

# Διαδικτυακή εφαρμογή βαθμονόμησης δεξαμενών

Ευάγγελος Μπάνος<sup>2</sup> και Δρ Ζωή Μεταξιώτου<sup>1</sup>  
Ελληνικό Ινστιτούτο Μετρολογίας,  
Βι.Πε. Θεσσαλονίκης, ΟΤ 45, ΤΚ 57022, Σίνδος, Θεσσαλονίκη  
e-mail: [zoe@eim.gr](mailto:zoe@eim.gr)

## Περίληψη

Το Εργαστήριο Ροής & Όγκου του ΕΙΜ, ανέπτυξε μια διαδικτυακή εφαρμογή (web application) βαθμονόμησης δεξαμενών χρησιμοποιώντας λογισμικό ανοικτού κώδικα η οποία διατίθεται από το ΕΙΜ μέσω της ιστοσελίδας του ([www.eim.gr](http://www.eim.gr)) σε κάθε ενδιαφερόμενο φορέα.. Η εφαρμογή αφορά την διαδικασία βαθμονόμησης/διακρίβωσης δεξαμενών σύμφωνα με την ογκομετρική μέθοδο ή άλλη ενδεδειγμένη μέθοδο η οποία καταλήγει σε μία σειρά δεδομένων τα οποία συσχετίζουν τον όγκο της δεξαμενής με συγκεκριμένο ύψος της στάθμης του περιεχόμενου υγρού. Βασικό χαρακτηριστικό της εφαρμογής είναι ότι λειτουργεί μέσω διαδικτύου (web application), αποτελεί πρωτοτυπία διαδικτυακού υπολογιστικού εργαλείου και διατίθεται σε οποιαδήποτε γλώσσα επιθυμεί ο χρήστης. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα πραγματοποίησης πολλαπλών βαθμονομήσεων, ενώ η διαδικασία της επεξεργασίας των δεδομένων η οποία απαιτεί συχνά περίπλοκα στατιστικά εργαλεία ολοκληρώνεται σε πραγματικό χρόνο με άμεσο παραδοτέο τον αναλυτικό πίνακα βαθμονόμησης της δεξαμενής και την αντίστοιχη εκτίμηση της μετρητικής αβεβαιότητας.

*Λέξεις-Κλειδιά: δεξαμενές, διακρίβωση, διαδικτυακή εφαρμογή, στατιστική, πίνακας βαθμονόμησης, αβεβαιότητα*

## Abstract

The Flow & Volume Laboratory of the Hellenic Institute of Metrology has developed a novel web application, using open source software. The application is able to perform the complete mathematical and statistical interpretation of raw calibration data as obtained during the calibration of tanks and vessels by the volumetric method or any other legitimate calibration method that produces an array of data relating the volume of the vessel to its height. A major advantage of the application is that it is completely web-based and supports multi-lingual interfaces while it performs in real-time a quite complex and time consuming statistical interpretation of the calibration data. The application does not require any specific knowledge of statistics by the user and delivers an analytical calibration table and the associated measurement uncertainty. The application is available to every interested party through the web site of EIM ([www.eim.gr](http://www.eim.gr)).

*Key words: storage tanks, calibration, web application, statistics, calibration table, uncertainty*

## 1. Εισαγωγή

Σύμφωνα με πρόσφατη απόφαση του Υπ. Οικονομίας & Οικονομικών (ΦΕΚ 1980/τ. Β' 21.12.2010), καθορίζονται οι προδιαγραφές και ρυθμίζονται τα θέματα εγκατάστασης ολοκληρωμένων συστημάτων ελέγχου εισροών-εκροών πρατηρίων υγρών καυσίμων. Για την εφαρμογή τέτοιων συστημάτων απαιτείται η βαθμονόμηση των δεξαμενών υγρών καυσίμων σύμφωνα με τις διαδικασίες που ορίζονται στα σχετικά διεθνή πρότυπα. Η υλοποίηση της υφιστάμενης νομοθεσίας αφορά περίπου 40.000 δεξαμενές υγρών καυσίμων ανά την επικράτεια ενώ δεν υπάρχει η απαιτούμενη τεχνογνωσία και τεχνική επάρκεια στο βαθμό που απαιτείται για να καλύψει το μέγεθος αυτής της ανάγκης τόσο αριθμητικά όσο και γεωγραφικά. Επιπλέον, εκτός από τις δεξαμενές των πρατηρίων καυσίμων οι οποίες αποτελούν μία νέα ανάγκη στην αγορά των υπηρεσιών διακρίβωσης, υπάρχουν και όλες οι άλλες δεξαμενές οι οποίες για παράδειγμα λειτουργούν ως φορολογικές αποθήκες οι οποίες επίσης θα ενταχθούν σε σχετική νομοθεσία η οποία βρίσκεται αυτή τη στιγμή σε στάδιο προπαρασκευής και θα χρήζουν διακρίβωσης.

