



**UNIVERSITATEA ȘTEFAN CEL MARE
DIN SUCEAVA**
ȘCOALA DOCTORALĂ ȘTIINȚE
APLICATE ȘI INGINEREȘTI
Domeniul Inginerie Electrică



**UNIVERSITATEA TEHNICĂ A
MOLDOVEI**
ȘCOALA DOCTORALĂ ENERGETICĂ ȘI
INGINERIE ELECTRICĂ

Contribuții la asigurarea trasabilității măsurărilor în domeniul volum

REZUMAT

Conducător științific USV:
Prof. univ. dr. ing. Laurențiu Dan MILICI
Conf. dr. ing. Andrei CHICIUC

Autor:
drd. ing. Anna SABADAȘ

SUCEAVA – 2023

Cuprins

| | |
|---|--------|
| INTRODUCERE | - 7 - |
| Capitolul 1 GLOBALIZAREA MĂSURĂRILOR | - 9 - |
| 1.2. Trasabilitatea măsurării rezultate la diferite nivele a lucrărilor metrologice | - 10 - |
| 1.3. Practica internațională în stabilirea trasabilității | - 11 - |
| 1.4. Aranjamentul de recunoaștere mutuală a comitetului internațional de măsuri și greutăți . | - 11 - |
| 1.5. Politica ILAC privind trasabilitatea metrologică a rezultatelor măsurării | - 12 - |
| 1.6 Declarația comună a BIPM, OIML, ILAC și ISO privind trasabilitatea metrologică..... | - 12 - |
| 1.7. CONCLUZII | - 13 - |
| Capitolul 2 ASIGURAREA TRASABILITĂȚII UNITĂȚILOR DE MĂSURĂ | - 13 - |
| 2.1. Asigurarea trasabilității unităților de măsură | - 13 - |
| 2.1.1. Scheme de trasabilitate a unităților de măsură..... | - 13 - |
| 2.1.2. Managementul etaloanelor naționale ale unităților de măsură..... | - 14 - |
| 2.2 Asigurarea trasabilității unităților de măsură în România..... | - 15 - |
| 2.2.1. Trasabilitatea rezultatelor măsurărilor efectuate cu etaloanele utilizate la verificarea metrologică..... | - 15 - |
| 2.2.2. Politica ILAC de trasabilitate a rezultatelor măsurării..... | - 15 - |
| 2.2.3. Etaloane naționale | - 15 - |
| 2.3. CONCLUZII | - 16 - |
| Capitolul 3. METODE DE ETALONARE A MĂSURILOR DE VOLUM DIN METAL | - 17 - |
| 3.1. Metoda gravimetrică de etalonare a măsurilor de volum din metal | - 17 - |
| 3.1.1. Descriere și clasificare..... | - 17 - |
| 3.1.2. Mijloace de etalonare. Efectuarea etalonării | - 17 - |
| 3.2. Metoda volumetrică de etalonare a măsurilor de volum din metal | - 18 - |
| 3.2.1. Descriere și clasificare..... | - 18 - |
| 3.2.2. Mijloace de etalonare. Efectuarea etalonării. | - 18 - |
| 3.3. CONCLUZII | - 18 - |
| Capitolul 4. COMPONENTELE DOSARULUI PRIVIND DECLARAREA ETALONULUI NATIONAL AL UNITĂȚII DE MĂSURĂ A VOLUMULUI LICHIDELOR | - 19 - |
| 4.1. Etalonul național al unității de măsură a volumului lichidelor | - 19 - |
| 4.1.1. Introducere și descrierea etalonului | - 19 - |
| 4.1.2. Rezultatele cercetărilor etalonului | - 19 - |

| | |
|--|--------|
| 4.1.3. Eficiența tehnico-științifică și tehnico-economică a implementării etalonului..... | - 26 - |
| 4.1.4. Rezultatele cercetărilor etalonului național al unității de măsură a volumului lichidelor- | 27 |
| - | |
| 4.1.5. Reguli de conservare și utilizare a Etalonului național al unității de măsură a volumului lichidelor..... | - 27 - |
| 4.2. CONCLUZII | - 27 - |
| Capitolul 5 | |
| INTERCOMPARAREA ÎN CADRUL EURAMET | - 28 - |
| 5.1. Metodologia de comparare interlaboratoare în cadrul institutului național de metrologie din Republica Moldova | - 28 - |
| 5.2 Informații generale despre EURAMET | - 29 - |
| 5.3. Comparările în cadrul EURAMET..... | - 29 - |
| 5.4. Rezultatele obținute în cadrul intercomparării | - 30 - |
| 5.4.1. Rezultatele obținute în cadrul intercomparării prin metoda gravimetrică..... | - 30 - |
| 5.4.2. Rezultatele obținute în cadrul intercomparării prin metoda volumetrică | - 33 - |
| 5.4.3. Descrierea procesului de intercomparare..... | - 34 - |
| 5.4. CONCLUZII | - 36 - |
| Capitolul 6. CONCLUZII..... | - 37 - |
| 6.1. Aspecte generale..... | - 37 - |
| 6.2. Contribuții teoretice..... | - 37 - |
| 6.3. Contribuții practice/ experimentale | - 38 - |
| 6.4. Perspective de dezvoltare ulterioară a temei | - 40 - |
| REFERINȚE BIBLIOGRAFICE | - 41 - |

INTRODUCERE

În procesele de producție, utilizarea echipamentelor de măsurare este esențială pentru asigurarea calității produselor și eficienței operațiunilor tehnologice. Măsurările joacă un rol fundamental în evaluarea caracteristicilor produselor finite, asigurarea uniformității acestora, detectarea defectelor și optimizarea utilizării resurselor, contribuind astfel la producția de bunuri de calitate superioară și la reducerea costurilor.

Asigurarea preciziei măsurărilor în Republica Moldova și România implică proceduri complexe de etalonare și menținerea integrității echipamentelor de măsurare. Etalonarea este o operație care stabilește o relație riguroasă între valorile măsurate de etaloane și indicațiile echipamentelor de măsurare, asigurând astfel coerența și compatibilitatea cu standardele internaționale.

Trasabilitatea metrologică este esențială și se realizează prin intermediul etaloanelor naționale, care sunt unități de măsură de referință. Aceste etaloane naționale sunt utilizate pentru a stabili legătura cu etaloanele internaționale, asigurând coerența și validarea rezultatelor măsurătorilor. Institutul Național de Metrologie din Republica Moldova joacă un rol crucial în menținerea acestui lanț de trasabilitate metrologică prin etalonarea periodică a echipamentelor și servicii de înaltă calitate, asigurând astfel precizia măsurătorilor în diverse domenii de aplicare.

Având în vedere spectrul larg pe care îl cuprinde domeniul metrologiei în viața cotidiană, importanța acesteia în eliminarea barierelor în calea comerțului, multitudinii de mijloace de măsurare, instrumente indispensabile în medicină și prezența măsurărilor în orice moment, este deschisă o plajă largă de posibile cercetări care vor contribui considerabil la efectuarea măsurărilor de calitate. Plecând de la această premisă, obiectivul tezei de doctorat constă în cercetarea aprofundată a asigurării trasabilității unităților de măsură și declararea etalonului național al unității de măsură a volumului.

Lucrarea este structurată în cinci capitole principale, o introducere, o listă cu 67 de referințe bibliografice (din care 7 prezintă contribuțiile autorului în domeniul tezei) și 13 Anexe cu informații suplimentare și detalii referitoare la conținutul tezei.

În primul capitol al lucrării sunt prezentate aspecte introductiv-generale referitoare la termenul „trasabilitate”, definirea acestuia în documente internaționale care stau la baza activității metrologice din orice stat membru al Organizațiilor Regionale de Metrologie și nu în ultimul rând politici internaționale privind trasabilitatea rezultatelor măsurărilor adoptate și implementate de către Institutele Naționale de Metrologie în scopul transmiterii unităților de măsură de la etaloanele internaționale până la cele de lucru din cadrul statului reprezentant. Totodată, primul capitol face o trecere în revistă a importanței trasabilității rezultatelor măsurărilor și actualizarea în permanență a documentelor normative, standardelor internaționale, documentelor de lucru.

Cel de-al doilea capitol este axat pe studiul documentelor normative din Republica Moldova și România în domeniul declarării etaloanelor naționale și asigurării trasabilității rezultatelor măsurărilor. Astfel, atât Republica Moldova, cât și România, fiind state membre ale Organizațiilor Regionale de Metrologie și semnatare ale Acordului de Recunoaștere Mutuală a Etaloanelor Naționale și a Certificatelor de Etalonare emise de INM-uri (CIPM MRA) procedura de declarare a etaloanelor naționale fiind practic identică, cu mici diferențe referitoare la legislațiile actuale din fiecare stat.

Al treilea capitol al lucrării descrie detaliat metodele de etalonare a măsurilor etalon de volum din metal. Astfel, în prima parte a capitolului trei este prezentată cum are loc efectuarea etalonării prin metoda gravimetrică, cum trebuie să fie prelucrate rezultatele obținute și cum se estimează incertitudinea de măsurare. În partea a doua a capitolului trei este descrisă pas cu pas etalonarea măsurilor etalon de volum din metal prin metoda volumetrică.

Capitolul patru este dedicat descrierii componentelor dosarului propriu-zis care este depus în scopul declarării etalonului național al unității de măsură a volumului. Tot în capitolul patru sunt

descrie părțile componente ale etalonului și sunt prezentate cercetările care au fost efectuate timp de un an în Laboratorul Debite și Volum din cadrul Institutului Național de Metrologie din Republica Moldova în scopul demonstrării stabilității măsurărilor a părților componente ale etalonului.

Capitolul cinci reprezintă o continuitate a rezultatelor obținute în capitolul patru și demonstrează asigurarea validității rezultatelor etalonului național al unității de măsură a volumului prin participarea la compararea internațională din cadrul Organizației Regionale de Metrologie din Europa (EURAMET), fapt ce demonstrează încrederea în calitatea măsurărilor din Republica Moldova în domeniul volum.

Toate măsurările au fost efectuate de către autor fiind asistat de personal competent, în laborator specializat acreditat care își realizează activitățile în conformitate totală cu standardele internaționale.

Lucrarea se încheie cu un capitol de concluzii generale în care sunt sintetizate contribuțiile autorului (teoretice și experimentale) precum și perspectivele de dezvoltare ulterioară a tematicii abordate.

GLOBALIZAREA MĂSURĂRILOR

1.1. STABILIREA ȘI SE MENȚINEREA TRASABILITĂȚII METROLOGICE

Vocabularul Internațional de Metrologie (VIM) definește *trasabilitatea metrologică* în contextul metrologiei ca „proprietatea unui rezultat de măsurare prin care rezultatul poate fi raportat la o referință printr-o documentare, lanț neîntrerupt de etalonări, fiecare contribuind la incertitudinea de măsurare.” [3]

Pentru a stabili în mod fiabil trasabilitatea metrologică, următoarele elemente sunt esențiale:

Referința: O bază de referință, ideal în cadrul Sistemului Internațional de Unități (SI) (fig. 1.1), care servește drept punct de plecare pentru măsurători.

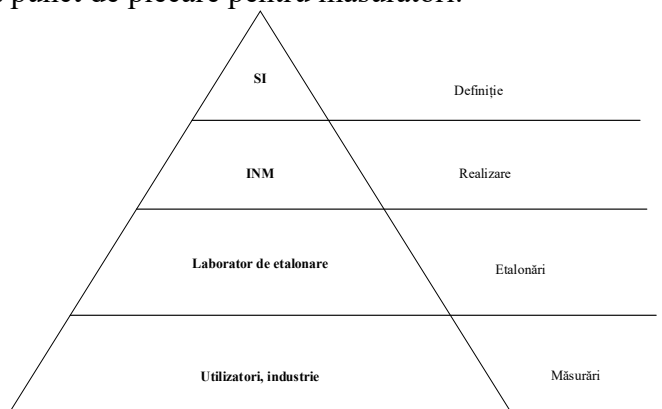


Fig. 1.1 Trasabilitatea unităților de măsurare

Lanț de etalonare și măsurări: Un lanț continuu de etalonări și măsurări care conectează fiecare pas la referință.

Incetitudinea de măsurare: Calcularea și documentarea incertitudinii la fiecare etalonare sau măsurare pentru a cuantifica variabilitatea rezultatelor posibile în comparație cu valoarea adevărată.

Proceduri documentate și acceptate: Utilizarea procedurilor bine documentate și acceptate pentru efectuarea etalonărilor și măsurărilor.

Competență și acreditare: Dovada competenței laboratoarelor care realizează procedurile, de obicei, prin acreditarea laboratoarelor sau prin înregistrarea unui Certificat de Competență în Metrologie (CMC) la BIPM.

Asigurarea calității: Implementarea măsurilor de asigurare a calității pentru toate procedurile implicate.

De asemenea, este important să se facă distincția între cele două sensuri ale termenului "trasabilitate" cum se întâlnește în contextul managementului calității și în metrologie. Recomandarea pentru claritate este să folosim termenul complet "trasabilitate metrologică" sau "trasabilitate a măsurărilor" atunci când discutăm concepte specifice de metrologie.

Trasabilitatea metrologică are un impact semnificativ în asigurarea consistenței și comparabilității rezultatelor măsurătorilor într-o serie de situații, cum ar fi:

Coerența cu rezultatele istorice: Pentru a valida interpretările datelor istorice, măsurările trebuie să fie metrologic trasabile, asigurând astfel că ele se referă la aceeași referință.

Consecvența între surse diferite: Măsurările din surse diferite (de exemplu, furnizori și fabrici) trebuie să fie metrologic trasabile pentru a putea fi comparate sau combinate.

Acord cu limite prestabilite: În cazul în care măsurările trebuie să se încadreze în limite specifice (de exemplu, viteza unui vitezometru în raport cu limitele oficiale de viteză), trasabilitatea metrologică este crucială.

Integritate în comerțul internațional: Trasabilitatea metrologică joacă un rol vital în comerțul internațional, contribuind la stabilitatea încredințării internaționale în echivalența măsurărilor.

Obligativitatea asigurării trasabilității metrologice este evidențiată în normele ISO 9001, iar această cerință revine în sarcina utilizatorului de a decide relevanța trasabilității metrologice în funcție de contextul specific al organizației. Măsurătorile netrasabile nu sunt considerate valide și trebuie asigurată trasabilitatea în situațiile menționate anterior.

În practică, trasabilitatea se realizează prin utilizarea instrumentelor de măsurare etalonate și menținându-le într-un interval de etalonare corespunzător, cu considerarea incertitudinii de utilizare. Menținerea trasabilității implică o analiză atentă a factorilor care pot afecta performanța instrumentelor și o reevaluare periodică a intervalului de etalonare sau a incertitudinii aferente. La final, trasabilitatea metrologică este un concept esențial pentru a asigura validitatea măsurătorilor în diferite contexte.

1.2. TRASABILITATEA MĂSURĂRII REZULTATE LA DIFERITE NIVELE A LUCRĂRILOR METROLOGICE

În condițiile globalizării contemporane a economiei și distribuției internaționale a muncii, un rol important în depășirea barierelor tehnice în comerț este analiza regulilor și normelor metrologice internaționale, fără a căror observare este imposibil de atins competitivitatea producției și, de asemenea, acordul de recunoaștere reciprocă [4] a rezultatelor măsurărilor.

Pentru a realiza această trasabilitate, se necesită armonizarea regulilor și normelor metrologice naționale cu standardele și recomandările internaționale și regionale. De asemenea, importanța evaluării incertitudinii de măsurare, care reprezintă o estimare a dispersiei valorilor mărimii măsurate și este esențială pentru confirmarea preciziei măsurărilor.

Trasabilitatea metrologică se realizează la diferite niveluri [6], cum ar fi la nivelul Institutelor Naționale de Metrologie (INM) și al laboratoarelor acreditate. INM joacă un rol cheie în asigurarea recunoașterii reciproce a rezultatelor măsurărilor la nivel internațional. Acesta se realizează prin etalonarea unităților de măsură și menținerea unui sistem național de etaloane.

La nivelul laboratoarelor acreditate [5], este necesară etalonarea dispozitivelor de măsurare înainte de utilizare. Acreditarea lor servește drept indicator al competenței și capacității de a efectua măsurători și de a demonstra trasabilitatea acestora.

Pentru a asigura trasabilitatea la diverse niveluri, procesul de evaluare a incertitudinii se bazează pe utilizarea de către diverse organizații interne și regionale a ghidurilor și documentelor metrologice (Tabelul 1.1).

