Το σφάλμα αυτό εκφράζει την ορθότητα του μετρητικού συστήματος. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων έχουν ικανοποιητική πιστότητα αλλά βρίσκονται εκτός του στόχου. Ένα παράδειγμα είναι η περίπτωση ενός σιφωνίου μέτρησης όγκου, το οποίο στην πράξη μετρά λάθος όγκο, αλλά κάθε φορά θα δίνει το ίδιο αποτέλεσμα.

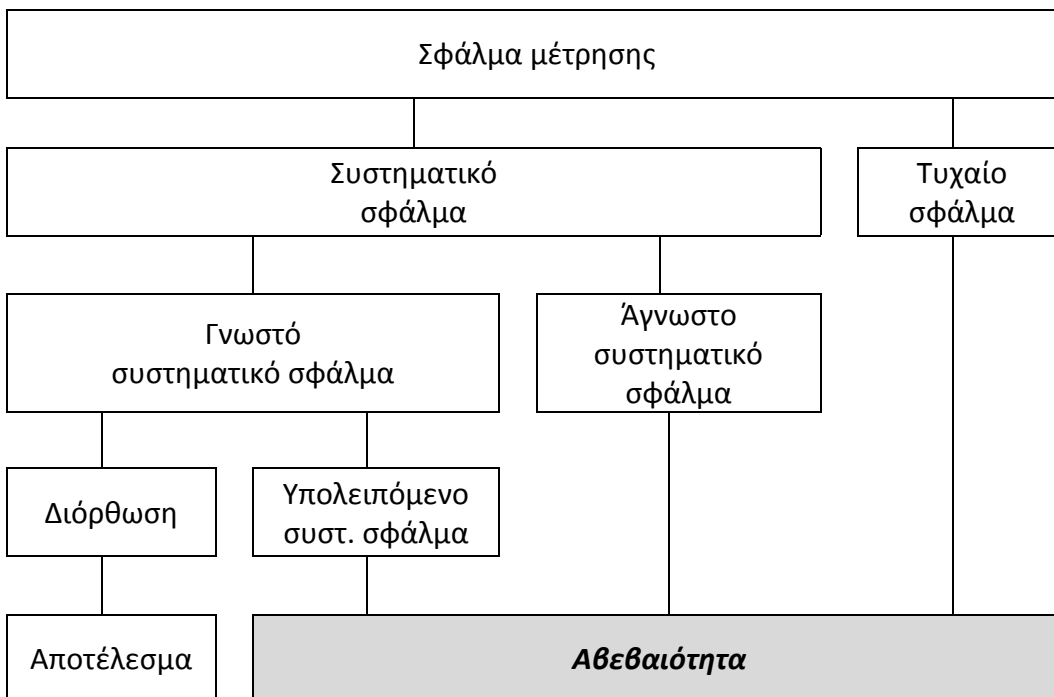
Τα συστηματικά σφάλματα, μπορούν να παρουσιάζονται ως:

1. Σταθερά συστηματικά σφάλματα, που έχουν την ίδια επαναλαμβανόμενη τιμή σε κάθε μέτρηση.
2. Γραμμικά συστηματικά σφάλματα, που παρουσιάζουν αύξουσα ή φθίνουσα γραμμική τάση από μέτρηση σε μέτρηση.
3. Περιοδικά συστηματικά σφάλματα, που παρουσιάζονται περιοδικά από μέτρηση σε μέτρηση.
4. Σύνθετα συστηματικά σφάλματα.

Τα συστηματικά σφάλματα υπολογίζονται συνήθως με την εφαρμογή φυσικών σχέσεων.

ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Ο σκοπός μίας μέτρησης είναι να υπολογίσει την τιμή ενός μεγέθους, αλλά το αποτέλεσμα της είναι μόνο μία εκτίμηση του μεγέθους και είναι ολοκληρωμένο μόνο όταν δίνεται μαζί και η αβεβαιότητα αυτής της εκτίμησης. Σε κάθε μέτρηση, όσο καλά και να έχει οργανωθεί και εκτελεσθεί, περιέχονται πάντα σφάλματα, που προκύπτουν κατά τη διάρκεια των διαφόρων σταδίων της δειγματοληψίας και της ανάλυσης, όπως είναι η ανομοιογένεια των δειγμάτων, η επίδραση της θερμοκρασίας στον ογκομετρικό εξοπλισμό, οι μεταβολές της τάσης στην παροχή ηλεκτρικού ρεύματος και η ερμηνεία των μεθόδων από τους ανεξάρτητους αναλυτές. Ακόμη και αν είναι γνωστά μερικά από τα συστηματικά σφάλματα και μπορεί να υπολογισθεί η διόρθωσή τους, πάντα θα παραμένει ένα υπόλοιπο σφάλματος, που προέρχεται από τα άγνωστα τυχαία σφάλματα, την ατελή διόρθωση των γνωστών συστηματικών σφαλμάτων και από τα άγνωστα συστηματικά σφάλματα, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