Το Εργαστήριο Ροής & Όγκου στα πλαίσια υλοποίησης ενός από τους βασικούς στόχους του ΕΙΜ, αυτού της διάχυσης της τεχνογνωσίας σε θέματα μετρήσεων, ανέπτυξε μια διαδικτυακή εφαρμογή βαθμονόμησης δεξαμενών η οποία θα διατίθεται από το ΕΙΜ σε κάθε ενδιαφερόμενο φορέα. Η εφαρμογή που αναπτύχθηκε αφορά την διαδικασία βαθμονόμησης/διακρίβωσης δεξαμενών σύμφωνα με την ογκομετρική ή άλλη κατάλληλη μέθοδο η οποία καταλήγει σε σειρά πειραματικών δεδομένων τα οποία συσχετίζουν τον όγκο της δεξαμενής με το ύψος της. Η εφαρμογή αποτελεί πρωτοτυπία στον τομέα των διαδικτυακών εφαρμογών ενώ προσφέρει στο χρήστη τη δυνατότητα πλήρους και αξιόπιστης επεξεργασίας των πρωτογενών δεδομένων χωρίς ο ίδιος να απαιτείται να έχει κάποια ιδιαίτερη γνώση στατιστικής ή της μεθοδολογίας εκτίμησης της μετρητικής αβεβαιότητας. Η ανάπτυξη της εφαρμογής έγινε, μεταξύ άλλων, με γνώμονα το γεγονός ότι η εφαρμογή της σχετικής νομοθεσίας εντός των χρονικών ορίων που τίθενται, δεν είναι δυνατόν να υλοποιηθεί χωρίς σημαντική βελτίωση του απαιτούμενου χρόνου ολοκλήρωσης της διαδικασίας βαθμονόμησης από την έναρξη των εργασιών έως την παράδοση του τελικού Πίνακα Βαθμονόμησης. Στην κατεύθυνση αυτή λοιπόν η συγκεκριμένη εφαρμογή δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να ολοκληρώσει την επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων και να παράγει τον Πίνακα Βαθμονόμησης σε πραγματικό χρόνο. Σε διαφορετική περίπτωση η εργασία αυτή, ειδικότερα για μη εξειδικευμένο προσωπικό, θα απαιτούσε πολλές ημέρες επίπονης υπολογιστικά εργασίας.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η διαδικτυακή εφαρμογή μέσα από μία αντιπροσωπευτική περίπτωση διακρίβωσης δεξαμενής χωρητικότητας της ίδιας τάξης μεγέθους με αυτή που απαντάται συνήθως σε πρατήρια υγρών καυσίμων. Για τη διακρίβωση μιας τέτοιας δεξαμενής η πλέον ενδεδειγμένη μέθοδος είναι η ογκομετρική. Αρχικά παρουσιάζονται οι βασικές αρχές λειτουργίας της ογκομετρικής μεθόδου διακρίβωσης ενώ αναφέρονται σε γενικές γραμμές οι τεχνικές στατιστικής επεξεργασίας που εφαρμόζονται στα πειραματικά δεδομένα για την παραγωγή του πίνακα βαθμονόμησης της δεξαμενής. Στη συνέχεια αναπτύσσονται τα κύρια σημεία της εφαρμογής και τα πλεονεκτήματα που αυτή προσφέρει στο χρήστη τόσο σε ταχύτητα όσο και σε αξιοπιστία ενώ παράλληλα επισημαίνονται τα στοιχεία του περιβάλλοντος χρήσης της.

## 2. Μεθοδολογία

### 2.1 Αρχές της ογκομετρικής μεθόδου διακρίβωσης

Σύμφωνα με την ογκομετρική μέθοδο διακρίβωσης [1,2] διακριτές ποσότητες νερού μεταφέρονται από πρότυπο ογκομετρικό δοχείο κατάλληλης κατασκευής, χωρητικότητας και τεκμηριωμένης ιχνηλασιμότητας στη δεξαμενή υπό διακρίβωση έως την πλήρωσή της. Πριν τη μεταφορά κάθε διακριτής ποσότητας νερού στη δεξαμενή λαμβάνεται η θερμοκρασία του νερού στο πρότυπο δοχείο με κατάλληλο αισθητήρα θερμοκρασίας. Επίσης, μετά από κάθε μεταβίβαση μιας διακριτής ποσότητας νερού μετράται και η θερμοκρασία του νερού στη δεξαμενή με δεύτερο αισθητήρα θερμοκρασίας. Μετά από κάθε μεταβίβαση μιας διακριτής ποσότητας νερού και αφού έχει επέλθει ηρεμία στην ελεύθερη επιφάνεια του νερού στη δεξαμενή καταγράφεται το ύψος της στάθμης του νερού στη δεξαμενή με το υφιστάμενο σύστημα ανάγνωσης της στάθμης με το οποίο η δεξαμενή είναι εφοδιασμένη.

Ο συνολικός όγκος της δεξαμενής στη θερμοκρασία αναφοράς μετά από κάθε μεταβίβαση διακριτής ποσότητας νερού προκύπτει από την μαθηματική σχέση:

$$V_{15} = n \times V_o \left[ 1 - 3\alpha_N (15 - \bar{t}_N) \right] \times \left[ 1 + \beta (t_p - \bar{t}_N) \right] \times \left[ 1 + 3\alpha_p (15 - t_p) \right] \quad (1)$$

όπου:

- $n$  = αύξων αριθμός προσθήκης ποσότητας νερού
- $V_{15}$  = όγκος της δεξαμενής στη θερμοκρασία αναφοράς (15 °C), L
- $V_o$  = όγκος του πρότυπου δοχείου στη θερμοκρασία αναφοράς, L
- $3\alpha_N$  = συντελεστής κυβικής διαστολής του πρότυπου δοχείου, 1/°C
- $\bar{t}_N$  = μέση τιμή θερμοκρασίας του νερού κατά τη διάρκεια των  $n$  πληρώσεων του πρότυπου δοχείου, °C
- $\beta$  = συντελεστής κυβικής διαστολής του νερού, 1/°C
- $3\alpha_p$  = συντελεστής κυβικής διαστολής του υλικού της δεξαμενής, 1/°C
- $t_p$  = θερμοκρασία του νερού στη δεξαμενή μετά την πλήρωσή της, °C

Τα αποτελέσματα της διακρίβωσης της δεξαμενής καταγράφονται στο πειραματικό πρωτόκολλο με τη μορφή  $V_{15} = f(h)$  και μπορούν να αποτυπωθούν και σε πίνακα όπου θα φαίνεται ο όγκος της δεξαμενής ανηγμένος στη θερμοκρασία αναφοράς που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο ύψος της στάθμης του υγρού. Η χρήση της δεξαμενής, ωστόσο, απαιτεί την αποτύπωση των αποτελεσμάτων της διακρίβωσης με διακριτική ικανότητα τέτοια ώστε να εκφράζεται ο όγκος της δεξαμενής ως συνάρτηση του ύψους της στάθμης του υγρού σε βήματα ενός mm ή cm ανάλογα με το μέγεθος της δεξαμενής. Στις περιπτώσεις αυτές η δημιουργία ενός τέτοιου αναλυτικού πίνακα βαθμονόμησης απαιτεί τη χρήση στατιστικών εργαλείων ανάλυσης έτσι ώστε να προκύψει κατάλληλο μαθηματικό μοντέλο προσομοίωσης των πρωτογενών δεδομένων της διακρίβωσης [2].