Tabelul 1.1

Ghiduri și documente internaționale și regionale utilizate determinarea trasabilității și măsurării incertitudinii [6]

| Utilizarea Ghidului sau Documentului | Ghiduri sau Documente | |
|---------------------------------------|---|---|
| | Nivel internațional | Nivel Regional |
| Trasabilitatea rezultatului măsurării | ISO/IEC 17025 [5], ILAC –G22 [8] | EUROMET Ghid 6 [7], EA-03/04 [9] |
| Incetitudinea rezultatului măsurării | GUM [10], ISO/IEC 17025 [5], ILAC – G17 [11] | EA-04/02 [12], EA-04/16 [13], EURACHEM/CITAC Ghid QUAM-P1 [14] |

În concluzie, trasabilitatea metrologică joacă un rol esențial în asigurarea calității și recunoașterii rezultatelor măsurărilor la nivel internațional, promovând utilizarea standardelor internaționale și procedurilor armonizate.

1.3. PRACTICA INTERNAȚIONALĂ ÎN STABILIREA TRASABILITĂȚII

Recunoașterea globală are un rol semnificativ în dezvoltarea tehnologică și avansul științific al unei țări, iar acest proces este confirmat prin trasabilitatea metrologică a rezultatelor măsurărilor. Acest lucru implică corelarea riguroasă a măsurătorilor cu standarde internaționale, asigurând astfel precizia și calitatea acestora.

Problemele legate de stabilirea trasabilității metrologice sunt abordate de organizații internaționale, precum Biroul Internațional de Măsuri și Greutăți (BIPM), Organizația Internațională de Metrologie Legală (OIML), Organizația Internațională de Standardizare (ISO), Cooperarea Internațională pentru Acreditarea Laboratoarelor (ILAC), Cooperarea Euro-Asiatică a Instituțiilor Naționale de Metrologie (COOMET), și altele. Principalele abordări pentru demonstrarea trasabilității metrologice sunt reglementate de documente internaționale, cum ar fi ISO/IEC 17025:2017 [5], ISO 17034:2016 [17], ISO Guide 30:2015 [18], ISO Guide 31:2015 [19], ISO Guide 33:2015 [20], ISO Guide 35:2017 [21], ILAC P10:07/2020 [22].

În general, trasabilitatea metrologică se realizează prin utilizarea materialelor de referință certificate (MRC), ale căror valori sunt legate de etaloane sau standarde internaționale. Această abordare reprezintă un mod esențial de a asigura precizia și încrederea în măsurători.

Termenul "trasabilitate metrologică" [3] se referă la capacitatea de a lega rezultatele măsurărilor la o referință prin intermediul unui lanț documentat de etalonări, contribuind la incertitudinea măsurării.

Mai multe politici și organizații, cum ar fi BIPM, ISO/REMCO și ILAC, oferă metode și cerințe pentru asigurarea trasabilității metrologice în domenii variate. Aceste politici includ utilizarea de laboratoare naționale de metrologie (INM), laboratoare de etalonare acreditate și producători de materiale de referință (PMR) pentru a furniza o trasabilitate metrologică validă la nivel internațional sau regional.

Astfel, asigurarea trasabilității metrologice este esențială pentru a valida și susține rezultatele măsurărilor într-o gamă largă de domenii științifice și industriale, contribuind la dezvoltarea tehnologică globală.

1.4. ARANJAMENTUL DE RECUNOAȘTERE MUTUALĂ A COMITETULUI INTERNAȚIONAL DE MĂSURI ȘI GREUTĂȚI

Aranjamentul de recunoaștere mutuală [4] reprezintă un acord între institutele naționale de metrologie, abordând două aspecte cheie. În prima parte, se concentrează pe etaloanele naționale și stabilește condițiile pentru recunoașterea reciprocă a acestora. În partea a doua, se referă la certificatele de etalonare și măsurare, recunoscând validitatea acestora.

Fiecare semnatar al acestui acord este un laborator național de metrologie desemnat, responsabil pentru standardele naționale de măsurare, și este autorizat de autoritatea națională competentă sau o altă autoritate oficială. În cazul în care un stat are mai multe astfel de institute, acordul este semnat de un laborator în numele tuturor, iar celelalte laboratoare sunt anexate la document.

Scopul principal al acestui aranjament este de a recunoaște gradul de echivalență al etaloanelor naționale bazat pe rezultatele comparațiilor-cheie. Baza tehnică a acestui aranjament constă în datele obținute din comparații-cheie efectuate de comitetele consultative ale CIPM, BIPM și organizațiile regionale de metrologie (ORM). Comitetele consultative au responsabilitatea de a alege comparațiile cheie și de a valida rezultatele.

Aranjamentul vizează consolidarea încrederii în măsurători și se bazează pe Sistemul Internațional de Unități (SI). Participanții trebuie să publice rapoarte periodice privind activitatea lor, să participe la conferințe relevante și să sprijine activitățile organizate de BIPM pentru a întări încrederea internațională.

În plus, se stabilesc proceduri pentru recunoașterea certificatelor de etalonare și măsurare emise de laboratoarele participante, inclusiv evaluarea sistemelor de calitate și capacităților acestora.

Disputele în funcționarea aranjamentului sunt abordate în cadrul Comitetului Consultativ corespunzător, ORM sau Comitetului mixt, iar coordonarea generală este realizată de Comitetul Internațional de Măsuri și Greutăți.

Acordul nu impune obligații legale, ci doar creează un cadru pentru recunoașterea reciprocă a măsurătorilor și etaloanelor. Responsabilitatea pentru măsurători revine în întregime instituțiilor care le efectuează.

Laboratoarele naționale de metrologie care nu sunt membri ai unei Organizații Regionale de Metrologie pot să formeze un nou ORM sau să se asocieze cu un ORM existent. Laboratoarele care fac parte din mai multe ORM trebuie să declare cu care Organizație Regională de Metrologie vor participa în partea a doua a aranjamentului.

1.5. POLITICA ILAC PRIVIND TRASABILITATEA METROLOGICĂ A REZULTATELOR MĂSURĂRII

ILAC este *Asociația mondială pentru acreditarea laboratoarelor, organismelor de inspecție, furnizorilor de încercări de competență și producătorilor de materiale de referință*. Aceasta promovează acreditarea ca un instrument pentru a facilita comerțul, reduce barierele tehnice și asigură calitatea serviciilor. Prin intermediul unui acord global, ILAC permite recunoașterea reciprocă a rezultatelor emise de organizațiile acreditate în întreaga lume, facilitând comerțul internațional și promovând liberul schimb. Acreditarea oferă încredere în calitatea serviciilor și asigură că acestea sunt competente în domeniul lor de acreditare, fiind utilizate de autoritățile de reglementare pentru a proteja interesul public în domenii precum mediu, siguranța alimentară, sănătate și altele. Organizațiile de acreditare care devin membri ILAC trebuie să respecte standardele internaționale relevante și să fie evaluate înainte de a semna acordul.

1.6 DECLARAȚIA COMUNĂ A BIPM, OIML, ILAC ȘI ISO PRIVIND TRASABILITATEA METROLOGICĂ

Biroul Internațional de Măsuri și Greutăți (BIPM) [34], Organizația Internațională de Metrologie Legală (OIML), Cooperarea Internațională pentru Acreditarea Laboratoarelor (ILAC) și Organizația Internațională pentru Standardizare (ISO) sunt patru organisme internaționale responsabile în domeniul metrologiei, acreditare și standardizare la nivel mondial.

Trasabilitatea metrologică este un element crucial pentru asigurarea coerenței internaționale și comparabilității măsurărilor. Acest lucru este esențial pentru a facilita acceptarea rezultatelor măsurărilor la nivel mondial. Trasabilitatea se realizează prin legarea rezultatelor măsurărilor la referințe recunoscute internațional, cum ar fi cele din Sistemul Internațional de Unități (SI). Documentele internaționale precum ISO/IEC 17025 [5] stabilesc cerințele pentru trasabilitatea metrologică. Colaborarea între organizații internaționale, cum ar fi BIPM, OIML, ILAC și ISO, este crucială în acest proces, iar documente cheie precum Ghidul pentru exprimarea incertitudinii de măsurare și Vocabularul internațional de metrologie contribuie la definirea și promovarea trasabilității metrologice. Trasabilitatea este esențială pentru a asigura încrederea în echivalența măsurărilor la nivel global și pentru a reduce barierele tehnice în comerțul internațional. Recomandările includ realizarea etalonărilor în institutele naționale de metrologie sau în laboratoare acreditate conform ISO/IEC 17025, urmarea principiilor GUM pentru incertitudinea de măsurare și asigurarea că rezultatele măsurărilor sunt urmărite în Sistemul Internațional de Unități. Declarația [33] promovează un sistem de măsurare global în care utilizatorii pot avea încredere în valabilitatea și acceptabilitatea rezultatelor măsurărilor, contribuind la evitarea barierelor tehnice în comerț.

1.7. CONCLUZII

Armonizarea, recunoașterea la nivel global, și cooperarea între organizațiile internaționale de metrologie, standardizare și acreditare, precum BIPM, OIML, ILAC și ISO, joacă un rol fundamental în asigurarea coerenței și comparabilității măsurărilor la nivel internațional. Aceasta este de o importanță crucială pentru a valida rezultatele măsurărilor și pentru a facilita comerțul internațional, eliminând barierele tehnice.

Armonizarea implică conformitatea cu standarde internaționale, terminologie comună și documente emise de organizațiile internaționale de metrologie. Recunoașterea reciprocă la nivel global a etaloanelor naționale și a certificatelor de etalonare este esențială pentru încrederea mondială în măsurători. Trasabilitatea metrologică, care leagă rezultatele măsurărilor de standarde internaționale, este un element-cheie în această recunoaștere.

Astfel, aceste organizații lucrează împreună pentru a dezvolta și promova ghiduri și principii comune care să asigure valabilitatea și acceptabilitatea rezultatelor măsurărilor la nivel global. Prin armonizare și cooperare, se facilitează comerțul internațional, se sprijină activitățile socio-economice și se avansează în cercetarea științifică și tehnologică. Trasabilitatea metrologică este, așadar, o piatră de temelie în această abordare globală și asigură încrederea în măsurători și standarde la nivel mondial.

Capitolul 2

ASIGURAREA TRASABILITĂȚII UNITĂȚILOR DE MĂSURĂ

2.1. ASIGURAREA TRASABILITĂȚII UNITĂȚILOR DE MĂSURĂ

2.1.1. Scheme de trasabilitate a unităților de măsură

Sistemul național de metrologie din Republica Moldova funcționează în conformitate cu principiile metrologice internaționale, asigurând trasabilitatea metrologică a măsurărilor. Acest sistem implică utilizarea Etaloanelor Naționale ca surse primare sau secundare de referință, care servesc drept sursă de trasabilitate metrologică pentru mijloacele de măsurare folosite în țară. Schemele de trasabilitate sunt elaborate pentru a defini lanțul de calibrare și ierarhia de etaloane care asigură legătura între etaloanele naționale și mijloacele de măsurare de lucru.

Aceste scheme de trasabilitate pot fi fie de nivel național, acoperind toate mijloacele de măsurare utilizate în țară, fie de nivel local, pentru mijloacele de măsurare supuse verificării metrologice în laboratoarele acreditate. Ele trebuie să fie în concordanță cu standardele internaționale și să asigure trasabilitatea metrologică la unitățile Sistemului Internațional de Unități (SI). Schema de trasabilitate trebuie să fie aprobată oficial de autoritățile competente, iar desenul schemei de trasabilitate trebuie să evidențieze vizual ierarhia etaloanelor și legătura dintre ele.

Acest sistem asigură uniformitatea și exactitatea măsurărilor în Republica Moldova, fiind în acord cu cerințele metrologice internaționale și menținând integritatea proceselor de măsurare la nivel național.

Conținutul și stabilirea schemelor de trasabilitate [35]

Schemele de trasabilitate reprezintă reprezentări grafice sau textuale ale legăturilor metrologice dintre etaloanele de toate nivelurile și mijloacele de măsurare de lucru. Aceste scheme oferă informații detaliate despre denumirea mijloacelor de măsurare folosite pentru diseminarea unității de măsură, metodele de măsurare, valorile nominale sau intervalele de măsurare ale etaloanelor, erorile tolerate ale mijloacelor de măsurare de lucru și incertitudinile maxime. Metodele de măsurare trebuie să fie specificate fără ambiguitate și să corespundă principiilor metrologice recunoscute. Schemele de trasabilitate includ niveluri diferite, cum ar fi etaloane internaționale, etaloane naționale, etaloane de referință, etaloane de lucru și mijloace de măsurare de lucru. Aceste niveluri sunt conectate prin linii care reprezintă legăturile metrologice.

Schemele de trasabilitate sunt esențiale pentru asigurarea uniformității și exactității măsurărilor, precum și pentru menținerea integrității proceselor de măsurare. Ele trebuie să fie elaborate în conformitate cu standardele metrologice naționale și internaționale și să furnizeze informații suficiente pentru a înțelege și valida legăturile metrologice dintre etaloanele de diferite niveluri și mijloacele de măsurare de lucru. Aceste scheme sunt utilizate în cadrul Sistemului Național de Metrologie pentru a asigura trasabilitatea metrologică a măsurărilor la unitățile Sistemului Internațional de Unități (SI).

Textul schemelor de trasabilitate

Aceste texte conțin informații detaliate despre etaloanele naționale, secundare și de referință, inclusiv caracteristicile metrologice și tehnice, locație și persoana responsabilă. Ele dezvăluie, de asemenea, informații despre alte etaloane și metodele de comparare utilizate. Textele despre etaloanele de lucru furnizează detalii despre tipurile de mijloace de măsurare echivalente și metodele de comparare, plus referințe la documentația tehnică. În ceea ce privește mijloacele de măsurare de lucru, aceste texte oferă specificații cu privire la caracteristicile lor metrologice și tipurile de mijloace de măsurare utilizate în schema, precum și metodele de comparare și documentația tehnică relevantă.

2.1.2. Managementul etaloanelor naționale ale unităților de măsură

Etaloanele sunt măsurile de referință utilizate pentru reproducerea, conservarea și verificarea unităților de măsură, iar măsurile etalon sunt obiecte cu precizie normată. Etaloanele pot fi etaloane de bază, derivate sau de lucru, și sunt clasificate în funcție de destinație și precizie. Ele asigură trasabilitatea și uniformitatea măsurărilor într-o țară. Etaloanele naționale sunt gestionate de Institutul Național de Metrologie și aprobate de Ministerul Economiei și Infrastructurii. Acestea sunt înregistrate în Registrul de Stat al Etaloanelor Unităților de Măsură de către Ministerul Economiei și Infrastructurii.

Elaborarea etaloanelor unităților de măsură

Etaloanele naționale sunt elaborate [38] conform unui program anual stabilit de Institutul Național de Metrologie (INM). Aprobarea acestui program are loc la recomandarea Consiliului Tehnico-Științific al INM, prin decizia directorului INM. Etaloanele propuse pentru aprobare ca etaloane naționale trebuie să fie trasabile în Sistemul Internațional de Unități (SI), conform cerințelor stabilite de Acordul de Recunoaștere Mutuală a Etaloanelor Naționale și a Certificatelor de Etalonare emise de către Instituțiile Naționale de Metrologie [4].

Aprobarea etaloanelor unităților de măsură

Aprobarea unui etalon ca etalon național implică un proces în care INM prezintă documentația corespunzătoare CNM. După examinare, CNM emite o recomandare pentru aprobare către MEI, care, ulterior, emite un ordin de aprobare. Informația este publicată pe site-urile web ale MEI și INM, precum și în revista "Metrologie." Documentația etalonului aprobat trebuie să includă fișa tehnică, cerințele de conservare și utilizare, rezultatele cercetărilor, ordinul MEI, documentația tehnică, schema de trasabilitate și un program de implementare. Acest proces asigură conformitatea etalonului cu standardele de calitate și cu Sistemul Internațional de Unități (SI).

Conservarea, utilizarea și perfecționarea etaloanelor naționale

Conservarea unui etalon național implică menținerea și utilizarea corectă a acestuia, cu studii periodice asupra stabilității sale. INM are responsabilitatea de a asigura controlul și întreținerea etalonului, precum și de a actualiza și îmbunătăți etalonul dacă este necesar. Utilizarea etalonului pentru a disemina unitățile de măsură la alte etaloane se face în conformitate cu reglementările.