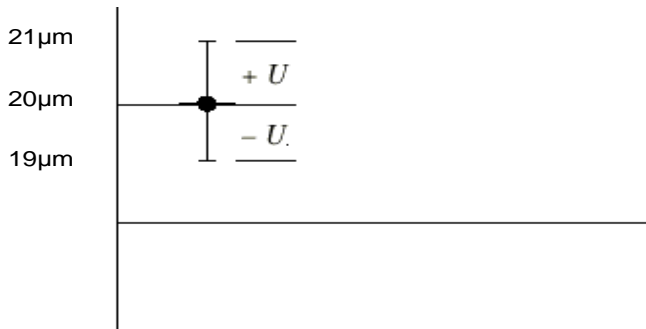


Η ακριβής απόκλιση της μέτρησης από την αληθή τιμή, δεν είναι δυνατό να υπολογισθεί, επειδή διαφορετικοί παράγοντες ποικίλλουν από μέτρηση σε μέτρηση και η επίδραση του κάθε παράγοντα στο αναλυτικό αποτέλεσμα δεν είναι ποτέ ακριβώς γνωστή. Έτσι, πρέπει να υπολογισθεί το πιθανό εύρος απόκλισης από την αληθή τιμή.

Η αβεβαιότητα της μέτρησης προσδιορίζει το εύρος τιμών, εκατέρωθεν της μετρούμενης τιμής, μέσα στο οποίο εκτιμάται πως βρίσκεται η αληθής τιμή του μετρούμενου μεγέθους, σε ένα καθορισμένο επίπεδο εμπιστοσύνης. Εκφράζεται ως τυπική απόκλιση ή υπολογισμένο

πολλαπλάσιο της τυπικής απόκλισης και αποτελεί μία παράμετρο έκφρασης της αξιοπιστίας του αποτελέσματος της μέτρησης.

Για παράδειγμα, κατά τη χρήση ενός μικρομέτρου για τη μέτρηση του μήκους ενός αντικειμένου, αν η ένδειξη του οργάνου είναι $20\mu\text{m}$ και η αβεβαιότητα της μέτρησης είναι γνωστή, $\pm 1\mu\text{m}$ (2σ), σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, αυτό σημαίνει πως η αληθής τιμή του μήκους του αντικειμένου, βρίσκεται στο διάστημα ($19\mu\text{m}$, $21\mu\text{m}$) με πιθανότητα 95%, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Ο υπολογισμός και η δήλωση της αβεβαιότητας της μέτρησης, είναι αναγκαία επειδή παρέχει τη δυνατότητα για τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων σε ίδια δείγματα, για τον έλεγχο των αποκλίσεων από τις προδιαγραφές, για τον έλεγχο της συμμόρφωσης με τα ανώτατα ή κατώτατα επιτρεπτά όρια και επιπλέον, επειδή μεταβιβάζει στον πελάτη την ποιότητα της μέτρησης.

Για τον υπολογισμό της τιμής της αβεβαιότητας μιας μέτρησης πρέπει να προσδιοριστούν και να ληφθούν υπόψη όλες οι σχετικές πηγές της αβεβαιότητας. Υπάρχουν πολλοί τύποι και πολλές πηγές αβεβαιότητας, που ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες σύμφωνα με τους τρόπους με τους οποίους μπορούν να εκτιμηθούν.

- Αβεβαιότητες τύπου A, που μπορούν να εκτιμηθούν με στατιστικές μεθόδους μιας σειράς παρατηρήσεων.
- Αβεβαιότητες τύπου B, που μπορούν να εκτιμηθούν με άλλους τρόπους.

Η κατηγοριοποίηση αυτή δεν είναι πάντα αντίστοιχη με το διαχωρισμό των σφαλμάτων σε συστηματικά και τυχαία, για αυτό το λόγο και δεν αναφέρεται η αβεβαιότητα σαν συστηματική ή τυχαία, αλλά σαν συστατικό της αβεβαιότητας που απορρέει από τυχαία ή από συστηματική επίδραση.

Ο υπολογισμός της αβεβαιότητας, δεν είναι μια διαδικασία ρουτίνας ή απλά μία μαθηματική διαδικασία, αλλά εξαρτάται από τη λεπτομερή γνώση και την κατανόηση της φύσης του μετρούμενου μεγέθους και της ίδιας της μέτρησης. Τα βασικά στάδια του υπολογισμού είναι:

1. Ο προσδιορισμός του μαθηματικού μοντέλου.
2. Υπολογισμός της τυπικής αβεβαιότητας τύπου A.
3. Υπολογισμός της τυπικής αβεβαιότητας τύπου B.
4. Υπολογισμός της συνδυασμένης αβεβαιότητας.
5. Υπολογισμός της εκτεταμένης αβεβαιότητας.
6. Η δήλωση της αβεβαιότητας.