### 2.2 Στατιστική επεξεργασία δεδομένων

Η δημιουργία του πίνακα βαθμονόμησης προϋποθέτει την επιλογή κατάλληλου μαθηματικού μοντέλου προσομοίωσης των πρωτογενών πειραματικών δεδομένων της διακρίβωσης. Με βάση το μαθηματικό αυτό μοντέλο παράγονται οι αναλυτικές τιμές του πίνακα με την απαιτούμενη διακριτική ικανότητα και ικανοποιητική για τη σκοπούμενη χρήση αβεβαιότητα μέσω γραμμικής παρεμβολής. Η προφανής επιλογή ενός και μοναδικού γραμμικού μοντέλου που προσομοιώνει το σύνολο των πειραματικών

δεδομένων κατά κανόνα δεν είναι μια καλή επιλογή. Για το λόγο αυτό στη μεθοδολογία επίλυσης που ακολουθείται προτείνονται περισσότερες λύσεις που αντιστοιχούν σε διακριτές ζώνες πειραματικών δεδομένων κάθε μία από τις οποίες προσομοιώνεται από συγκεκριμένο γραμμικό μαθηματικό μοντέλο.

Ως κριτήριο αξιολόγησης των επιμέρους λύσεων χρησιμοποιείται η παράμετρος  $dV^2$  η οποία είναι ένα μέτρο των αποκλίσεων μεταξύ των πειραματικών δεδομένων και των αντίστοιχων εκτιμήσεων του μαθηματικού μοντέλου. Η βέλτιστη λύση επιλέγεται, μεταξύ άλλων, με βάση την τιμή της παραμέτρου  $\Sigma dV^2$  η οποία ποσοτικοποιεί την καταλληλότητα των επιμέρους λύσεων ανά ζώνη στο σύνολό της συγκεκριμένης προτεινόμενης λύσης, ενώ ως κριτήριο θα πρέπει να ελαχιστοποιείται. Ταυτόχρονα, οι άλλες ποσοτικές παράμετροι καταλληλότητας των επιμέρους μαθηματικών μοντέλων ανά ζώνη, όπως ο συντελεστής γραμμικής παλινδρόμησης και η αβεβαιότητα της εκτίμησης λόγω μαθηματικού μοντέλου  $r$  και  $u_{inter}$ , αντίστοιχα, θα πρέπει να εμφανίζονται βελτιστοποιημένες ( $r \approx 1$ ,  $u_{inter} = \text{minimum}$ ). Με βάση την επιλεγμένη βέλτιστη λύση παράγεται ο αναλυτικός πίνακας διακρίβωσης της δεξαμενής. Ο πίνακας διακρίβωσης δεν έχει ισχύ εκτός και εάν συνοδεύεται από εκτίμηση της μετρητικής αβεβαιότητας σύμφωνα με τους κανόνες που τίθενται από την οδηγία GUM [3]. Στην παρούσα εφαρμογή μετά την επιλογή της βέλτιστης λύσης συντάσσεται ο αναλυτικός πίνακας διακρίβωσης και υπολογίζεται η μετρητική αβεβαιότητα για κάθε επιμέρους ζώνη υπολογισμού.

### 2.3 Περιγραφή της διαδικτυακής εφαρμογής

Η διαδικτυακή εφαρμογή βαθμονόμησης δεξαμενών είναι διαθέσιμη σε οποιονδήποτε ενδιαφερόμενο φορέα μέσω της ιστοσελίδας του Ελληνικού Ινστιτούτου Μετρολογίας, <http://www.eim.gr>. Η εφαρμογή ογκομέτρησης δεξαμενών παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα έναντι άλλων λύσεων όπως:

- Εύκολη χρήση μέσω οποιουδήποτε προγράμματος πλοήγησης διαδικτυακού περιεχομένου (web browser) από οποιονδήποτε υπολογιστή έχει σύνδεση με το διαδίκτυο. Δεν απαιτείται οποιαδήποτε εγκατάσταση λογισμικού και οι απαιτήσεις υλικού είναι ελάχιστες από την πλευρά του χρήστη.
- Πραγματοποίηση ολόκληρης της διαδικασίας της ογκομέτρησης και έκδοση των αποτελεσμάτων χωρίς να χρειάζονται κανενός είδους μαθηματικοί υπολογισμοί και ειδικές δεξιότητες από την πλευρά του χρήστη.
- Η υλοποίηση βασίζεται σε αλγορίθμους και υπολογιστικές διαδικασίες που έχουν συνταχθεί και επικυρωθεί από το εργαστήριο Ροής & Όγκου του ΕΙΜ. Επιπλέον, η καλή λειτουργία όλου του συστήματος καθώς και η αξιοπιστία του ελέγχεται και επιβεβαιώνεται σε τακτική βάση από το Τμήμα Προγραμματισμού του ΕΙΜ. Δεν υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις όσον αφορά τους υπολογιστές των χρηστών.
- Άμεσος μαθηματικός υπολογισμός των αποτελεσμάτων και εμφάνισή τους στον τελικό χρήστη σε πραγματικό χρόνο (real-time calculation).
- Οι χρήστες διαθέτουν προσωπικό κωδικό με τον οποίο έχουν πρόσβαση σε όλες τις λειτουργίες της εφαρμογής από οποιονδήποτε υπολογιστή συνδεδεμένο στο διαδίκτυο. Για παράδειγμα, οι χρήστες μπορούν να συνδέονται από οποιονδήποτε υπολογιστή με τον προσωπικό τους κωδικό και να πραγματοποιήσουν μια βαθμονόμηση, η οποία αποθηκεύεται αυτόματα στο σύστημα. Στην συνέχεια, μπορούν να συνδεθούν από κάποιον άλλο υπολογιστή και να εκτυπώσουν τα αποτελέσματα μιας προηγούμενης βαθμονόμησης που έχει γίνει στο σύστημα με τον προσωπικό τους κωδικό.