Toate aceste activități sunt documentate conform standardelor metrologice, iar procesul este supus unui control riguros în cadrul instituției. Orice îmbunătățiri propuse pentru etalon sunt examinate și aprobate, dacă sunt considerate adecvate, de către autorități competente.

Compararea etaloanelor naționale

Datele de referință pentru rezultatele etalonării sunt păstrate conform standardelor interne ale INM, care respectă cerințele generale ale standardului SM EN ISO/IEC 17025. Etaloanele naționale trebuie să fie trasabile la cele din alte țări, care, la rândul lor, trebuie să fie trasabile la etaloanele internaționale. Trasabilitatea este confirmată prin certificate de etalonare de la organizațiile internaționale sau institutele naționale de metrologie ale altor state, care sunt păstrate împreună cu etaloanele respective.

Înregistrarea, introducerea modificărilor și radierea etaloanelor naționale în/din registrul de stat al etaloanelor unităților de măsură

Pentru gestionarea etaloanelor unităților de măsură în Sistemul Național de Etaloane, fiecare etalon național este înregistrat în Registrul de stat al etaloanelor. Acest registru este gestionat de Ministerul Economiei și Infrastructurii și disponibil online. Informația oficială despre etaloane este publicată pe site-ul Institutului Național de Metrologie. Schimbările sau retragerile de etaloane se fac conform legii și la recomandarea Consiliului Național de Metrologie. Institutul Național de Metrologie revizuieste situația etaloanelor naționale cel puțin la fiecare trei ani și prezintă rezultatele pentru examinare [38].

2.2 ASIGURAREA TRASABILITĂȚII UNITĂȚILOR DE MĂSURĂ ÎN ROMÂNIA

2.2.1. Trasabilitatea rezultatelor măsurărilor efectuate cu etaloanele utilizate la verificarea metrologică

Trasabilitatea la etaloanele naționale ale României se realizează prin etalonări efectuate în laboratoare din cadrul BRML sau în laboratoare aparținând altor operatori economici, cu etaloane trasabile la etaloanele naționale ale României. Trasabilitatea la etaloanele naționale ale altor țări sau la etaloanele internaționale se asigură prin etalonări efectuate în laboratoare din structura BRML, în laboratoare din alte țări sau în laboratoare care au etaloane trasabile la etaloanele naționale ale acelor țări sau la etaloanele internaționale. Etaloanele care nu pot fi transportate din cauza dimensiunilor mari sau a riscului de deteriorare pot fi etalonate la locul de utilizare, cu asigurarea condițiilor necesare. Periodicitatea etalonării și certificării echipamentelor de verificare se stabilește de către deținătorul sau utilizatorul etaloanelor și a echipamentelor, iar aceasta este validată de BRML. Prin monitorizarea în timp a etaloanelor și echipamentelor, se asigură că perioadele de etalonare sunt adecvate. Rezultatele etalonării sunt documentate în certificate de etalonare, iar etaloanele sunt etichetate corespunzător. Dacă un etalon nu mai asigură măsurători corecte, trebuie scos din uz și eticheta specifică trebuie îndepărtată [41].

2.2.2. Politica ILAC de trasabilitate a rezultatelor măsurării

ILAC (Cooperarea Internațională pentru Acreditarea Laboratoarelor) este o entitate internațională care acreditează laboratoare și organizații de inspecție. Membrii săi promovează recunoașterea reciprocă a rapoartelor de etalonare, încercare și inspecție. Scopul său fundamental este de a inspira încredere în competența acestor organizații.

ILAC are acorduri de recunoaștere reciprocă între organizațiile de acreditare. Înainte de a deveni membru ILAC, fiecare organism de acreditare este evaluat în conformitate cu regulile ILAC.

ILAC lucrează în colaborare cu organizațiile regionale pentru a susține viziunea și obiectivele sale. Acesta promovează politici și documente de orientare pentru a asigura un standard uniform de acreditare. Trasabilitatea metrologică se referă la stabilirea unui lanț neîntrerupt de etalonări pentru a stabili etaloanele.

2.2.3. Etaloane naționale

Cerințe la atestarea etaloanelor naționale

Atestarea este un proces de confirmare a performanțelor unui etalon național [43]. Este necesară înainte de recunoașterea oficială a etalonului. Organizația care deține etalonul trebuie să

depună o documentație care demonstrează că etalonul este în conformitate cu cerințele internaționale și că poate furniza măsurători precise. Etalonul trebuie să fie legat de sistemul internațional de unități (SI), iar organizația trebuie să permită accesul nelimitat și necondiționat pentru evaluarea etalonului de către experți desemnați.

Cerințe privind conservarea, utilizarea și perfecționarea etaloanelor naționale

Etaloanele naționale trebuie conservate și utilizate în acord cu specificațiile documentației. Conservarea implică monitorizare, comparări internaționale, și menținerea condițiilor de stocare. Utilizarea constă în atribuirea valorilor altor etaloane. Activitățile sunt documentate în rapoarte analizate de o comisie. Orice îmbunătățire se bazează pe proiecte aprobate de comisie și însoțite de documentație pentru reatestare.

Cerințe pentru organizațiile deținătoare ale etaloanelor naționale

Organizațiile deținătoare de etaloane naționale trebuie să le conserve și să le utilizeze în conformitate cu documentația de atestare. Orice lucrare în afara specificațiilor documentației necesită aprobarea președintelui Comisiei. Aprobările se obțin prin prezentarea unui referat detaliat care descrie scopul și rezultatele anticipate ale lucrărilor planificate. În cazul apariției unor schimbări neprevăzute care pun în discuție performanța metrologică a etalonului național, organizația deținătoare trebuie să oprească utilizarea etalonului și să informeze imediat Comisia pentru stabilirea măsurilor ulterioare. Comisia va decide asupra acestor măsuri la următoarea reuniune.

Comisia pentru etaloane naționale

Se instituie o Comisie pentru etaloane naționale pentru a atesta etaloanele, aproba rapoartele de conservare, utilizare și îmbunătățire și pentru a reevalua etaloanele la fiecare trei ani. Dacă este cazul, Comisia poate recomanda reatestarea, menținerea atestării sau retragerea acesteia. În cazul retragerii atestării, se propune rectificarea hotărârii Guvernului privind etalonul respectiv [43].

2.3. CONCLUZII

1. Trasabilitatea metrologică este esențială pentru funcționarea unui Sistem Național de Metrologie, asigurând uniformitatea și exactitatea măsurărilor. În Republica Moldova, Institutul Național de Metrologie (INM) menține Etaloanele Naționale pentru trasabilitatea metrologică, contribuind la implementarea actelor normative legate de metrologie.
2. Etaloanele sunt cruciale pentru asigurarea consistenței și preciziei măsurărilor, având diverse clasificări și destinații. Ele reprezintă referințe fundamentale în metrologie și contribuie la dezvoltarea tehnologică și asigurarea calității produselor și serviciilor.
3. Etaloanele naționale sunt proprietate publică a statului și sunt menținute, utilizate și perfecționate de către Institutul Național de Metrologie în Republica Moldova. Ele asigură trasabilitatea măsurărilor la nivel național.
4. În România, etalonarea se face la laboratoarele Biroului Român de Metrologie Legală (BRML) și alți operatori economici, asigurând trasabilitatea la etaloanele naționale. Rezultatele etalonării se consemnează în Certificatul de etalonare.
5. ILAC este o autoritate internațională care acreditează laboratoare și organizații de inspecție în întreaga lume, asigurând încredere în competența acestor organisme și susținând activități economice, precum și protecția sănătății, siguranței și mediului.
6. Procesul de atestare a etaloanelor naționale este un pas obligatoriu înainte de recunoașterea oficială și implică respectarea cerințelor stricte și documentație detaliată. Procesul de conservare, utilizare și îmbunătățire trebuie să fie strict controlat, documentat și evaluat de către Comisia pentru etaloane naționale. Această comisie joacă un rol crucial în monitorizarea și evaluarea acestor procese și poate recomanda reatestarea, menținerea atestării sau retragerea acesteia, în funcție de situație.

Capitolul 3.

METODE DE ETALONARE A MĂSURILOR DE VOLUM DIN METAL

3.1. METODA GRAVIMETRICĂ DE ETALONARE A MĂSURILOR DE VOLUM DIN METAL

3.1.1. Descriere și clasificare

Măsurile de volum din metal de ordinul I [47] sunt utilizate pentru a transmite unitatea de volum către măsurile de volum din metal de ordinul II și măsurile tehnice de volum (Fig. 3.1). Eroarea măsurii de volum din metal de ordinul I la temperatura de 20,0 °C nu trebuie să depășească 0,02 % din valoarea nominală. Măsurile de volum din metal de ordinul I sunt de mai multe tipuri: M1p2; M1p5; M1p10; M1p20; M1p50; M1p100; M1p200; M1p500. În procesul etalonării se utilizează măsurile de volum până la 200 dm³. O măsură de volum este constituită din: picioare de reglat, robinet, carcasă, geam de vedere, nivel maxim (Fig. 3.2).



Fig. 3.1. Clasificarea măsurilor de volum din metal de ordinul I [48]

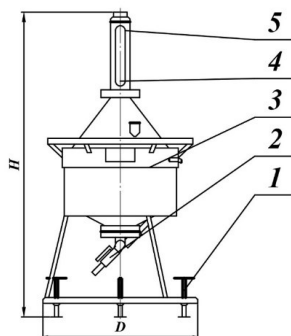


Fig 3.2. Măsură de volum de ordinul I. 1. Picioare de reglat, 2. Robinet, 3. Carcasă, 4. Geam de vedere, 5. Nivel maxim [48, 49]

3.1.2. Mijloace de etalonare. Efectuarea etalonării

Pentru etalonarea măsurilor de volum, anumite condiții de mediu trebuie respectate. Aceste condiții includ temperatura mediului ambiant, umiditatea aerului, presiunea atmosferică și temperatura apei în timpul etalonării. În cazul în care aceste condiții nu sunt îndeplinite, măsurările trebuie să fie sistate și repetate după ce neregulile au fost corectate.

În plus, trebuie să se respecte cerințele de securitate și documentația tehnică pentru etaloanele și mijloacele de măsurare utilizate în procesul de etalonare.

Procedura de etalonare implică utilizarea de mijloace de măsurare și dispozitive auxiliare precum: comparator de masă, aparat de cântărit cu funcționare neautomată, termometru digital cu rezistență din platină Pt 100, cronometru mecanic, termohigometru digital, indicator de presiune, umiditate, temperatură și micropipetă. Etalonarea măsurilor de volum poate fi efectuată fie direct,

fie prin intermediul unui vas de transfer. Aceasta implică măsurarea temperaturii apei, cântărirea măsurii de volum etalonate, și înregistrarea rezultatelor pentru calculul masei totale.

Aceste etape asigură procedura corectă și precisă de etalonare a măsurilor de volum.

3.2. METODA VOLUMETRICĂ DE ETALONARE A MĂSURILOR DE VOLUM DIN METAL

3.2.1. Descriere și clasificare

Măsurile de volum din metal de ordinul I și ordinul II [50] sunt utilizate pentru a transmite unitatea de volum către măsurii tehnice de volum, rezervoare, distribuitoare. Eroarea relativă a măsurii de volum din metal de ordinul II la temperatura de 20,0 °C nu trebuie să depășească 0,1 %, conform, GOST 8.400-80. Măsurile de volum din metal de ordinul II sunt de mai multe tipuri: M2p2; M2p5; M2p10; M2p20; M2p50; M2p100; M2p200; M2p500.

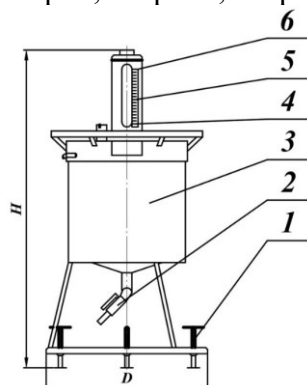


Fig 3.4 Măsură de volum de ordinul II. 1. Picioare de reglat, 2. Robinet, 3. Carcasă, 4. Nivel minim, 5. Geam de vedere, 6. Scară gradată [50]

3.2.2. Mijloace de etalonare. Efectuarea etalonării.

Etalonarea măsurilor de volum din metal se efectuează cu ajutorul mijloacelor de măsurare și dispozitivelor auxiliare: măsurii etalon de volum, termometru digital, cronometru mecanic, termohigometru digital, indicator de presiune, umiditate, temperatură, micropipetă. Se permite utilizarea și a altor echipamente care au parametri similari sau mai buni decât cele menționate în tabel.

Pentru a începe procesul de etalonare, măsurile de volum sunt supuse unei verificări vizuale pentru a asigura că sunt în stare bună, fără defecte mecanice sau coroziune, iar interiorul lor este curat și lipsit de elemente străine. Dacă trec această etapă, pot trece la următoarea.

Etalonarea se face utilizând metoda volumetrică, care implică umplerea măsurii etalon de volum cu apă, înregistrarea temperaturii apei, adăugarea sau scoaterea apei pentru a atinge valoarea nominală și transferul acestei ape în măsura de volum etalonat. Aceste măsurători sunt înregistrate într-o fișă de date primară.

Este important să se efectueze minim 3 măsurători pentru fiecare măsură de volum.

3.3. CONCLUZII

1. Măsurile de volum din metal de ordinul I sunt esențiale pentru transferul unității de volum către alte măsurii de volum și trebuie să aibă o eroare maximă de 0,02% la 20,0 °C. Există diverse capacități disponibile.
2. Măsurile de volum din metal de ordinul II sunt importante pentru transmiterea unității de volum către alte dispozitive și trebuie să aibă o eroare relativă de cel mult 0,1% la 20,0 °C, conform standardelor. Ele sunt disponibile în diverse tipuri. Etalonarea se face în condiții strict controlate de mediu, și incertitudinea măsurării este analizată detaliat pentru asigurarea preciziei

Capitolul 4.

COMPONENTELE DOȘARULUI PRIVIND DECLARAREA ETALONULUI NATIONAL AL UNITĂȚII DE MĂSURĂ A VOLUMULUI LICHIDELOR

4.1. ETALONUL NAȚIONAL AL UNITĂȚII DE MĂSURĂ A VOLUMULUI LICHIDELOR

4.1.1. Introducere și descrierea etalonului

Etalonul Național al Unității de Măsură a Volumului Lichidelor (ETN) constituie o componentă esențială în cadrul Sistemului Național de Etaloane. Acesta a fost dezvoltat în conformitate cu direcțiile stabilite în „Programul de Dezvoltare Strategică pentru anii 2017-2019” al Institutului Național de Metrologie și are ca scop fundamental reproducerea, conservarea și transmiterea unității de măsură a volumului.

ETN asigură trasabilitatea prin metoda gravimetrică specificată în ETN 09-15. Acesta servește ca referință pentru alte etaloane de lucru și mijloace de măsurare din domeniul măsurilor de volum, menținând uniformitatea și exactitatea măsurărilor efectuate în întreaga Republica Moldova.

Componenta ETN include diverse mijloace de măsurare, echipamente și utilaje necesare pentru realizarea etalonării, precum comparatorul de masă tip HRP 200.4Y.KO (fig. 4.1) [52] și aparatul de cântărit cu funcționare neautomată tip APP 25.3Y (fig. 4.2), care sunt etaloane primare folosite pentru cântărirea masei lichidelor din măsurile de volum, convertirea acestora în volum și aducerea la temperatura de referință $t_0 = 20^{\circ}\text{C}$.

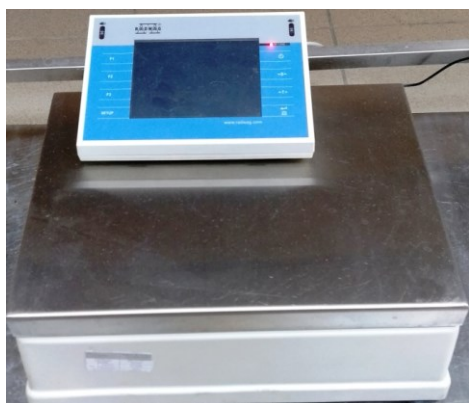


Fig. 4.1 Aparat de cântărit cu funcționare neautomată, tip APP 25.3Y [51], [52]



Fig. 4.2 Comparator de masă, tip HRP 200.4Y.KO [51], [52]

Măsurile etalon de volum [53] reprezintă un element crucial în ETN și permit măsurarea volumului lichidelor cu o incertitudine situată între $0,0005$ și $0,04 \text{ dm}^3$, precizia măsurării variind în funcție de parametrii mediului ambiant. Aceste măsuri etalon de volum, cu valori nominale și o exactitate de $0,02\%$, sunt utilizate pentru reproducerea unității de măsură a volumului. ETN reprezintă o componentă vitală a sistemului metrologic din Republica Moldova, asigurând uniformitatea și precizia măsurărilor volumetrice.

4.1.2. Rezultatele cercetărilor etalonului

Cercetările etalonului național s-au efectuat în perioada 2017-2018 [53] și s-au axat pe:

1. stabilitatea caracteristicilor metrologice a comparatorului de masă;
2. stabilitatea caracteristicilor metrologice a aparatului de cântărit cu funcționare neautomată;
3. stabilitatea caracteristicilor metrologice a măsurilor de volum în timp.

1) Stabilitatea caracteristicilor metrologice a comparatorului de masă

- a) Măsurări efectuate în data de 17 martie 2017, prezentate în tabelul 4.2.



Fig. 4.3 Măsură etalon de volum, MIP-10 GP-01 [51]



Fig. 4.4 Măsură etalon de volum, MIP-50 GP-01 [51]



Fig. 4.5 Măsură etalon de volum, MIP-100 GP-01 [51]

Tabelul 4.2 Valorile primite în rezultatul măsurărilor efectuate în data de 17 martie 2017 pentru comparatorul de masă, tip HRP 200.4Y.KO [52]

| Nr. | Valoarea greutății etalon, [kg] | Valoare măsurată până la calibrare (A), [kg] | Eroarea absolută, [kg] | Valoare măsurată după calibrare (B), [kg] | Eroarea absolută, [kg] |
|-----|---------------------------------|--|------------------------|---|------------------------|
| 1 | 0,02 | 0,0198 | -0,0002 | 0,02 | 0,0000 |
| 2 | 3 | 2,9988 | -0,0012 | 2,999 | -0,0010 |
| 3 | 5 | 4,998 | -0,0020 | 4,9994 | -0,0006 |
| 4 | 10 | 9,9966 | -0,0034 | 9,9996 | -0,0004 |
| 5 | 20 | 19,9938 | -0,0062 | 19,9998 | -0,0002 |
| 6 | 30 | 29,9944 | -0,0056 | 29,9989 | -0,0011 |
| 7 | 70 | 69,9872 | -0,0128 | 69,9996 | -0,0004 |
| 8 | 100 | 99,9938 | -0,0062 | 99,9996 | -0,0004 |
| 9 | 140 | 139,992 | -0,0080 | 139,9994 | -0,0006 |
| 10 | 200 | 199,9924 | -0,0076 | 199,999 | -0,0010 |

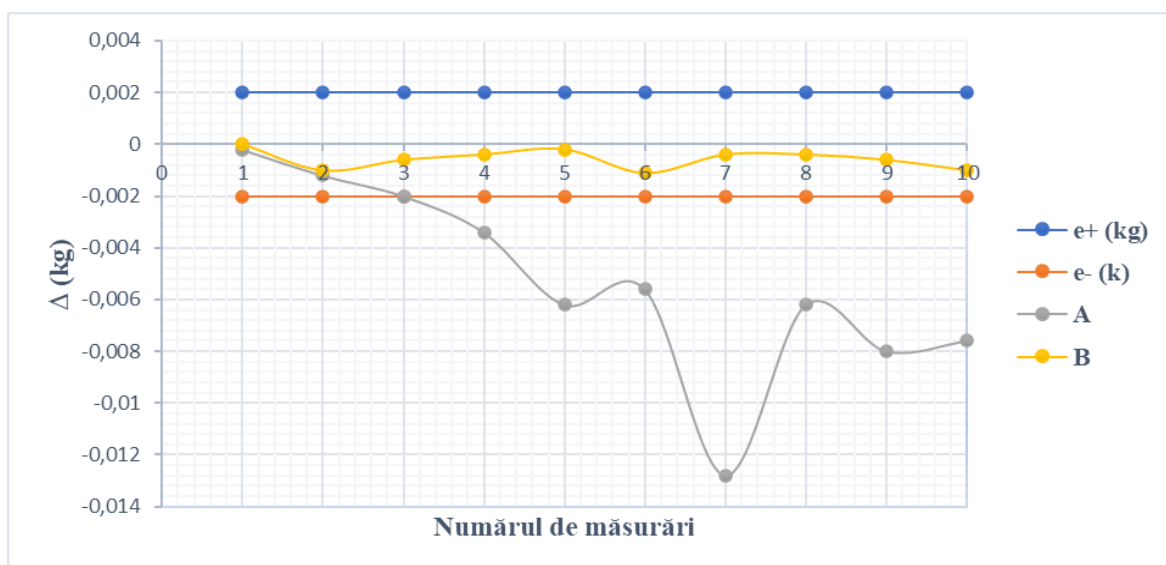


Fig. 4.6 Reprezentarea grafică a curbei erorii în urma măsurărilor efectuate în data 17.03.2017 [52]

b) Măsurări efectuate în data de 13 iunie 2017, prezentate în tabelul 4.3.

Tabelul 4.3 Valorile primite în rezultatul măsurărilor efectuate în data de 13 iunie 2017 pentru comparatorul de masă, tip HRP 200.4Y.KO [52]

| Nr. | Valoarea greutății etalon, [kg] | Valoare măsurată, [kg] | Eroarea absolută, [kg] |
|-----|---------------------------------|------------------------|------------------------|
| 1 | 0,02 | 0,0198 | -0,0002 |
| 2 | 3 | 2,999 | -0,0010 |
| 3 | 5 | 4,9996 | -0,0004 |
| 4 | 10 | 9,9996 | -0,0004 |
| 5 | 20 | 19,9996 | -0,0004 |
| 6 | 30 | 29,9996 | -0,0004 |
| 7 | 70 | 69,9993 | -0,0007 |
| 8 | 100 | 99,9996 | -0,0004 |
| 9 | 140 | 139,9994 | -0,0006 |
| 10 | 200 | 199,9994 | -0,0006 |

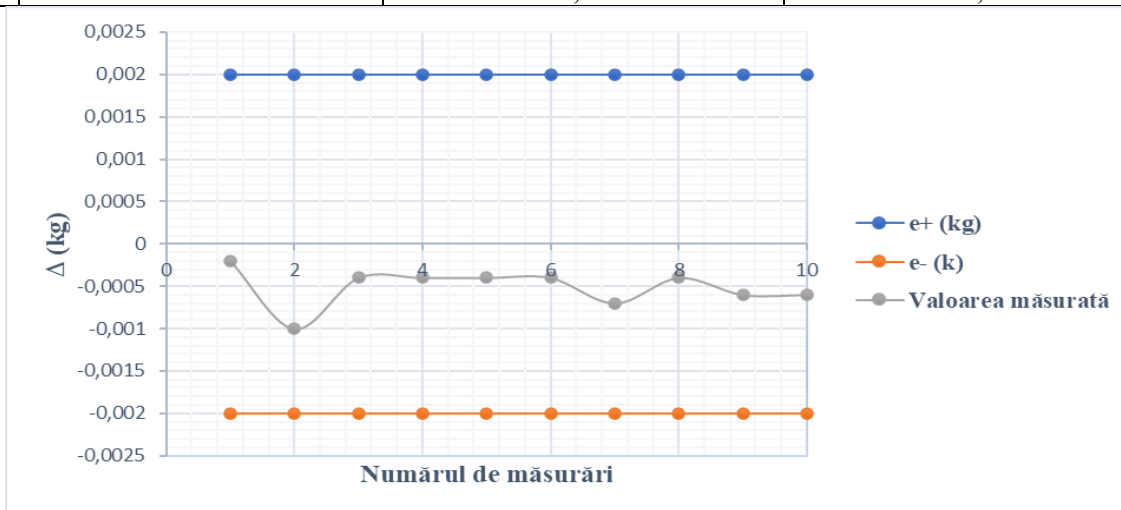


Fig. 4.7 Reprezentarea grafică a curbei erorii în urma măsurărilor efectuate în data 13.06.2017

c) Măsurări efectuate în data de 13 martie 2018, prezentate în tabelul 4.4.

Tabelul 4.4 Valorile primite în rezultatul măsurărilor efectuate în data de 13 martie 2018 pentru comparatorul de masă, tip HRP 200.4Y.KO [52]

| Nr. | Valoarea greutății etalon, [kg] | Valoare măsurată, [kg] | Eroarea absolută, [kg] |
|-----|---------------------------------|------------------------|------------------------|
| 1 | 1,00 | 1 | 0,0000 |
| 2 | 3,00 | 3,0004 | 0,0004 |
| 3 | 5,00 | 5,0002 | 0,0002 |
| 4 | 10,00 | 10,0002 | 0,0002 |
| 5 | 15,00 | 15,0004 | 0,0004 |
| 6 | 20,00 | 20,0002 | 0,0002 |
| 7 | 30,00 | 29,9986 | -0,0014 |
| 8 | 50,00 | 49,9994 | -0,0006 |
| 9 | 80,00 | 79,9994 | -0,0006 |
| 10 | 100,00 | 99,9994 | -0,0006 |
| 11 | 120,00 | 119,9992 | -0,0008 |
| 12 | 150,00 | 149,9996 | -0,0004 |
| 13 | 200,00 | 199,9998 | -0,0002 |

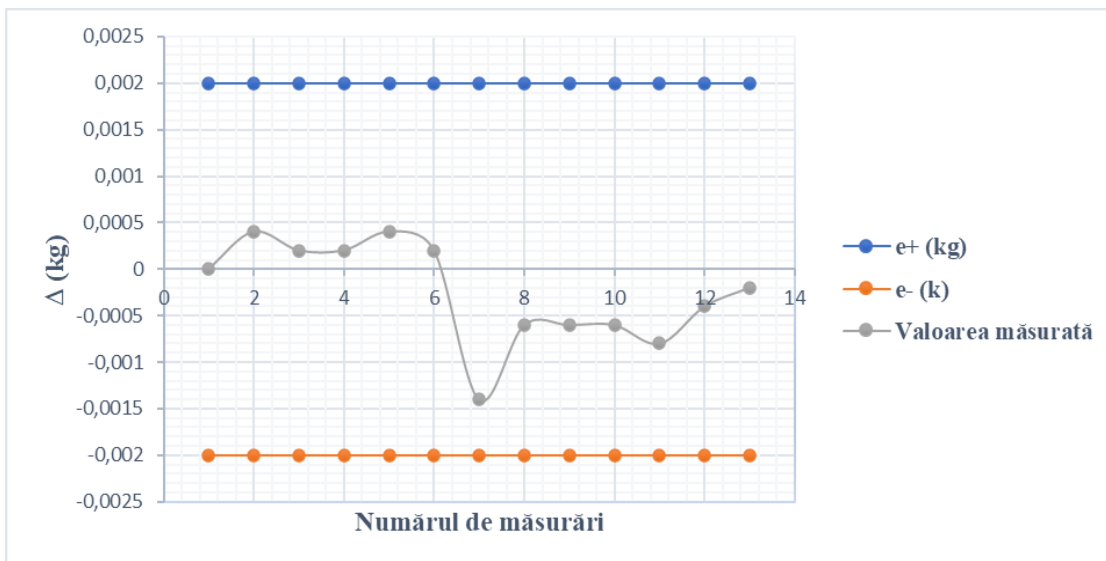


Fig. 4.8 Reprezentarea grafică a curbei erorii în urma măsurărilor efectuate în data 13.03.2018 [52]

d) Măsurări efectuate în data de 11 mai 2018 , prezentate în tabelul 4.5.

Tabelul 4.5 Valorile primite în rezultatul măsurărilor efectuate în data de 11 mai 2018 pentru comparatorul de masă, tip HRP 200.4Y.KO [52]

| Nr. | Valoarea greutății etalon, [kg] | Valoare măsurată, [kg] | Eroarea absolută, [kg] |
|-----|---------------------------------|------------------------|------------------------|
| 1 | 1,00 | 1,0002 | 0,0002 |
| 2 | 3,00 | 3 | 0,0000 |
| 3 | 5,00 | 5,0004 | 0,0004 |
| 4 | 10,00 | 10,0008 | 0,0008 |
| 5 | 15,00 | 15,0006 | 0,0006 |
| 6 | 20,00 | 20,0006 | 0,0006 |
| 7 | 30,00 | 30,0012 | 0,0012 |
| 8 | 50,00 | 50,0008 | 0,0008 |
| 9 | 80,00 | 79,9996 | -0,0004 |
| 10 | 100,00 | 99,9994 | -0,0006 |
| 11 | 120,00 | 120,0002 | 0,0002 |
| 12 | 150,00 | 149,9994 | -0,0006 |
| 13 | 200,00 | 199,9992 | -0,0008 |

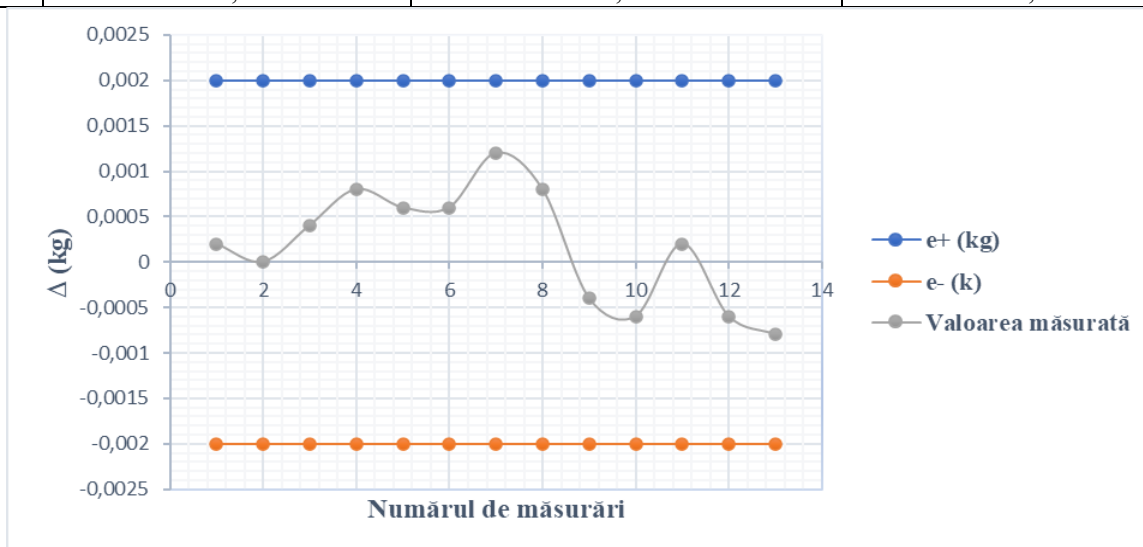


Fig. 4.9 Reprezentarea grafică a curbei erorii în urma măsurărilor efectuate în data 11.05.2018

e) Măsurări efectuate în data de 28 august 2018, prezentate în tabelul 4.6.