Οι τεχνολογίες πάνω στις οποίες βασίζεται η εφαρμογή ανήκουν εξολοκλήρου στο Ανοικτό Λογισμικό (Open Source Software) και είναι οι ακόλουθες:

- **Linux**  
Το Linux<sup>1</sup> είναι το λειτουργικό σύστημα με το οποίο λειτουργούν οι εξυπηρετητές του ΕΙΜ και πάνω στο οποίο εκτελούνται όλες οι απαραίτητες διεργασίες για την ανάπτυξη και λειτουργία της εφαρμογής βαθμονόμησης δεξαμενών.
- **Apache**  
Ο Apache HTTP<sup>2</sup> γνωστός και απλά σαν Apache είναι ένας εξυπηρετητής του παγκόσμιου ιστού (web). Όποτε ένας χρήστης επισκέπτεται την ιστοσελίδα της εφαρμογής, το πρόγραμμα πλοήγησής του (browser) επικοινωνεί με τον Apache μέσω του πρωτοκόλλου HTTP, ο οποίος παράγει τις ιστοσελίδες και τις αποστέλλει στο πρόγραμμα πλοήγησης.
- **MySQL**  
Η MySQL είναι μια σχεσιακή βάση δεδομένων που εκτελείται στον κεντρικό εξυπηρετητή της εφαρμογής και χρησιμοποιείται για την δημιουργία και την διαχείριση της βάσης δεδομένων όπου φιλοξενούνται όλα τα στοιχεία των βαθμονομήσεων, των μαθηματικών υπολογισμών και των χρηστών.
- **PHP**  
Η PHP είναι μια γλώσσα προγραμματισμού για τη δημιουργία διαδικτυακών σελίδων με δυναμικό περιεχόμενο.
- **CakePHP**  
Το CakePHP είναι ένα σύνολο από βιβλιοθήκες λογισμικού της PHP που επιτρέπουν μια επεκτάσιμη και αποδοτική προσέγγιση στην σχεδίαση, ανάπτυξη, και συντήρηση διαδικτυακών εφαρμογών. Το CakePHP βασίζεται σε εφαρμοσμένες τεχνικές ανάπτυξης λογισμικού όπως MVC[4] και ORM<sup>3</sup>
- **HTML**  
Η γλώσσα HTML χρησιμοποιείται για την υλοποίηση ιστοσελίδων στο διαδίκτυο. Η τρέχουσα έκδοση που χρησιμοποιείται στην εφαρμογή είναι η HTML5<sup>4</sup>.
- **Javascript**  
Η Javascript είναι μια γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται για την δημιουργία δυναμικών ιστοσελίδων και την εκτέλεση κώδικα από την πλευρά του πελάτη (client-side application) σε ιστοσελίδες.

## 2.4 Χρήση της διαδικτυακής εφαρμογής

Καταρχήν, ο χρήστης θα πρέπει να εξασφαλίσει ένα λογαριασμό χρήστη σε συνεννόηση με το Ελληνικό Ινστιτούτο Μετρολογίας για να έχει πρόσβαση στην εφαρμογή. Στην συνέχεια, εφόσον συνδεθεί επιτυχώς μπορεί επεξεργαστεί άμεσα τα πειραματικά του δεδομένα παράγοντας τον αναλυτικό πίνακα βαθμονόμησης και υπολογίζοντας την αντίστοιχη μετρητική αβεβαιότητα. Τέλος, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εκτυπώσει και να αποθηκεύσει τα αποτελέσματα της επεξεργασίας για αρχειοθέτηση και μελλοντική χρήση.

---

<sup>1</sup> <http://www.linux.com>

<sup>2</sup> <http://httpd.apache.org>

<sup>3</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Object-relational\\_mapping](http://en.wikipedia.org/wiki/Object-relational_mapping)

<sup>4</sup> <http://www.w3.org/TR/html5/>

### 3. Αποτελέσματα

Η λειτουργία της διαδικτυακής εφαρμογής αναλύεται στη συνέχεια χρησιμοποιώντας ως παράδειγμα την περίπτωση της ογκομέτρησης μίας ορθογωνικής δεξαμενής ονομαστικής χωρητικότητας 5000 L. Το παράδειγμα που αναλύεται αναφέρεται σε πραγματικά δεδομένα διαρίβωσης. Κατά τη διακρίβωση αυτή προσδιορίστηκε ο «περιεχόμενος» όγκος (*contained volume*) της δεξαμενής σε θερμοκρασία 20 °C ως συνάρτηση του ύψους της ελεύθερης στάθμης του υγρού. Για τη διακρίβωση της δεξαμενής χρησιμοποιήθηκε πρότυπο ογκομετρικό δοχείο χωρητικότητας 200 L του Εργαστηρίου Όγκου του ΕΙΜ. Το πρότυπο δοχείο έχει, σύμφωνα με το ισχύον πιστοποιητικό του, τιμή μεταφερόμενου όγκου σε θερμοκρασία αναφοράς 15 ° C ίση προς 200 L, αβεβαιότητα 0,02% και ιχνηλασιμότητα στα εθνικά πρότυπα μάζας και θερμοκρασίας. Στον Πίνακα 1 δίδονται τα συνοπτικά πρωτογενή αποτελέσματα της παραπάνω διακρίβωσης μετά την εφαρμογή της εξίσωσης (1). Προκειμένου από τα πρωτογενή αυτά αποτελέσματα να παραχθεί ένας αναλυτικός πίνακας βαθμονόμησης με τη βοήθεια της διαδικτυακής εφαρμογής θα πρέπει ο χρήστης να ολοκληρώσει τα εξής βήματα:

- **Βήμα 1 Γενικές Πληροφορίες**

Στο πρώτο αυτό βήμα, ο χρήστης εισάγει μία σειρά πληροφοριών και παραμέτρων (Πελάτης, Τεχνικός υπεύθυνος διακρίβωσης, Στοιχεία δεξαμενής, Στοιχεία Πρότυπου Ογκομετρικού Δοχείου και Περιβαλλοντικές Συνθήκες) στα αντίστοιχα πεδία της πρώτης σελίδας εργασίας της εφαρμογής (Εικόνα 1).