Tabelul 4.6 Valorile primite în rezultatul măsurărilor efectuate în data de 28 august 2018 pentru comparatorul de masă, tip HRP 200.4Y.KO [52]

| Nr. | Valoarea greutății etalon, [kg] | Valoare măsurată, [kg] | Eroarea absolută, [kg] |
|-----|---------------------------------|------------------------|------------------------|
| 1 | 1,00 | 1 | 0,0000 |
| 2 | 3,00 | 2,9998 | -0,0002 |
| 3 | 5,00 | 5,0008 | 0,0008 |
| 4 | 10,00 | 10,0006 | 0,0006 |
| 5 | 15,00 | 15,0002 | 0,0002 |
| 6 | 20,00 | 20,0004 | 0,0004 |
| 7 | 30,00 | 30,0004 | 0,0004 |
| 8 | 50,00 | 49,9998 | -0,0002 |
| 9 | 80,00 | 79,9994 | -0,0006 |
| 10 | 100,00 | 99,9996 | -0,0004 |
| 11 | 120,00 | 119,9992 | -0,0008 |
| 12 | 150,00 | 149,9999 | -0,0001 |
| 13 | 200,00 | 199,9992 | -0,0008 |

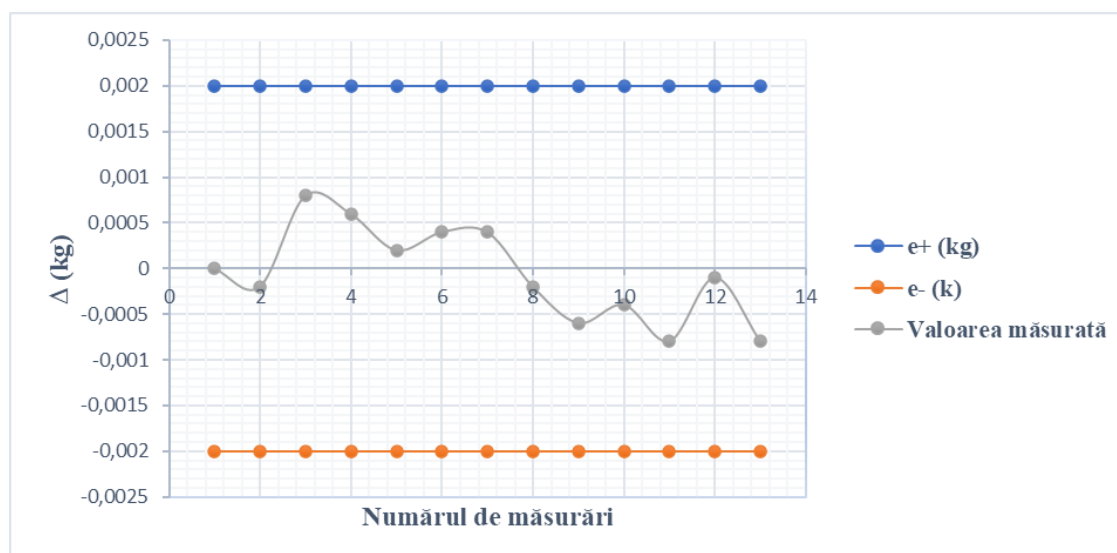


Fig. 4.10 Reprezentarea grafică a curbei erorii în urma măsurărilor efectuate în data 28.08.2018 [52]

2) Stabilitatea caracteristicilor metrologice a aparatului de cântărit cu funcționare neautomată

a) Măsurări efectuate în data de 30 martie 2018, prezentate în tabelul 4.7.

Tabelul 4.7 Valorile primite în rezultatul măsurărilor efectuate în data de 30 martie 2018 pentru aparatul de cântărit cu funcționare neautomată, tip APP 25.3Y [52]

| Nr. | Valoarea greutății etalon, [kg] | Valoare măsurată, [kg] | Eroarea absolută, [kg] |
|-----|---------------------------------|------------------------|------------------------|
| 1 | 1,00 | 1 | 0,0000 |
| 2 | 3,00 | 3 | 0,0000 |
| 3 | 5,00 | 5 | 0,0000 |
| 4 | 7,00 | 7 | 0,0000 |
| 5 | 10,00 | 9,9999 | -0,0001 |
| 6 | 15,00 | 14,9999 | -0,0001 |
| 7 | 20,00 | 19,9997 | -0,0003 |
| 8 | 25,00 | 24,9998 | -0,0002 |

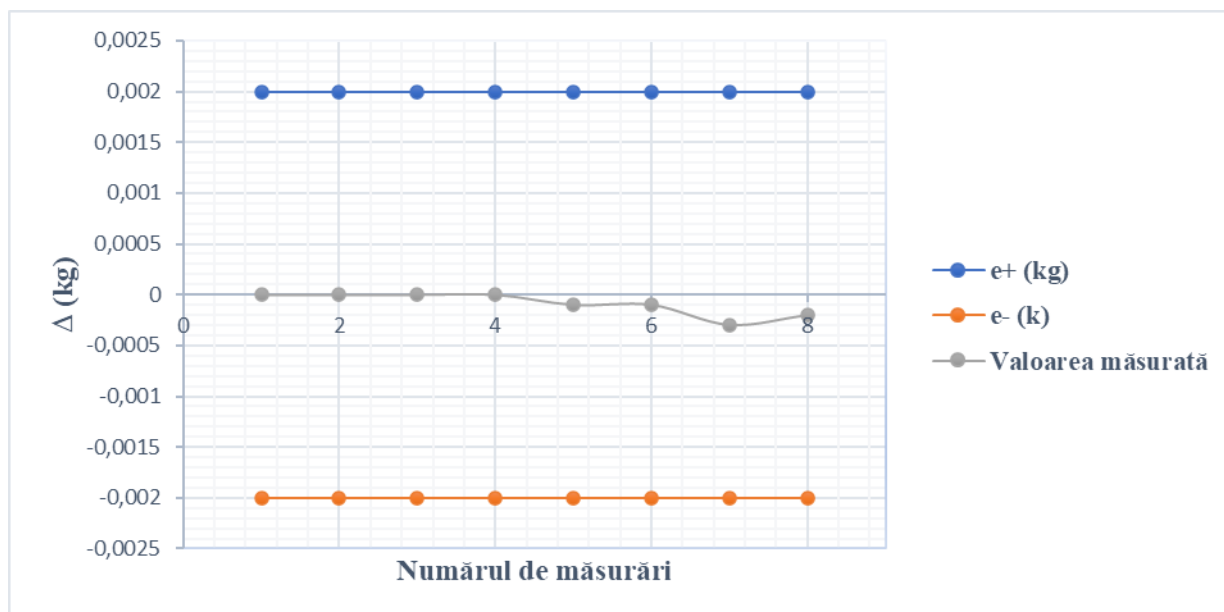


Fig. 4.11 Reprezentarea grafică a curbei erorii în urma măsurărilor efectuate în data 30.03.2018

b) Măsurări efectuate în data de 14 iunie 2018, prezentate în tabelul 4.8.

Tabelul 4.8 Valorile primite în rezultatul măsurărilor efectuate în data de 14 iunie 2018 pentru aparatul de cântărit cu funcționare neautomată, tip APP 25.3Y [52]

| Nr. | Valoarea greutății etalon, [kg] | Valoare măsurată, după calibrare, [kg] | Eroarea absolută, [kg] |
|-----|---------------------------------|--|------------------------|
| 1 | 1,00 | 0,9999 | -0,0001 |
| 2 | 3,00 | 2,9999 | -0,0001 |
| 3 | 5,00 | 5,0001 | 0,0001 |
| 4 | 7,00 | 6,9999 | -0,0001 |
| 5 | 10,00 | 10 | 0,0000 |
| 6 | 15,00 | 14,9999 | -0,0001 |
| 7 | 20,00 | 19,9996 | -0,0004 |
| 8 | 25,00 | 25,0001 | 0,0001 |

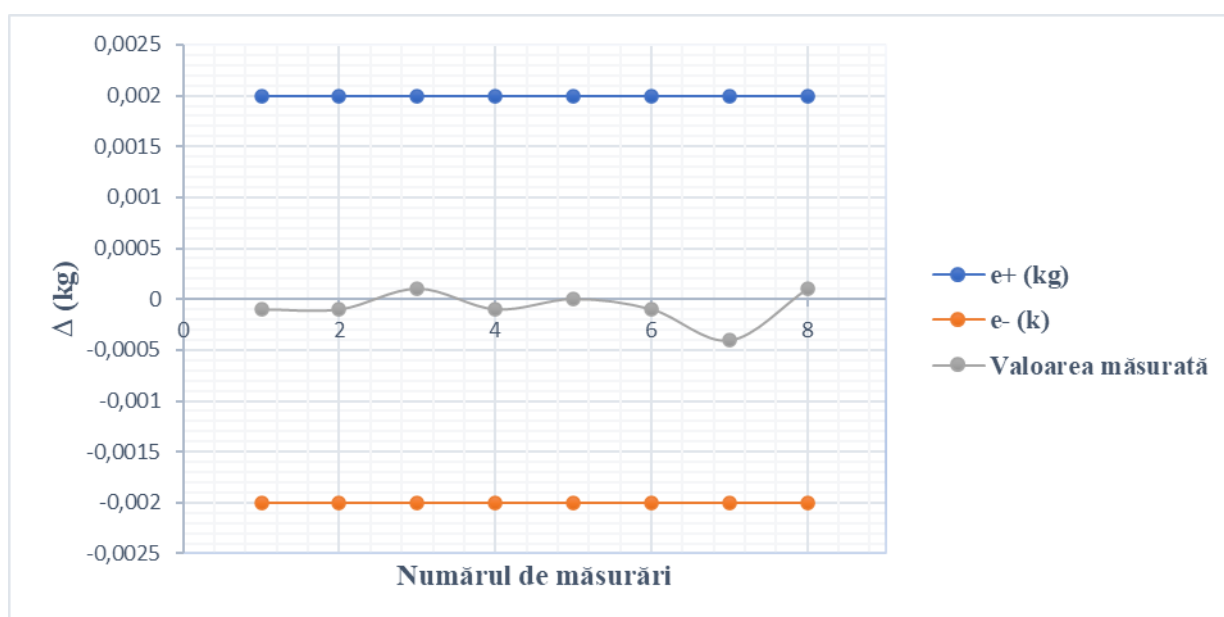


Fig. 4.12 Reprezentarea grafică a curbei erorii în urma măsurărilor efectuate în data 14.06.2018

c) Măsurări efectuate în data de 10 septembrie 2018, prezentate în tabelul 4.9.

Tabelul 4.9 Valorile primite în rezultatul măsurărilor efectuate în data de 10 septembrie 2018 pentru aparatul de cântărit cu funcționare neautomată, tip APP 25.3Y [52]

| Nr. | Valoarea greutății etalon, [kg] | Valoare măsurată, după calibrare, [kg] | Eroarea absolută, [kg] |
|-----|---------------------------------|--|------------------------|
| 1 | 1,00 | 0,9999 | -0,0001 |
| 2 | 3,00 | 3 | 0,0000 |
| 3 | 5,00 | 5 | 0,0000 |
| 4 | 7,00 | 6,9999 | -0,0001 |
| 5 | 10,00 | 9,9999 | -0,0001 |
| 6 | 15,00 | 14,9999 | -0,0001 |
| 7 | 20,00 | 19,9998 | -0,0002 |
| 8 | 25,00 | 24,9999 | -0,0001 |

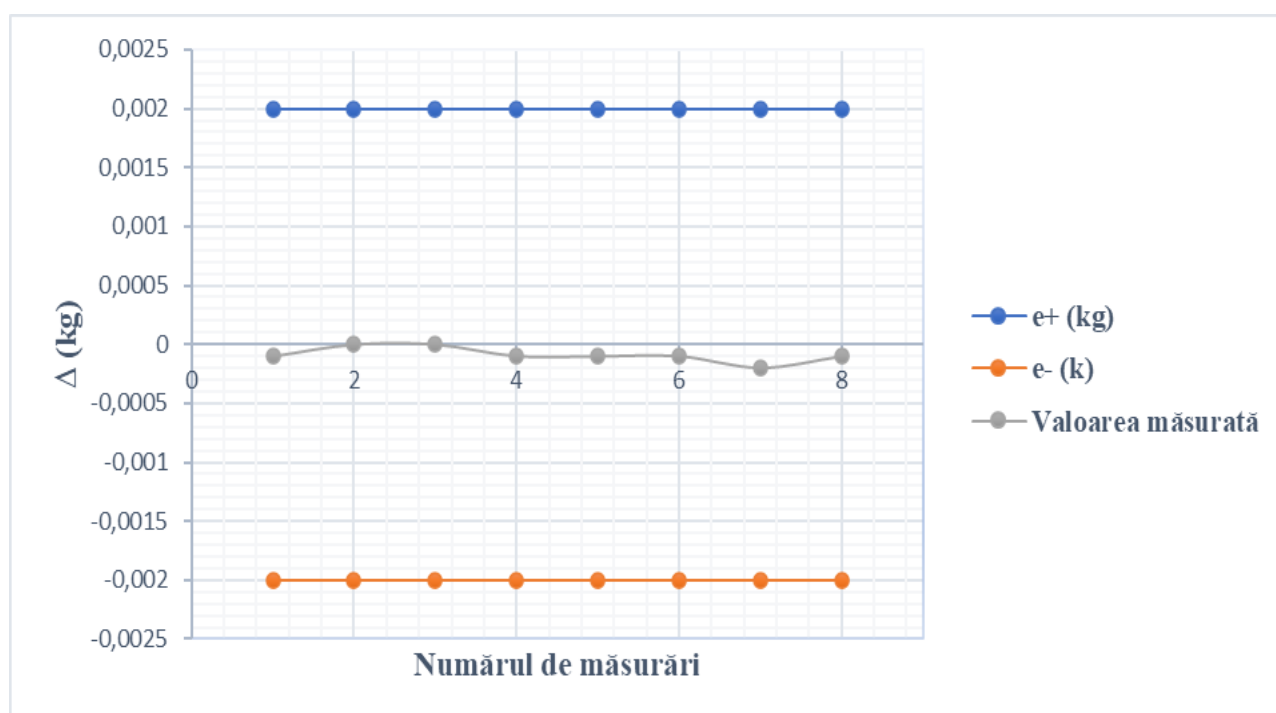


Fig. 4.13 Reprezentarea grafică a curbei erorii în urma măsurărilor efectuate în data 10.09.2018

3) Stabilitatea caracteristicilor metrologice a măsurilor de volum

Stabilitatea caracteristicilor metrologice a măsurilor de volum au fost determinate în baza factorului de concordanță E_n conform SR EN ISO/CEI 17043:2010 [54], dintre valoarea obținută de la ultima etalonare și valoare obținută în timpul măsurărilor.

a) Măsurări efectuate în perioada 06 august 2018, prezentate în tabelul 4.10.

Tabelul 4.10 Valorile primite în rezultatul măsurărilor efectuate în data de 6 august 2018 pentru măsură etalon de volum, tip MIP-10 GP-01 [48]

| Valoarea nominală, [dm ³] | Volum convențional, [dm ³] | | Incertitudinea de măsurare, [dm ³] | | E_n |
|---------------------------------------|--|----------|--|----------|-------|
| | x_m | x_{CE} | U_m | U_{CE} | |
| 10 | 10,013 | 10,013 | 0,00040 | 0,00019 | 0,74 |

b) Măsurări efectuate în perioada 08 august 2018, prezentate în tabelul 4.11.

Tabelul 4.11 Valorile primite în rezultatul măsurărilor efectuate în data de 8 august 2018 pentru măsură etalon de volum, tip MIP-50 GP-01 [48]

| Valoarea nominală, [dm ³] | Volum convențional, [dm ³] | | Incertitudinea de măsurare, [dm ³] | | En |
|---------------------------------------|--|----------|--|----------|------|
| | x_m | x_{CE} | U_m | U_{CE} | |
| 50 | x_m | x_{CE} | U_m | U_{CE} | 0,29 |
| | 50,076 | 50,077 | 0,00117 | 0,00124 | |

c) Măsurări efectuate în perioada 13 august 2018, prezentate în tabelul 4.12.

Tabelul 4.12 Valorile primite în rezultatul măsurărilor efectuate în data de 8 august 2018 pentru măsură etalon de volum, tip MIP-100 GP-01 [48]

| Valoarea nominală, [dm ³] | Volum convențional, [dm ³] | | Incertitudinea de măsurare, [dm ³] | | En |
|---------------------------------------|--|----------|--|----------|------|
| | x_m | x_{CE} | U_m | U_{CE} | |
| 100 | x_m | x_{CE} | U_m | U_{CE} | 0,65 |
| | 100,126 | 100,128 | 0,00142 | 0,00196 | |

d) Măsurări efectuate în perioada 8 octombrie 2018, prezentate în tabelul 4.13.

Tabelul 4.13 Valorile primite în rezultatul măsurărilor efectuate în data de 8 octombrie 2018 pentru măsură etalon de volum, tip MIP-50 GP-01 [48]

| Valoarea nominală, [dm ³] | Volum convențional, [dm ³] | | Incertitudinea de măsurare, [dm ³] | | En |
|---------------------------------------|--|----------|--|----------|------|
| | x_m | x_{CE} | U_m | U_{CE} | |
| 50 | x_m | x_{CE} | U_m | U_{CE} | 0,54 |
| | 50,076 | 50,077 | 0,00099 | 0,00124 | |

e) Măsurări efectuate în perioada 10 octombrie 2018, prezentate în tabelul 4.14.

Tabelul 4.14 Valorile primite în rezultatul măsurărilor efectuate în data de 10 octombrie 2018 pentru măsură etalon de volum, tip MIP-10 GP-01 [48]

| Valoarea nominală, [dm ³] | Volum convențional, [dm ³] | | Incertitudinea de măsurare, [dm ³] | | En |
|---------------------------------------|--|----------|--|----------|------|
| | x_m | x_{CE} | U_m | U_{CE} | |
| 10 | x_m | x_{CE} | U_m | U_{CE} | 0,88 |
| | 10,013 | 10,013 | 0,00044 | 0,00019 | |

f) Măsurări efectuate în perioada 17 octombrie 2018, prezentate în tabelul 4.15.

Tabelul 4.15 Valorile primite în rezultatul măsurărilor efectuate în data de 17 octombrie 2018 pentru măsură etalon de volum, tip MIP-100 GP-01 [48]

| Valoarea nominală, [dm ³] | Volum convențional, [dm ³] | | Incertitudinea de măsurare, [dm ³] | | En |
|---------------------------------------|--|----------|--|----------|------|
| | x_m | x_{CE} | U_m | U_{CE} | |
| 100 | x_m | x_{CE} | U_m | U_{CE} | 0,65 |
| | 100,126 | 100,128 | 0,00142 | 0,00196 | |

4.1.3. Eficiența tehnico-științifică și tehnico-economică a implementării etalonului

Măsurările precise au un impact semnificativ asupra sectoarelor petrolier și vinicol din Republica Moldova, precum și asupra industriei alimentare. În industria alimentară, măsurile precise sunt esențiale pentru determinarea volumului laptelui și a produselor lactate, în timp ce în industria vinicolă sunt necesare pentru stabilirea volumului exact al vinurilor. În sectorul petrolier,

măsurările precise sunt vitale pentru importul și comercializarea produselor petroliere, asigurând protecția consumatorilor împotriva măsurărilor incorecte. Etalonările precise contribuie la uniformitate, precizie și legalitate în aceste sectoare economice.

4.1.4. Rezultatele cercetărilor etalonului național al unității de măsură a volumului lichidelor

În scopul cercetării etalonului național al unității de măsură a volumului lichidelor, pe parcursul unui an cu fiecare parte componentă a etalonului au fost efectuate măsurări pentru demonstrarea stabilității acestora în timp. Rezultatele cercetărilor comparatorului de masă, tip HRP 200Y.KO au fost incluse în tabelul 4.16, unde au fost incluse metodele de cercetare, valorile nominale, incertitudinea de reproducere a unității și instabilitatea.

Aceleași cercetări au fost efectuate cu aparatul de cântărit cu funcționare neautomată. Rezultatele obținute au fost incluse în tabelul 4.17.

În tabelul 4.18, au fost incluse rezultatele obținute la etalonarea măsurilor etalon de volum prin metoda gravimetrică.

Astfel, stabilitatea măsurărilor într-un laborator metrologic pe parcursul unui an depinde de angajamentul ferm al personalului, de respectarea standardelor internaționale și de o atenție riguroasă la detaliile tehnice și procedurale. Prin menținerea acestor practici, laboratoarele metrologice pot asigura rezultate fiabile și repetabile pe termen lung.

4.1.5. Reguli de conservare și utilizare a Etalonului național al unității de măsură a volumului lichidelor

Etalonul național al unității de măsură a volumului reprezintă un element fundamental în Sistemul Național de Etaloane și este de o importanță deosebită pentru Republica Moldova. Acest etalon a fost creat în concordanță cu programul de dezvoltare strategică pentru anii 2017-2019 al Institutului Național de Metrologie și este destinat reproducerii, conservării și transmiterii unității de măsură a volumului. Scopul principal este asigurarea uniformității, exactității și trasabilității măsurărilor volumetrice pe teritoriul Republicii Moldova, cu accent pe sectoarele alimentar, vinicol și petrolier.

Etalonul național este compus din multiple mijloace de măsurare, echipamente și utilaje [53] necesare pentru a crea, prelua, conserva și transmite unitatea de măsură a volumului lichidelor. Acestea includ un comparator de masă, un aparat de cântărit cu funcționare neautomată și mai multe măsuri etalon de volum. Etalonul este menținut și etalonat prin metoda gravimetrică [47], iar unitatea de măsură a masei este convertită în volum la temperatura de referință de 20°C.

Etalonul național are un rol semnificativ în asigurarea calității și legalității măsurărilor în diferite sectoare ale economiei moldovenești, inclusiv în industria alimentară (pentru măsurarea laptelui și a produselor lactate), în industria vinicolă (pentru măsurarea volumului vinurilor), și în sectorul petrolier (pentru măsurarea produselor petroliere). Etalonul este utilizat în procesul de etalonare pentru a asigura că mijloacele de măsurare folosite pentru a efectua aceste măsurători sunt precise și conforme cu cerințele metrologice.

Pentru menținerea și utilizarea etalonului național, se aplică condiții specifice de mediu, inclusiv temperatură, umiditate și presiune atmosferică controlate. De asemenea, se respectă reguli [39] stricte de securitate pentru manipularea etalonului.

Etalonul național este esențial pentru asigurarea calității și preciziei măsurărilor în Republica Moldova și pentru menținerea standardelor metrologice în diverse industrii, contribuind la protecția consumatorilor și la buna funcționare a economiei.

4.2. CONCLUZII

1. Etalonul Național al Unității de Măsură a Volumului (ETN) din Republica Moldova are un rol central în asigurarea preciziei și uniformității măsurărilor volumetrice. Acesta a fost creat pentru

a reproduce, conserva și transmite unitatea de măsură a volumului lichidelor. ETN este alcătuit din mijloace de măsurare, echipamente și utilaje specializate și joacă un rol crucial în sectorul petrolier, al alimentelor și în industria vinicolă. Stabilitatea și precizia ETN sunt evaluate prin cercetări continue asupra componentelor sale, cum ar fi comparatorul de masă și măsurile etalon de volum, cu scopul de a menține performanța corectă. Trasabilitatea ETN este asigurată prin metoda gravimetrică și este vitală pentru menținerea standardelor metrologice pe întreg teritoriul Republicii Moldova. Astfel, ETN-ul contribuie la asigurarea preciziei și uniformității măsurărilor volumetrice, susținând diverse sectoare economice.

2. Măsurările de înaltă precizie sunt esențiale în Republica Moldova, în special în sectoarele alimentară și vinicol, pentru a asigura volumul corect și calitatea produselor lactate și a vinurilor, având un impact semnificativ asupra calității și siguranței alimentelor, precum și a exporturilor de vinuri.

În sectorul petrolier, măsurările precise ale volumului de produse petroliere sunt cruciale pentru a monitoriza și reglementa importurile și vânzările cu amănuntul, contribuind la protejarea consumatorilor și la gestionarea eficientă a acestei piețe în Republica Moldova.

3. Etalonul național al unității de măsură a volumului lichidelor este un element esențial în asigurarea uniformității, exactității și legalității măsurărilor efectuate în Republica Moldova, implicând o serie de mijloace de măsurare, echipamente și proceduri pentru calibrarea și transmiterea unității de măsură a volumului în întreaga țară.

Pentru menținerea și utilizarea corectă a etalonului național, se impun cerințe stricte privind condițiile de mediu, securitate, transport și documentare, asigurând astfel precizia și fiabilitatea măsurărilor în domeniul volumului lichidelor în Republica Moldova.

Capitolul 5.

INTERCOMPARAREA ÎN CADRUL EURAMET

5.1. METODOLOGIA DE COMPARARE INTERLABORATOARE ÎN CADRUL INSTITUTULUI NAȚIONAL DE METROLOGIE DIN REPUBLICA MOLDOVA

Procesul de comparare interlaboratoare, în cadrul căruia laboratoarele efectuează măsurători similare pentru a evalua concordanța rezultatelor lor, poate fi inițiat de către Institutul Național de Metrologie (INM) sau la cererea altor laboratoare. În fiecare an, INM elaborează un plan pentru comparațiile interlaboratoare, care face parte din planul său anual de activități și este publicat pe site-ul web al INM. Cu toate acestea, pot fi organizate și comparații care nu sunt planificate în avans. Decizia de a organiza o astfel de comparație în afara programului este luată în funcție de disponibilitatea laboratoarelor INM.

Participarea la comparații interlaboratoare este deschisă oricărui laborator, cu condiția să aibă competența tehnică necesară.

În cadrul acestor comparații, un laborator pilot are responsabilități precum specificarea participanților, elaborarea protocolului tehnic, înregistrarea comparației la nivel național și atribuirea unui cod specific, pregătirea și cercetarea obiectelor itinerante, colectarea rezultatelor măsurărilor de la participanți și evaluarea acestora.

Laboratoarele participante trebuie să asigure competența tehnică pentru a efectua măsurătorile în conformitate cu cerințele protocolului tehnic, precum și resursele necesare pentru a transporta și manipula corespunzător obiectul itinerant.

Procesul de comparare interlaboratoare cuprinde etape precum inițierea comparației, elaborarea protocolului tehnic, înregistrarea și codificarea laboratoarelor participante, realizarea măsurătorilor, analiza rezultatelor și elaborarea raportului final. Obiectele itinerante folosite în comparații trebuie să fie bine pregătite, transportate corespunzător și manipulate în condiții de siguranță.

Rapoartele finale ale comparațiilor interlaboratoare trebuie să conțină informații detaliate despre rezultatele fiecărui participant, precum și concluzii relevante. Aceste rapoarte sunt distribuite participanților după finalizarea comparației.

5.2 INFORMAȚII GENERALE DESPRE EURAMET

EURAMET este o organizație regională de metrologie în Europa, care coordonează cooperarea între institutele naționale de metrologie (NMI) în domeniul metrologiei, asigurând trasabilitatea măsurărilor la Sistemul Internațional de Unități SI, recunoașterea internațională a etaloanelor naționale și a capacităților de măsurare și etalonare (CMC).

EURAMET a fost fondată în 2007 și a preluat funcțiile organizației anterioare, EUROMET, care a fost fondată în 1987. Misiunea sa este de a dezvolta și distribui o infrastructură de măsurare integrată, rentabilă și competitivă la nivel internațional în Europa, pentru a răspunde nevoilor industriilor, afacerilor și guvernelor. EURAMET sprijină membrii săi în îndeplinirea cerințelor lor naționale și în stabilirea unei infrastructuri de măsurare europeană. Scopul său este de a aduce beneficii metrologiei pentru societate.

Pentru atingerea obiectivelor sale, EURAMET utilizează instrumente precum *Proiectul European de Cercetare în Metrologie (EMRP)* și *Programul European de Metrologie pentru Inovare și Cercetare*, care au susținut peste 100 de proiecte comune de cercetare până în prezent.

Prin intermediul MRA CIPM (Acordul de Recunoaștere Mutuală a Etaloanelor Naționale) [4], EURAMET sprijină competența tehnică a institutelor naționale de metrologie.

Organizația colaborează cu diverse comitete tehnice care acoperă domenii precum acustica, masă, timp, radiatiile ionizante și alte discipline metrologice. Aceasta contribuie la dezvoltarea continuă a metrologiei în Europa și la soluționarea problemelor globale în domeniul măsurătorilor.

5.3. COMPARĂRILE ÎN CADRUL EURAMET

Comparările în cadrul EURAMET se efectuează în baza Ghidului pentru comparații [57], care la rândul său se utilizează împreună cu Ghidul CIPM MRA-G-11 Comparații în CIPM MRA [58].

CIPM-MRA-G-11 [58] se referă la trei tipuri de comparații din cadrul Acordului de Recunoaștere Mutuală a Etaloanelor Naționale (CIPM-MRA):

Comparări-cheie (KC): Acestea sunt selectate de un comitet consultativ pentru a testa tehnici și metode principale în domeniul metrologiei. Rezultatul unei comparații-cheie realizate de un comitet consultativ este o valoare de referință a comparației-cheie (KCRV) [56]. Aceste comparații pot fi efectuate și de organizațiile regionale de metrologie (ORM) care urmează aceleași protocoale ca și comparațiile-cheie din cadrul comitetului consultativ.

Comparări suplimentare (SC): Aceste comparații sunt efectuate de obicei de comitetele consultative și de ORM pentru a satisface nevoi specifice care nu sunt acoperite de comparațiile-cheie. Acestea pot include măsurarea artefactelor, cantități sau măsurători ale parametrilor care nu intră în domeniul obișnuit al comitetelor consultative.

Studii-pilot (PS): Acest tip de comparație se desfășoară în mod normal pentru a stabili încrederea în măsurare pentru un câmp sau un instrument "nou" sau pentru activități de formare.

Participarea la aceste comparații este reglementată de normele CIPM-MRA și este în general restricționată la institutele naționale de metrologie și instituțiile de metrologie desemnate din țările semnatare ale CIPM-MRA. Cu toate acestea, pot exista excepții, iar participarea la comparațiile EURAMET este deschisă membrilor EURAMET, institutelor naționale de metrologie și instituțiilor desemnate cu competențe tehnice adecvate pentru comparația respectivă.

Comitetele tehnice (TC) și subcomitetele au responsabilitatea de a identifica nevoile de comparații și de a decide asupra acestora. Președintele TC coordonează procesul, supervizează comparațiile și raportează evoluția acestora consiliului de administrație. Scopul comparațiilor poate include testarea noilor instrumente sau metode, pregătirea pentru comparațiile-cheie sau evaluarea

institutelor de metrologie naționale. Președintele TC poate delega anumite responsabilități unui coordonator de subcomitet sau altor persoane de contact din cadrul TC sau SC pentru a se asigura că comparațiile se desfășoară corespunzător.

Un laborator pilot este un laborator desemnat pentru a coordona și supraveghea o comparație în domeniul metrologiei. Acesta are multiple responsabilități, inclusiv precizarea grupului de participanți, elaborarea protocolului tehnic, înregistrarea comparației în baza de date EURAMET TC și în KCDB (dacă este cazul), organizarea etaloanelor itinerante, compararea rezultatelor măsurărilor, asigurarea urmăririi etapelor, consultarea cu președintele TC în caz de probleme majore și pregătirea rapoartelor.

Legăturile dintre laboratoare sunt importante, iar participanții trebuie să aibă competența tehnică și resursele necesare pentru a participa la comparație. Sunt implicați în procesul de elaborare a protocolului tehnic și a pregătirii comparației.

Propunerile pentru noi comparații pot fi făcute de membrii EURAMET și discutate în cadrul comitetelor tehnice. Deciziile cu privire la comparații și modul lor de desfășurare sunt luate de comitetul tehnic.

Participarea la comparații EURAMET este deschisă instituțiilor membre EURAMET și instituțiilor asociate, cu limitări în funcție de numărul de participanți și alți factori. Protocolul tehnic trebuie să fie elaborat în conformitate cu standardele specificate, și se menționează aspectele logistice și financiare.

Este important să se asigure că etaloanele itinerante sau instrumentele de transfer nu circulă prea mult timp între laboratoare. Comparările ulterioare trebuie gestionate cu atenție și în funcție de necesități.

Comparările EURAMET sunt înregistrate în baza de date a proiectelor EURAMET și pot implica coordonarea între participanții din diferite Organizații Naționale de Metrologie (ORM). Odată ce comparația este aprobată de către Comitetul Consultativ (CC) și confirmată de grupul de lucru corespunzător, președintele CC înregistrează comparația în baza de date a proiectelor CC [61].

Procesul de raportare este detaliat, cu accent pe raportul final, care trebuie să includă informații despre subiect, descrierea schemei comparației, participanți, etaloane itinerante, metode de etalonare, condiții de măsurare, rezultatele participanților și evaluarea incertitudinii. De asemenea, este menționată procedura de aprobare a raportului final de către comitetele consultative relevante (CC) sau Comitetul Tehnic (TC).

În cazul în care rezultatele comparării nu sunt conforme cu Capacitățile de Măsurare Comparativă (CMC) deja declarate în baza de date a EURAMET, sunt prevăzute proceduri specifice pentru a identifica și corecta problemele. Aceasta implică luarea de măsuri pentru a asigura conformitatea cu CMC-urile și modificarea sau notarea acestora corespunzător.

5.4. REZULTATELE OBTINUTE ÎN CADUL INTERCOMPARĂRII

5.4.1. Rezultatele obținute în cadrul intercomparării prin metoda gravimetrică

În scopul efectuării etalonării prin metoda gravimetrică, au fost parcuși următorii pași:

1. S-a umplut rezervorul de 1000 de litri cu apă dintr-un rezervor de apă.
2. S-a măsurat temperatura apei, în °C, și s-a înregistrat.
3. S-a scos senzorul de temperatură din rezervor și s-a reglat meniscul.
4. S-a calibrat balanța și s-a plasat recipientul de transfer pe placa de echilibru.
5. S-a livrat lichidul în vasul de transfer, care era ud.
6. S-a măsurat temperatura apei, în grade Celsius, și s-a înregistrat la fiecare măsurare.