**Πίνακας 1.** Συνοπτικά αποτελέσματα βαθμονόμησης δεξαμενής χωρητικότητας 5000 L

<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΟΓΚΟΜΕΤΡΗΣΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ 5000 L</b>	
<b>Ύψος Στάθμης Υγρού, h (mm)</b>	<b>Περιεχόμενος Όγκος Υγρού στη θερμοκρασία αναφοράς, V (20 °C) (L)</b>
Εκτός οπτικού πεδίου κλίμακας	200,05
75	400,11
162,5	600,19
250,5	800,27
339	1000,35
426	1200,44
514	1400,51
601	1600,60
688	1800,68
776	2000,75
862,5	2200,83
949,5	2400,91
1036,5	2600,97
1123	2801,05
1209	3001,14
1296	3201,21
1382	3401,29
1468	3601,37
1554	3801,46
1640	4001,53
1726	4201,61
1812	4401,69
1898	4601,77
1983	4801,86
2069	5001,94

## Νέα Βαθμονόμηση - Βήμα 1/5 Γενικές Πληροφορίες

<b>Βήμα 1</b> Γενικές Πληροφορίες	<b>Βήμα 2</b> Εισαγωγή Δεδομένων Μετρήσεων	<b>Βήμα 3</b> Μεθοδολογία	<b>Βήμα 4</b> Στατιστική Επεξεργασία	<b>Βήμα 5</b> Πίνακας Βαθμονόμησης και Αβεβαιότητες
--------------------------------------	---	------------------------------	---	--

Παρακαλώ συμπληρώστε την παρακάτω φόρμα. Τα πεδία που είναι σημειωμένα με \* είναι απαραίτητα.

<p><b>Πελάτης</b></p> <p>Όνομα* <input type="text"/></p> <p>AΦΜ <input type="text"/></p> <p>ΔΟΥ <input type="text"/></p> <p>Διεύθυνση* <input type="text"/></p> <p>Τηλέφωνο* <input type="text"/></p> <p>Fax* <input type="text"/></p> <p>Email* <input type="text"/></p> <p>Άλλες Πληροφορίες <input type="text"/></p>	<p><b>Δεξαμενή</b></p> <p>Ονομαστική Χωρητικότητα* <input type="text"/> m<sup>3</sup></p> <p>Σχήμα* <input type="text"/></p> <p>Serial Number* <input type="text"/></p> <p>Κατασκευαστής* <input type="text"/></p> <p>Θερμοκρασία Αναφοράς* <input type="text"/> °C</p> <p>Συντελεστής Θερμικής (κυβικής) Διαστολής* <input type="text"/> 1/°C</p> <p>Μέθοδος Βαθμονόμησης* <input type="text"/></p>
<p><b>Πρότυπο Ογκομετρικό Δοχείο</b></p> <p>Χωρητικότητα* <input type="text"/> L   <small>Εξ: Μεταφερόμενος Όγκος</small> <input type="button" value="v"/></p> <p>Serial Number* <input type="text"/></p> <p>Κατασκευαστής* <input type="text"/></p> <p>Αριθμός Πιστοποιητικού* <input type="text"/></p> <p>Ημερομηνία Έκδοσης Πιστοποιητικού* <input type="text"/></p> <p>Θερμοκρασία Αναφοράς* <input type="text"/> °C</p> <p>Συντελεστής Θερμικής (κυβικής) Διαστολής* <input type="text"/> 1/°C</p> <p>Expanded Uncertainty +/- <input type="text"/> L</p>	<p><b>Περιβαλλοντικές Συνθήκες</b></p> <p>Θερμοκρασία* <input type="text"/> °C</p> <p>Βαρομετρική Πίεση* <input type="text"/> mbar</p> <p>Σχετική Υγρασία* <input type="text"/> %</p>
	<p><b>Τεχνικός υπεύθυνος διακρίβωσης</b></p> <p>Ονομασία Φορέα* <input type="text"/></p> <p>Όνομα Τεχνικού* <input type="text"/></p> <p>Ιδιότητα Τεχνικού <input type="text"/></p> <p>Διεύθυνση <input type="text"/></p> <p>Τηλέφωνο* <input type="text"/></p> <p>Fax* <input type="text"/></p> <p>Email* <input type="text"/></p>

**Εικόνα 1.** Εισαγωγή γενικών πληροφοριών και παραμέτρων της διακρίβωσης

- Βήμα 2 Εισαγωγή Δεδομένων Μετρήσεων (ογκομέτρησης)**

Σε αυτό το στάδιο ο χρήστης καλείται να εισάγει τα πειραματικά δεδομένα των μετρήσεών του. Αυτό γίνεται με τον απλούστερο δυνατό τρόπο, τροφοδοτώντας την εφαρμογή με ένα αρχείο Excel που περιέχει τα δεδομένα σε δύο στήλες όπως αυτά παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Μετά την τροφοδοσία του αρχείου, ο χρήστης καλείται να επικυρώσει τα δεδομένα πριν η εφαρμογή προχωρήσει στην επεξεργασία τους (Εικόνα 2).

## Νέα Βαθμονόμηση - Βήμα 2/5 Εισαγωγή Δεδομένων Μετρήσεων

Βήμα 1 Γενικές Πληροφορίες	<b>Βήμα 2 Εισαγωγή Δεδομένων Μετρήσεων</b>	Βήμα 3 Μεθοδολογία	Βήμα 4 Στατιστική Επεξεργασία	Βήμα 5 Πίνακας Βαθμονόμησης και Αβεβαιότητες
-------------------------------	--	-----------------------	----------------------------------	---

Επικύρωση Δεδομένων Μετρήσεων

Παρακαλώ ελέγξτε τα δεδομένα μετρήσεων και επιβεβαιώστε ότι είναι έγκυρα.

Μετά από αυτό το βήμα, δεν έχετε την δυνατότητα τροποποίησης των δεδομένων μετρήσεων.