Specificațiile tehnice și de trasabilitate sunt prezentate în tabelul 5.2.

Tabelul 5.2 Specificațiile tehnice și trasabilitate

| Mijloace de măsurare | Producător | Tipul | Intervalul de măsurare | Rezoluție | Data de etalonare | Trasabilitate |
|----------------------|------------|-------|------------------------|-----------|-------------------|---------------|
| Balanța | RADWAG | HRP | 200 kg | 0,0001 | 25.01.2021 | 2,3 g |

| | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|-----------|-----------------|------|------------|---------|
| | (Poland) | 200.4Y.KO | | | | |
| Greutăți | ZWIEBEL, France | class F1 | set weights | | | |
| Aer | | | | | | |
| Temperatura | Comet System, s.r.o Czech Republic | T7510 | [-30÷80] °C | 0,01 | 06.08.2020 | 0,2 °C |
| Presiunea | Comet System, s.r.o Czech Republic | T7510 | [600÷1100] hPa | 0,01 | 19.10.2020 | 0,6 hPa |
| Umiditatea relativă | Comet System, s.r.o Czech Republic | T7510 | [0÷100] % | 0,01 | 06.08.2020 | 0,50% |
| Apa | | | | | | |
| Temperatura | OBEH | TPM1 | (-50 ÷ +250) °C | 0,01 | 06.04.2021 | 0,05 °C |

Tabelul 5.3

| | | |
|-----------------|---------------------|---|
| | Metoda de producție | Formula de determinare a densității |
| Densitatea apei | Apă din robinet | Determinat de densimetru DMA 5000, ANTON Paar |

Formula gravimetrică utilizată:

$$V_{20} = (I_L - I_{E1}) \cdot \frac{1}{\rho_W - \rho_A} \cdot (1 - \frac{\rho_A}{\rho_R}) \cdot [1 - \gamma(t - 20)] \quad (5.1)$$

Unde: V_{20} - volumul la temperatura 20 °C, în l;

I_L - rezultatul cântăririi vasului plin, în kg;

I_E - rezultatul cântăririi vasului golit, în kg;

ρ_W - densitatea apei la t (în grade Celsius), în kg/l;

ρ_A - densitatea aerului, în kg/l;

γ - coeficientul de dilatare termică cubică a materialului din care este realizat mijlocul de etalonare, în 1/°C;

t - temperatura apei utilizate la etalonare, în °C.

Metoda de curățare

Pentru curățarea rezervorului de 1000 L, acesta a fost umplut cu apă, apoi golit. După care s-a folosit alcool cu apă pentru curățare, apoi iarăși a fost golit. Ulterior a fost curățat etalonul itinerant cu apă și alcool.

Rezultatele măsurărilor sunt prezentate în tabelul 5.4.

Tabelul 5.4 Rezultatele măsurărilor

| Nr. | Greutatea apei, m , [kg] | Temperatura apei, t_w , [°C] | Densitatea apei, t_w , [kg/l] | Temperatura aerului, t_a , [°C] | Presiunea atmosferică, P , [hPa] | Umiditatea relativă, RH , [%] | Densitatea aerului, ρ_a , [kg/l] | Volumul $V_{20^\circ\text{C}}$, [l] |
|-----|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--|---------------------------------------|---|---|
| 1 | 997,1428 | 17,85 | 0,998901 | 17,75 | 1008,8 | 56,15 | 0,001203350 | 999,3655084 |
| 2 | 997,135 | 17,85 | 0,998901 | 18,35 | 1008,35 | 61,05 | 0,001199681 | 999,3544743 |
| 3 | 997,1528 | 17,57 | 0,998959 | 18,2 | 1015,05 | 44,7 | 0,001209898 | 999,3325496 |
| 4 | 996,818 | 19,88 | 0,998498 | 19,25 | 1007,65 | 50,15 | 0,001195915 | 999,3692057 |
| 5 | 996,8534 | 19,53 | 0,998581 | 19,65 | 1006,05 | 53,4 | 0,001191922 | 999,3297438 |
| 6 | 996,9578 | 19,63 | 0,998559 | 19,2 | 1005,2 | 56,95 | 0,001192539 | 999,4536414 |

| | | | | | | | | |
|-------------------------------|------------------|---------------|------------------|--------------|-----------------|---------------|--------------------|--------------------|
| 7 | 996,7094 | 19,63 | 0,998555 | 19,45 | 1006,95 | 56,7 | 0,001193542 | 999,2095071 |
| 8 | 997,0611 | 18,49 | 0,998779 | 18,6 | 1008,8 | 50,05 | 0,001200157 | 999,3816097 |
| 9 | 997,0578 | 18,48 | 0,998779 | 19,1 | 1007,2 | 59,7 | 0,001195094 | 999,3741977 |
| 10 | 997,259 | 17,95 | 0,998877 | 18,35 | 1015,8 | 48,9 | 0,001209736 | 999,5082627 |
| Media | 997,01471 | 18,686 | 0,9987389 | 18,79 | 1008,985 | 53,775 | 0,001199183 | 999,36787 |
| Abaterea standard, [l] | | | | | | | | 0,078359875 |

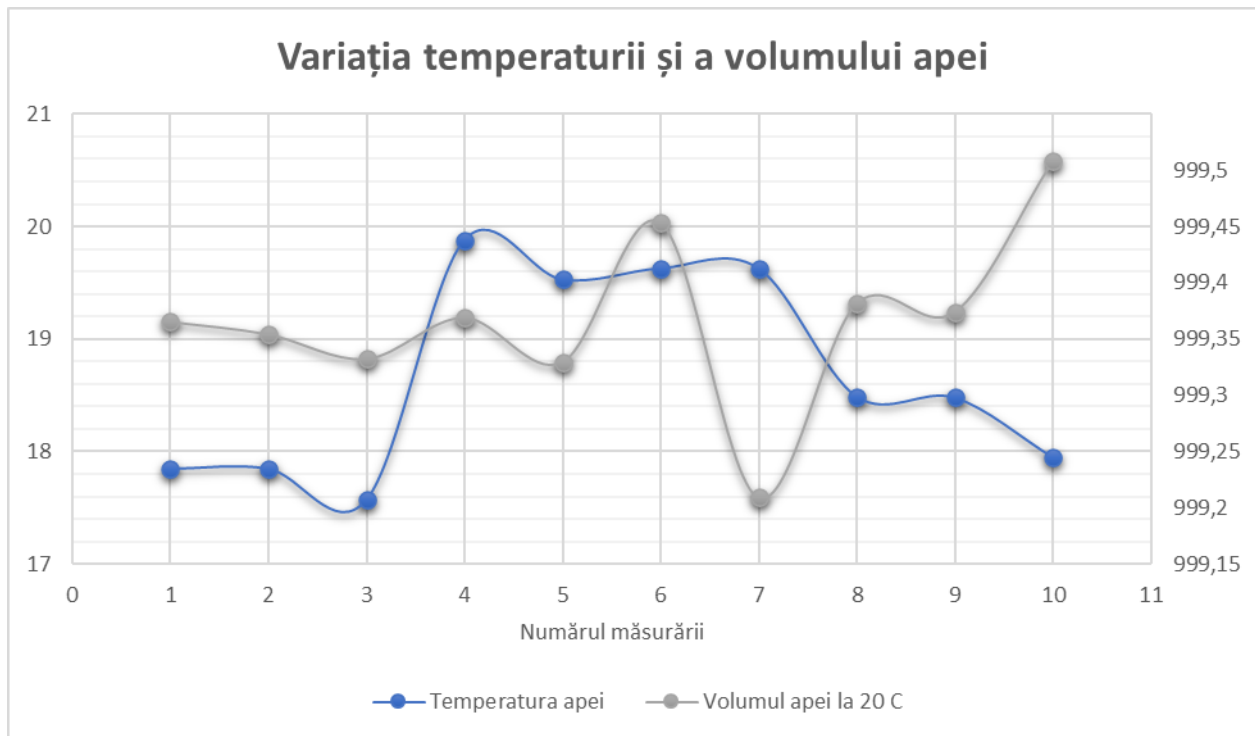


Fig. 5.1 Variația temperaturii apei și a volumului apei

Valorile pentru incertidinea de măsurare (metoda gravimetrică) sunt prezentate în tabelul 5.5.

Tabelul 5.5 Bugetul de incertitudini

| Cantitatea (X_i) | Valoarea (x_i) | Distribuția | Incetitudinea standard, $u(x_i)$ | Coefficientul de sensibilitate, (C_i) | Incetitudinea, $u(y_i)$ |
|--|--------------------|----------------|----------------------------------|---|-------------------------|
| Repetabilitatea măsurărilor | 0,0248 | normal | $u(\delta V_{rep})$ | 876,8929 | 0,0006 |
| Masa, [kg] | 0,00163 | dreptunghiular | $u(m)$ | -1001,8327 | 0,0214 |
| Densitatea aerului, [kg/l] | 0,0000 | dreptunghiular | $u(\rho_A)$ | 0,0187 | 0,0003 |
| Densitatea aerului, [kg/l] | 0,0000 | dreptunghiular | $u(\rho_w)$ | 1313,1116 | 0,0013 |
| Densitatea greutăților, [kg/l] | 0,0165 | dreptunghiular | $u(\rho_B)$ | -0,0335 | 0,0013 |
| Coefficientul de dilatare a materialului micropipetei, [°C ⁻¹] | 0,0000 | dreptunghiular | $u(\gamma)$ | 1,0000 | 0,0289 |
| Temperatura apei, [°C] | 0,0395 | dreptunghiular | $u(t)$ | 1,0000 | 0,0735 |

| | | | | | |
|-------------------------|--------|----------------|---------------------|-------------------------------|--------|
| Citirea meniscului, [l] | 0,0289 | dreptunghiular | $u(\delta V_{men})$ | 876,8929 | 0,0006 |
| Altele | 0,0735 | dreptunghiular | | -1001,8327 | 0,0214 |
| | | | | Incertitudinea combinată, [l] | 0,0855 |
| | | | | Gradul de echivalență | |
| | | | | k | 2 |

5.4.2. Rezultatele obținute în cadrul intercomparării prin metoda volumetrică

În scopul efectuării etalonării prin metoda volumetrică, au fost parcuși următorii pași:

1. S-a umplut etalonul de referință cu apă dintr-un rezervor de apă.
2. S-a măsurat temperatura apei, în °C, și s-a înregistrat.
3. S-a scos senzorul de temperatura din etalonul de referință standard și s-a reglat meniscul.
4. S-a livrat lichidul în 100 dm³, care a fost umed.
5. S-a măsurat temperatura apei, în °C, și s-a înregistrat la fiecare măsurare.

Specificațiile tehnice și de trasabilitate sunt prezentate în tabelul 5.6.

Tabelul 5.6 Specificațiile tehnice și trasabilitate

| Mijloc de măsurare | Producător | Tipul | Intervalul de măsurare | Rezoluția | Data etalonării | Trasabilitatea |
|---|------------------------------------|---------------|------------------------|-----------|-----------------|----------------|
| Volum | Ukraine | M1P-100 GP-01 | 100 dm ³ | - | 17.02.2021 | 0,025 L |
| Condiții de mediu | Comet System, s.r.o Czech Republic | T7510 | [-30÷80] °C | 0,01 | 06.08.2020 | 0,2 °C |
| Temperatura | Comet System, s.r.o Czech Republic | T7510 | [600÷1100] hPa | 0,01 | 19.10.2020 | 0,6 hPa |
| Presiunea | Comet System, s.r.o Czech Republic | T7510 | [0÷100] % | 0,01 | 06.08.2020 | 0, 5% |
| Umiditatea relativă | Comet System, s.r.o Czech Republic | T7510 | [-30÷80] °C | 0,01 | 06.08.2020 | 0,2 °C |
| Apa | | | | | | |
| Temperatura etalonului | OBEH | TPM1 | (-50 ÷ +250) °C | 0,01 | 06.04.2021 | 0,05 °C |
| Temperatura etalonului itinerant | OBEH | TPM1 | (-50 ÷ +250) °C | 0,01 | 06.04.2021 | 0,05 °C |

Tipul apei folosit în timpul intercomparării este apa de la robinet.

Formula volumetrică utilizată:

$$V_t = NV_0 [1 - \gamma_{RS} (t_{ORS} - t_{RS}) + \beta(t - t_{SCM}) + \gamma_{SCM}(t - t_{SCM})] + \Delta V \quad 5.2)$$

Metoda de curățare

Pentru curățarea rezervorului de 1000 L, acesta a fost umplut cu apă, apoi golit. După care s-a folosit alcool cu apă pentru curățare, iarăși a fost golit. Ulterior, a fost curățat măsura de volum etalon de 100 dm³ cu apă și alcool.

Rezultatele măsurărilor sunt prezentate în tabelul 5.7.

Tabelul 5.7 Rezultatele măsurărilor

| Nr. | Temperatura apei, t_w [°C] | Temperatura aerului, t_a [°C] | Presiunea atmosferică, p [hPa] | Umiditatea relativă, RH [%] | Volumul, $V_{20°C}$ [l] | β , [°C ⁻¹] |
|------------------|------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| 1 | 21,072 | 20,25 | 1009,75 | 47,45 | 999,2496224 | 0,000219007 |
| 2 | 19,68 | 19,65 | 1013,6 | 45,5 | 999,3625679 | 0,000203626 |
| 3 | 20,425 | 20,65 | 1012,75 | 44,7 | 999,3285743 | 0,000211917 |
| 4 | 19,995 | 19,6 | 1012,5 | 45,2 | 999,2827417 | 0,000207147 |
| 5 | 20,33 | 19,95 | 1013,3 | 47,3 | 999,3573877 | 0,000210867 |
| 6 | 18,375 | 18,2 | 1011,7 | 42,9 | 999,3293681 | 0,000188787 |
| 7 | 19,365 | 18,55 | 1012,8 | 41,55 | 999,4189969 | 0,00020008 |
| 8 | 18,525 | 17,75 | 1010,6 | 46,7 | 999,355456 | 0,000190513 |
| 9 | 18,3 | 17,75 | 1010,3 | 47,15 | 999,3479439 | 0,000187922 |
| 10 | 17,765 | 17,15 | 1015,65 | 43,1 | 999,328572 | 0,000181713 |
| Media (l) | 19,383 | 18,95 | 1012,295 | 45,155 | 999,3361231 | 0,00020016 |
| | | | | Abaterea standard, (l) | 0,045976634 | |

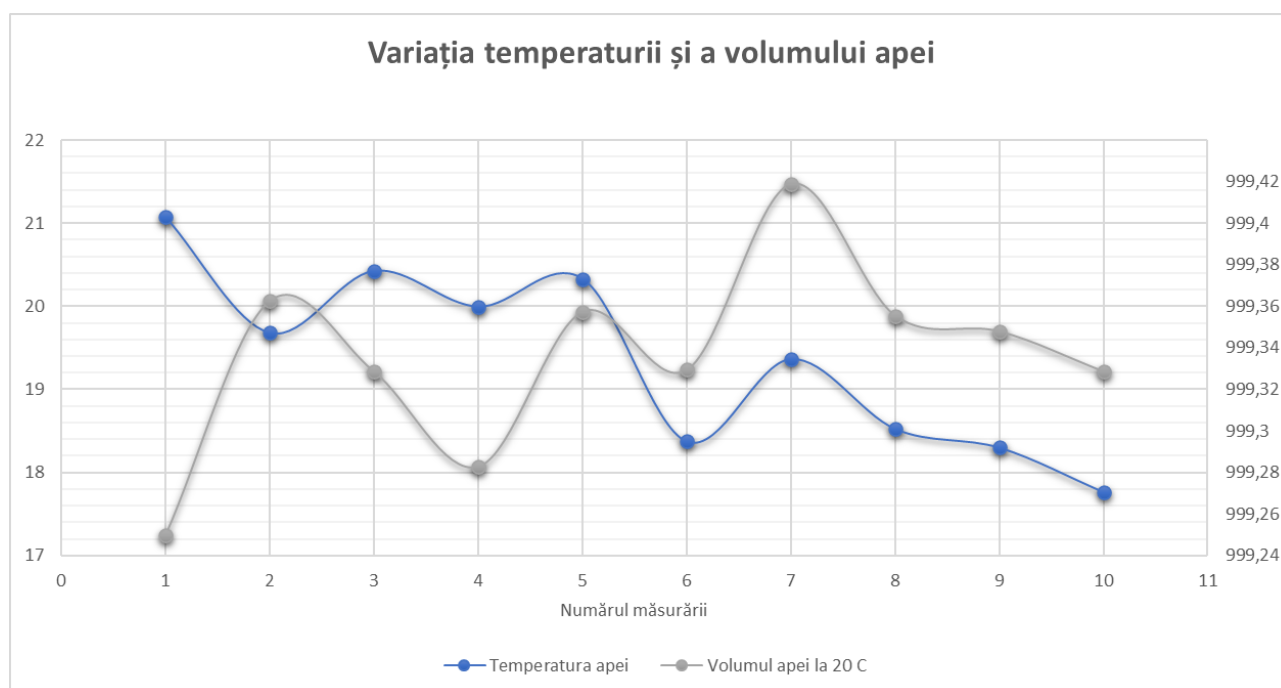


Fig. 5.2 Variația temperaturii apei și a volumului

5.4.3. Descrierea procesului de intercomparare

Etalonul itinerant de 1000 L [66] (Fig. 5.3) care a vehiculat în cadrul comparării a fost furnizat de către IPQ și a fost modificat special pentru compararea respectivă, deoarece acest mijloc de măsurare a fost utilizat anterior cadrul comparării EURAMET 1157 din 2013.