**« Επιστροφή και νέα εισαγωγή δεδομένων μετρήσεων! »**

Τα Δεδομένα των μετρήσεων είναι έγκυρα

#	h (mm)	V (L)
1	162.50	400.11
2	250.50	600.19
3	339.00	800.27
4	426.00	1000.35
5	514.00	1200.44
6	601.00	1600.60
7	688.00	1800.68
8	776.00	2000.75
9	862.50	2200.83
10	949.50	2400.91
11	1036.50	2600.97
12	1123.00	2801.05
13	1209.00	3001.14
14	1296.00	3201.21
15	1382.00	3401.29
16	1468.00	3601.37
17	1554.00	3801.46
18	1640.00	4001.53
19	1726.00	4201.61
20	1812.00	4401.69
21	1898.00	4601.77
22	1983.00	4801.86
23	2069.00	5001.94

### Εικόνα 2. Εισαγωγή και Επικύρωση πειραματικών δεδομένων διακρίβωσης

#### • Βήμα 3 Μεθοδολογία

Στο τρίτο βήμα της διαδικασίας, ο χρήστης ενημερώνεται εν συντομία για την μεθοδολογία δημιουργίας του πίνακα βαθμονόμησης, για τη μεθοδολογία προσομοίωσης που χρησιμοποιείται από την εφαρμογή και τον χωρισμό των δεδομένων σε ζώνες, κάθε μία από τις οποίες προσομοιώνεται από συγκεκριμένο γραμμικό μαθηματικό μοντέλο. Επιπλέον, παρουσιάζονται τα κριτήρια αξιολόγησης των επιμέρους λύσεων και της βέλτιστης επιλογής.

#### • Βήμα 4 Στατιστική επεξεργασία

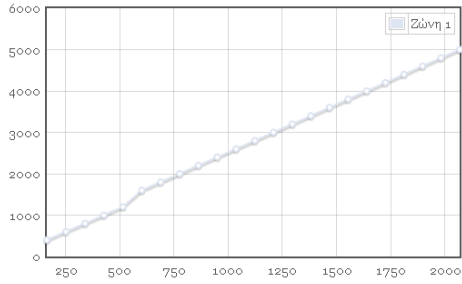
Οι πιθανές εναλλακτικές λύσεις της στατιστικής επεξεργασίας των δεδομένων εμφανίζονται στον χρήστη με την μορφή εύχρηστων διαγραμμάτων καθώς και πινάκων οι οποίοι περιέχουν όλα τα ποιοτικά και ποσοτικά κριτήρια αξιολόγησης των λύσεων αυτών (Εικόνες 3 και 4) έτσι ώστε να μπορέσει ο χρήστης να επιλέξει τη βέλτιστη λύση.

#### • Βήμα 5 Πίνακας Βαθμονόμησης και Αβεβαιότητες

Στο τελευταίο αυτό στάδιο γίνεται η παραγωγή ενός αναλυτικού πίνακα βαθμονόμησης της δεξαμενής με βάσει τη βέλτιστη στατιστικά λύση που προέκυψε στο προηγούμενο στάδιο καθώς επίσης και η εκτίμηση της μετρητικής αβεβαιότητας σύμφωνα με της μεθοδολογία GUM. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εκτυπώσει και να αποθηκεύσει και τον αναλυτικό πίνακα βαθμονόμησης (Εικόνα 5) όπως και τον πίνακα με την εκτίμηση των αβεβαιοτήτων (Εικόνα 6). Μετά το στάδιο αυτό ο χρήστης μπορεί να διεξαγάγει μία νέα βαθμονόμηση.



Λύση 1 **Επιλογή**

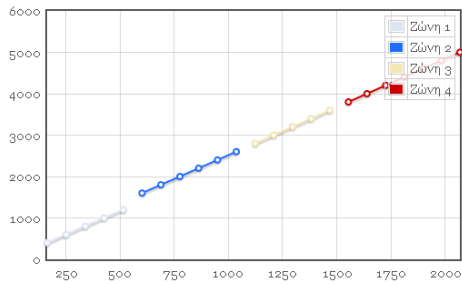


#	H (mm)	V <sub>s,r</sub> (L)	V <sub>estimate</sub>	dv <sup>2</sup>	Ζώνη	dv <sup>2</sup>
1	162.50	400.11	446.610686	2162.313798	Ζώνη 1	66190.40019
2	250.50	600.19	658.94835	3452.543695		
3	339.00	800.27	872.492478	5216.086328		
4	426.00	1000.35	1082.417214	6735.027614		
5	514.00	1200.44	1294.754878	8895.296212		
6	601.00	1600.60	1504.679614	9200.72045		
7	688.00	1800.68	1714.60435	7409.017523		
8	776.00	2000.75	1926.942014	5447.618797		
9	862.50	2200.83	2135.660286	4247.091623		
10	949.50	2400.91	2345.585022	3060.853191		
11	1036.50	2600.97	2555.509758	2066.633603		
12	1123.00	2801.05	2764.22803	1355.857475		
13	1209.00	3001.14	2971.739838	864.369526		
14	1296.00	3201.21	3181.664574	382.023678		
15	1382.00	3401.29	3389.176382	146.739741		
16	1468.00	3601.37	3596.68819	21.919345		
17	1554.00	3801.46	3804.199998	7.507589		
18	1640.00	4001.53	4011.711806	103.669173		
19	1726.00	4201.61	4219.223614	310.239398		
20	1812.00	4401.69	4426.735422	627.273163		
21	1898.00	4601.77	4634.24723	1054.770468		
22	1983.00	4801.86	4839.34611	1405.208443		
23	2069.00	5001.94	5046.857918	2017.619357		
					ΣdV <sub>z</sub>	66190.40019

Σημείωση: Τα διαφορετικά χρώματα εμφάνισης στον Πίνακα βαθμονόμησης αντιστοιχούν στις διαφορετικές ζώνες μαθηματικής προσομοίωσης.

Εικόνα 3. Πιθανή λύση με μία ζώνη

Λύση 9 **Επιλογή**



#	H (mm)	V <sub>s,r</sub> (L)	V <sub>estimate</sub>	dv <sup>2</sup>	Ζώνη	dv <sup>2</sup>
1	162.50	400.11	399.654922	0.207096	Ζώνη 1	2.468497
2	250.50	600.19	600.077298	0.012702		
3	339.00	800.27	801.638437	1.87262		
4	426.00	1000.35	999.783286	0.321165		
5	514.00	1200.44	1200.205662	0.054914		
6	601.00	1600.60	1600.221751	0.143072	Ζώνη 2	2.818872
7	688.00	1800.68	1800.066058	0.376925		
8	776.00	2000.75	2002.207426	2.124091		
9	862.50	2200.83	2200.903203	0.005359		
10	949.50	2400.91	2400.74751	0.026403		
11	1036.50	2600.97	2600.591817	0.143022	Ζώνη 3	1.626486
12	1123.00	2801.05	2801.055467	3.0E-5		
13	1209.00	3001.14	3000.438125	0.492629		
14	1296.00	3201.21	3202.139186	0.863387		
15	1382.00	3401.29	3401.521844	0.053752		
16	1468.00	3601.37	3600.904502	0.216688	Ζώνη 4	2.948525
17	1554.00	3801.46	3800.871332	0.34653		
18	1640.00	4001.53	4001.367862	0.026289		
19	1726.00	4201.61	4201.864392	0.064715		
20	1812.00	4401.69	4402.360922	0.450136		
21	1898.00	4601.77	4602.857452	1.182552		
22	1983.00	4801.86	4801.022627	0.701194		
23	2069.00	5001.94	5001.519157	0.177109		
					ΣdV <sub>z</sub>	9.86238

Σημείωση: Τα διαφορετικά χρώματα εμφάνισης στον Πίνακα βαθμονόμησης αντιστοιχούν στις διαφορετικές ζώνες μαθηματικής προσομοίωσης.

Εικόνα 4. Πιθανή λύση με τέσσερις ζώνες

H (mm)	V τ (σεf) (L)	H (mm)	V τ (σεf) (L)	H (mm)	V τ (σεf) (L)	H (mm)	V τ (σεf) (L)	H (mm)	V τ (σεf) (L)
162.5	399.65	197.5	479.37	232.5	559.08	267.5	638.8	302.5	718.51
163.5	401.93	198.5	481.65	233.5	561.36	268.5	641.07	303.5	720.79
164.5	404.21	199.5	483.92	234.5	563.64	269.5	643.35	304.5	723.06
165.5	406.49	200.5	486.2	235.5	565.91	270.5	645.63	305.5	725.34
166.5	408.77	201.5	488.48	236.5	568.19	271.5	647.91	306.5	727.62
167.5	411.04	202.5	490.76	237.5	570.47	272.5	650.18	307.5	729.9
168.5	413.32	203.5	493.03	238.5	572.75	273.5	652.46	308.5	732.17
169.5	415.6	204.5	495.31	239.5	575.02	274.5	654.74	309.5	734.45
170.5	417.88	205.5	497.59	240.5	577.3	275.5	657.02	310.5	736.73
171.5	420.15	206.5	499.87	241.5	579.58	276.5	659.29	311.5	739.01
172.5	422.43	207.5	502.14	242.5	581.86	277.5	661.57	312.5	741.28
173.5	424.71	208.5	504.42	243.5	584.13	278.5	663.85	313.5	743.56
174.5	426.99	209.5	506.7	244.5	586.41	279.5	666.13	314.5	745.84
175.5	429.26	210.5	508.98	245.5	588.69	280.5	668.4	315.5	748.12
176.5	431.54	211.5	511.25	246.5	590.97	281.5	670.68	316.5	750.39
177.5	433.82	212.5	513.53	247.5	593.24	282.5	672.96	317.5	752.67
178.5	436.1	213.5	515.81	248.5	595.52	283.5	675.24	318.5	754.95
179.5	438.37	214.5	518.09	249.5	597.8	284.5	677.51	319.5	757.23
180.5	440.65	215.5	520.36	250.5	600.08	285.5	679.79	320.5	759.5
181.5	442.93	216.5	522.64	251.5	602.35	286.5	682.07	321.5	761.78
182.5	445.21	217.5	524.92	252.5	604.63	287.5	684.35	322.5	764.06
183.5	447.48	218.5	527.2	253.5	606.91	288.5	686.62	323.5	766.34
184.5	449.76	219.5	529.47	254.5	609.19	289.5	688.9	324.5	768.61
185.5	452.04	220.5	531.75	255.5	611.46	290.5	691.18	325.5	770.89
186.5	454.32	221.5	534.03	256.5	613.74	291.5	693.46	326.5	773.17
187.5	456.59	222.5	536.31	257.5	616.02	292.5	695.73	327.5	775.45
188.5	458.87	223.5	538.58	258.5	618.3	293.5	698.01	328.5	777.72
189.5	461.15	224.5	540.86	259.5	620.58	294.5	700.29	329.5	780
190.5	463.43	225.5	543.14	260.5	622.85	295.5	702.57	330.5	782.28
191.5	465.7	226.5	545.42	261.5	625.13	296.5	704.84	331.5	784.56
192.5	467.98	227.5	547.69	262.5	627.41	297.5	707.12	332.5	786.83
193.5	470.26	228.5	549.97	263.5	629.69	298.5	709.4	333.5	789.11
194.5	472.54	229.5	552.25	264.5	631.96	299.5	711.68	334.5	791.39
195.5	474.81	230.5	554.53	265.5	634.24	300.5	713.95	335.5	793.67
196.5	477.09	231.5	556.8	266.5	636.52	301.5	716.23	336.5	795.94

Εικόνα 5. Τμήμα του πίνακα βαθμονόμησης

#	Μετρημένος Όγκος (L)	Εκτιμώμενος Όγκος με Παρεμβολή (L)	Απόκλιση (%)		Εκτίμηση Μετρικής Αβεβαιότητας		
			Απόκλιση (L)	Απόκλιση (%)	Συνεισφορά στην αβεβαιότητα λόγω της αβεβαιότητας του προτύπου δοχείου (L)	Συνεισφορά στην αβεβαιότητα λόγω μαθηματικού μοντέλου (L)	Συνολική σχετική αβεβαιότητα (%)
1	400.11	399.65	-0.46	-0.11	0.01	0.91	0.45
2	600.19	600.08	-0.11	-0.02	0.02	0.91	0.30
3	800.27	801.64	1.37	0.17	0.03	0.91	0.23
4	1000.35	999.78	-0.57	-0.06	0.04	0.91	0.18
5	1200.44	1200.21	-0.23	-0.02	0.05	0.91	0.15
6	1600.60	1600.22	-0.38	-0.02	0.06	0.84	0.11
7	1800.68	1800.07	-0.61	-0.03	0.07	0.84	0.09
8	2000.75	2002.21	1.46	0.07	0.08	0.84	0.08
9	2200.83	2200.90	0.07	0.00	0.09	0.84	0.08
10	2400.91	2400.75	-0.16	-0.01	0.1	0.84	0.07
11	2600.97	2600.59	-0.38	-0.01	0.11	0.84	0.07
12	2801.05	2801.06	0.01	0.00	0.12	0.74	0.05
13	3001.14	3000.44	-0.70	-0.02	0.13	0.74	0.05
14	3201.21	3202.14	0.93	0.03	0.14	0.74	0.05
15	3401.29	3401.52	0.23	0.01	0.15	0.74	0.04
16	3601.37	3600.90	-0.47	-0.01	0.16	0.74	0.04
17	3801.46	3800.87	-0.59	-0.02	0.17	0.77	0.04
18	4001.53	4001.37	-0.16	-0.00	0.18	0.77	0.04
19	4201.61	4201.86	0.25	0.01	0.19	0.77	0.04
20	4401.69	4402.36	0.67	0.02	0.2	0.77	0.04
21	4601.77	4602.86	1.09	0.02	0.21	0.77	0.03
22	4801.86	4801.02	-0.84	-0.02	0.22	0.77	0.03
23	5001.94	5001.52	-0.42	-0.01	0.23	0.77	0.03

Εικόνα 6. Πίνακας αβεβαιότητων

#### 4. Συμπεράσματα

Πριν από την συνοπτική αναφορά των συμπερασμάτων της παρούσας εργασίας όσον αφορά την ίδια τη διαδικτυακή εφαρμογή ως στατιστικό εργαλείο επεξεργασίας δεδομένων κρίνεται σκόπιμο να αναφερθούν τα εξής:

- Η νέα, πρωτότυπη διαδικτυακή εφαρμογή που ανέπτυξε το ΕΙΜ αποτελεί παράδειγμα έγκαιρης πρόβλεψης των αναγκών της αγοράς όπως αυτές διαμορφώνονται από τη νέα νομοθεσία.
- Η διαδικτυακή εφαρμογή αποτελεί προσπάθεια επιστημονικής υποστήριξης των υφιστάμενων υποδομών της χώρας στον τομέα της παροχής υπηρεσιών διακρίβωσης από ιδιωτικούς φορείς πλήρως εντεταγμένη στους σκοπούς και τους στόχους του Ελληνικού Ινστιτούτου Μετρολογίας.
- Η πιθανή υιοθέτηση της εφαρμογής από ιδιωτικά εργαστήρια διακρίβωσης που δραστηριοποιούνται στον τομέα των διακρίβωσης δεξαμενών ή βρίσκονται υπό διαπίστευση για το συγκεκριμένο πεδίο μέτρησης εκτιμάται ότι θα αυξήσει την αποδοτικότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών τους και ως εκ τούτου την ανταγωνιστικότητά τους.

Όσον αφορά την ίδια την διαδικτυακή εφαρμογή τα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας συνοψίζονται στα εξής :

- Η διαδικτυακή εφαρμογή που ανέπτυξε το ΕΙΜ αποτελεί ένα νέο, πρωτότυπο προϊόν στον τομέα των υπηρεσιών του ΕΙΜ αλλά και ένα πρωτότυπο εργαλείο διαδικτυακής βάσης το οποίο απ'όσο γνωρίζουμε δεν διατίθεται σε επίπεδο διαδικτύου και μη από κανέναν άλλο φορέα εντός ή εκτός της χώρας.
- Δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα εκτέλεσης μιας ολοκληρωμένης και αξιόπιστης μαθηματικής και στατιστικής επεξεργασίας δεδομένων που προκύπτουν από τη διακρίβωση μιας δεξαμενής.
- Η εφαρμογή δεν απαιτεί καμμία ιδιαίτερη γνώση στατιστικής ή μαθηματικών από το χρήστη.
- Η εφαρμογή παράγει έναν αναλυτικό πίνακα βαθμονόμησης της δεξαμενής σε πραγματικό χρόνο (real time application).
- Ο πίνακας βαθμονόμησης συνοδεύεται και από πίνακα της μετρητικής αβεβαιότητας της βαθμονόμησης της δεξαμενής σύμφωνα με τις διεθνώς αποδεκτές διαδικασίες της οδηγίας GUM.
- Η χρήση της εφαρμογής είναι δυνατή μέσω οποιουδήποτε προγράμματος πλοήγησης διαδικτυακού περιεχομένου (web browser) από οποιονδήποτε υπολογιστή έχει σύνδεση με το διαδίκτυο ενώ δεν απαιτείται οποιαδήποτε εγκατάσταση λογισμικού και οι απαιτήσεις υλικού είναι ελάχιστες.
- Η εφαρμογή μπορεί να υποστηρίξει οποιαδήποτε γλώσσα επιθυμεί ο χρήστης και για το λόγο αυτό αποτελεί και ένα εξαγωγίμο νέο προϊόν του ΕΙΜ.
- Τέλος η εφαρμογή πρόκειται σύντομα να επεκταθεί έτσι ώστε να μπορεί να εκτελεί τις λειτουργίες που έχουν περιγραφεί παραπάνω και για δεξαμενές μη κανονικού σχήματος για παράδειγμα. οριζόντιες κυλινδρικές με παραβολικά πλευρικά τοιχώματα

## **5. Βιβλιογραφία**

- [1] OIML R 71, *Fixed storage tanks*. General Requirements, Edition 2008.
- [2] “Ογκομέτρηση Δεξαμενών”, Ανοικτό Σεμινάριο EIM, Ιούνιος 2011.
- [3] BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, *Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM)*, Geneva, 1995.
- [4] Reenskaug, Trygve, MVC XEROX PARC, 1978-79.