Fig. 5.3 Etalonul itinerant de 1000 L [66]

Etalonul itinerant de 1000 l este realizat după cum urmează [56]:

- Construcție din oțel de carbon;
- Volum nominal de 1000 l la temperatura de 20 °C;
- Ferestre duble (plăci din sticlă) pe gât (față și spate);
- Scară care se extinde de la -1 % la +1 %, interval de scară 0,01 %, cu lungimea de 225 mm;
- Masa aproximativă, fără cutia de transportare: 300 kg;
- Diametrul corpului principal: 1,35 m;
- Înălțime, inclusiv roțile: 2,40 m;
- Diametrul interior al gâtului: 330 mm;
- Coeficientul de dilatare termică cubică a TS: 0,000335 °C⁻¹;
- RTD (Pt-100) indicatorul de temperatură etalonat la IPQ, lungime 300 mm.

Metoda de etalonare

Majoritatea laboratoarele participante în cadrul comparării au folosit metoda de etalonare gravimetrică, pe când reprezentanții din Republica Moldova au folosit ambele metode posibile: metoda gravimetrică (cântărirea apei) și metoda volumetrică (umplerea de la rezervorul itinerant la altul).

Măsurările au fost efectuate în condiții variate de temperatură a camerei și rezultatele au fost recalculate pentru o temperatură a lichidului de referință de 20 °C.

După golirea rezervorului itinerant, laboratoarele participante au fost nevoite să aștepte 30 de secunde înainte de a închide robinetul. Supapa trebuie să fie închisă o singură dată.

Inițial, laboratorul pilot a furnizat tuturor participanților o foaie de calcul, unde fiecare participant a descris echipamentul care a fost utilizat în timpul etalonării și trasabilitatea acestuia.

Condițiile de lucru și echipamentele utilizate de către reprezentanții Republicii Moldova în cadrul comparării prin metoda gravimetrică sunt enumerate în tabelul 5.1. Apa folosită de majoritatea laboratoarelor este apa de la robinet. Pentru a avea densitatea corectă a apei, au fost aplicate corecții pentru impuritate la formula densității apei utilizate. În scopul determinării densității apei, laboratorul INM MD a utilizat densimetrul. Etalonul masei utilizat în timpul intercomparării este de clasă F1, valoare nominală 20 kg, producție ZWIEBEL, Franța. Comparatorul de masă utilizat în timpul intercomparării este de rezoluție $d = 0,2$ g, cu maximum de măsurare $Max = 200$ kg, de tip HRP 200.4Y.KO, producător RADWAG, Polonia.

În scopul demonstrării stabilității măsurărilor efectuate cu etalonul itinerant, laboratorul copilot IPQ a efectuat etalonarea acestuia la începutul și la sfârșitul comparării. Valoarea finală

prezentată a fost luată drept rezultat oficial al IPQ. Rezultatele măsurărilor de stabilitate sunt prezentate în tabelul 5.9.

Tabelul 5.9 Stabilitatea etalonului itinerant [66]

| INM | Măsurările | Data | Volumul, x_i , [l] | Incertitudinea $U(x_i)$, [l] | ΔV , [l] |
|-----|------------|----------------|----------------------|-------------------------------|------------------|
| IPQ | Inițiale | Decembrie 2019 | 999,38 | 0,16 | 0,09 |
| IPQ | Finale | Iunie 2022 | 999,29 | 0,10 | |

Cele două rezultate obținute de către laboratorul copilot (IPQ) la început și cele de comparație sunt consistente. Diferența dintre volumul măsurat este mai mică decât incertitudinea declarată, ceea ce demonstrează că etalonul itinerant a avut un volum stabil pe parcursul întregii comparații.

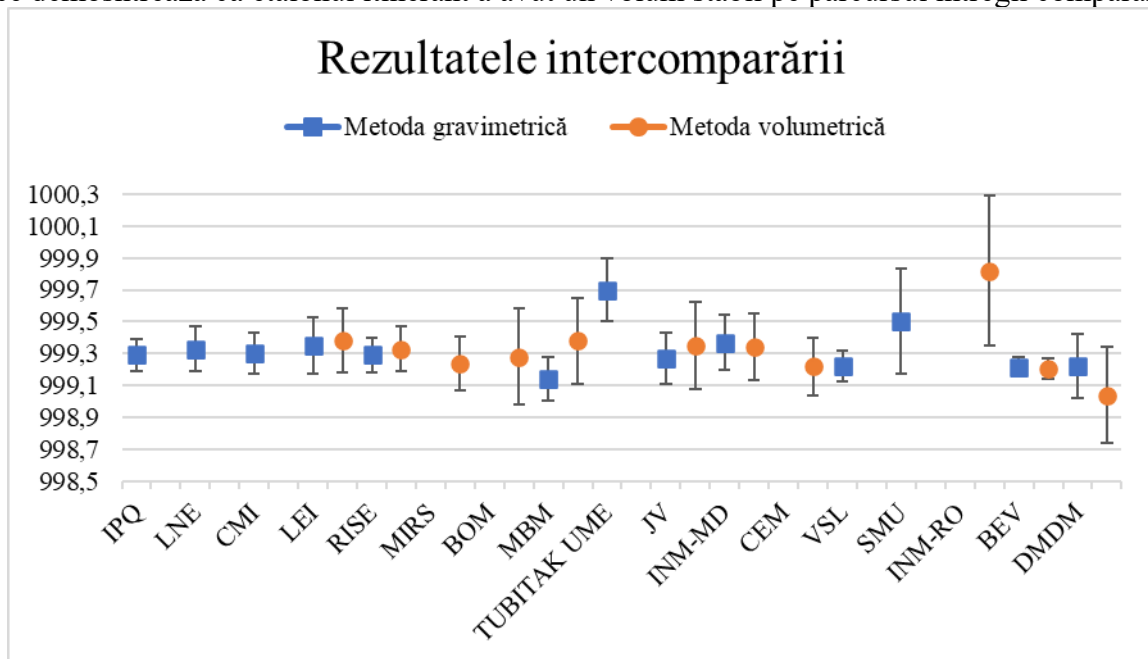


Fig. 5.4 Rezultatele măsurărilor prezentate de laboratoarele participante

În cadrul intercomparării [66] au participat 17 laboratoare și au fost efectuate în total 24 de măsurări. Laboratoarele care au prezentat ambele metode gravimetrică și volumetrică, a utilizat un singur rezultat pentru determinarea valorii de referință. Acest fapt, a fost specificat în acordul dintre participanți, că se folosește rezultatul cu cea mai mică incertitudine.

Analizând rezultatele obținute de laboratoarele participante, se constată că nu există nici o diferență dintre rezultatele metodei gravimetrice și rezultatele metodei volumetrice. Volumul mediu al metodei gravimetrice este de 999,32 l, iar al metodei volumetrice este de 999,33 l.

Incertitudinile prezentate pentru metoda volumetrică sunt în toate cazurile mai mari decât cele pentru metoda gravimetrică, deoarece metoda volumetrică este o metodă de etalonare secundară.

5.4. CONCLUZII

Calitatea de membru al unei organizații internaționale sau regionale în domeniul metrologiei și mai cu seamă participarea internațională din cadrul intercomparărilor, oferă o încredere sporită a consumatorilor în măsurările efectuate de către mijloacele de măsurare care se utilizează pe piața Republicii Moldova.

În urma rezultatelor prezentate în capitolul respectiv din cadrul comparației se observă că majoritatea institutelor sau încadrat în limitele factorului de concordanță $En < 1$, printre care și Republica Moldova, reprezentată de către Institutul Național de Metrologie. Compararea dată a fost

înregistrată pe site-ul <https://www.bipm.org/kcdb/>, cu codul EURAMET.M.FF-S14, care ulterior va permite înregistrarea tabelor CMC.

Importanța acestor tabele este încrederea partenerilor interni cât și externi în rezultatele măsurării, care asigură trasabilitatea unității de măsură a volumului lichidelor la nivel național și internațional.

Capitolul 6.

CONCLUZII

6.1. ASPECTE GENERALE

Teza de doctorat, intitulată „Contribuții la asigurarea trasabilității măsurărilor în domeniul volumului”, a reprezentat o cercetare complexă care s-a concentrat pe explorarea standardelor și documentelor regionale și internaționale relevante pentru asigurarea trasabilității măsurătorilor în domeniul volumului lichidelor. Prin intermediul acestei cercetări, s-au dezvoltat și aplicat documente normative la nivel național, aliniate cu cerințele și tendințele internaționale în acest domeniu crucial.

Această abordare a implicat o serie de măsuri concrete pentru a stabili și confirma etalonul național în domeniul volumului. În acest proces, au fost urmărite orientările și standardele internaționale pentru asigurarea trasabilității măsurărilor. Aceste standarde au furnizat un cadru metodologic și reguli precise pentru calibrarea echipamentelor și pentru realizarea măsurătorilor precise și consistente ale volumului lichidelor.

De asemenea, este important de subliniat că această cercetare a fost în concordanță cu practicile internaționale și a contribuit la dezvoltarea și consolidarea capacității naționale de asigurare a trasabilității în domeniul măsurătorilor de volum. Astfel, prin aplicarea standardelor internaționale și a documentelor normative corespunzătoare, cercetarea a promovat calitatea și precizia măsurărilor de volum lichidelor la nivel național și a consolidat poziția României în comunitatea metrologică internațională.

6.2. CONTRIBUȚII TEORETICE

În cadrul tezei de doctorat au fost abordate și analizate minuțios o serie de documente specifice domeniului metrologic și au fost identificate și menționate următoarele constatări:

-Fundamentarea necesității armonizării la nivel internațional a normelor, reglementărilor metrologice, terminologiei și standardelor este esențială pentru asigurarea trasabilității rezultatelor măsurătorilor. Acest lucru implică alinierea la dicționarele internaționale de metrologie și respectarea recomandărilor internaționale în domeniul metrologiei.

-Identificarea metodelor de recunoaștere reciprocă a etaloanelor naționale și a certificatelor de etalonare, crucială pentru asigurarea trasabilității metrologice la nivel global. Acest lucru implică orientarea după documentele emise de organizațiile metrologice internaționale și regionale pentru a asigura comparabilitatea și coerența măsurărilor efectuate.

-Dezvoltarea sistemelor eficiente de management al calității în laboratoarele de etalonare și testare, necesară pentru obținerea recunoașterii reciproce a rezultatelor măsurătorilor și testelor. Aceste sisteme trebuie să fie conforme cu cerințele standardelor internaționale pentru evaluarea competenței laboratoarelor acreditate.

-Asigurarea trasabilității rezultatelor măsurătorilor la nivel internațional, care este esențială pentru progresul tehnologic și pentru susținerea activităților socio-economice în societatea modernă. Organizațiile internaționale, cum ar fi BIPM, OIML, ISO și ILAC, abordează problemele legate de trasabilitatea metrologică și furnizează principii și recomandări pentru asigurarea acestora.

-Analiza acordului ILAC ce facilitează comerțul internațional prin recunoașterea globală a rezultatelor încercărilor și inspecțiilor efectuate de Organismele de Evaluare a Conformității (OEC) acreditate. Acest acord contribuie la încrederea în produse și servicii la nivel global și la reducerea barierelor tehnice în comerțul internațional.

-Prezentarea organizațiilor internaționale precum BIPM, OIML, ISO și ILAC, ce au un rol crucial în promovarea trasabilității metrologice la nivel mondial și în dezvoltarea standardelor și practicilor comune pentru evaluarea măsurărilor și a incertitudinii acestora. Aceste organizații colaborează pentru a asigura coerența și comparabilitatea măsurărilor la nivel global.

-Analiza sistemului de care dispune Republica Moldova, structurat pentru asigurarea trasabilității metrologice. Institutul Național de Metrologie (INM) are responsabilitatea de a menține Etaloanele Naționale (EN) ca sursă de trasabilitate metrologică pentru unitățile de măsură din țară. Aceste etaloane pot fi de diferite tipuri, inclusiv primare sau secundare, și sunt comparate cu etaloane internaționale sau cu alte institute naționale de metrologie semnatare ale unor acorduri internaționale.

-Validarea măsurărilor efectuate în laboratoarele INM, trasabile la unitățile din Sistemul Internațional de Unități (SI), lucru ce se realizează printr-un lanț neîntrerupt și documentat de etalonări. Există scheme de trasabilitate naționale și locale, în funcție de domeniul de aplicare, elaborate de către INM și agenții economici desemnați pentru verificarea metrologică a mijloacelor de măsurare legale. Aceste scheme trebuie să fie conforme cu practicile internaționale și să asigure o ierarhie clară a etaloanelor pentru a garanta trasabilitatea măsurărilor la nivel național.

-Etaloanele analizate joacă un rol esențial în metrologie, asigurând consistența, uniformitatea și precizia măsurărilor. Ele sunt împărțite în mai multe clase și au destinații diferite, de la etaloanele de bază la cele de lucru. Etaloanele naționale sunt considerate referințe fundamentale pentru măsurările efectuate în țară și sunt dezvoltate și menținute cu atenție de către INM.

-Analiza situației din România, unde trasabilitatea metrologică se realizează prin etalonări în laboratoarele BRML sau ale altor operatori economici, având ca bază etaloanele naționale. Rezultatele etalonării sunt consemnate în certificatele de etalonare și trebuie să respecte regulile de marcare și conservare a etaloanelor.

-Studii în România, ca parte a Acordului ILAC, care facilitează recunoașterea reciprocă multilaterală a rapoartelor de etalonare, încercări și inspecții emise de organizațiile acreditate, contribuind la promovarea calității și siguranței în diferite domenii.

-Atestarea etaloanelor naționale în România, ca un proces riguros, monitorizat de către Biroul Român de Metrologie Legală (BRML), asigurându-se faptul că etaloanele rămân în stare optimă de funcționare și că procesul de etalonare este în conformitate cu cerințele stabilite.

6.3. Contribuții practice/ experimentale

Cele mai importante contribuții experimentale prezentate în teză constau în:

- Elaborarea procedurilor de etalonare a măsurilor etalon de volum de ordinul I și de ordinul II. Măsurile de volum din metal de ordinul I sunt utilizate pentru a transfera unitatea de volum către măsurile de volum din metal de ordinul II și măsurile tehnice de volum, cu o eroare acceptată de până la 0,02 % din valoarea nominală la 20,0 °C. Aceste măsurii variază în capacități, de la M1p2 la M1p500, și trebuie etalonate în condiții specifice, incluzând temperatura, umiditatea, presiunea atmosferică și temperatura apei. Orice deviere de la aceste condiții necesită întreruperea și reluarea măsurărilor după corectarea neconformităților, folosind mijloace specifice de etalonare.

Măsurile de volum din metal de ordinul I și II servesc pentru a transfera unitatea de volum către măsurile tehnice de volum, rezervoare și distribuitoare. Pentru măsurile de volum din metal de ordinul II, eroarea relativă la 20,0 °C nu trebuie să depășească 0,1 %. Ele se găsesc în variantele M2p2 până la M2p500. Etalonarea acestor măsurii implică condiții stricte de mediu, cu temperatură

ambianță și umiditate specificate, precum și o evaluare detaliată a incertitudinii măsurării, asigurând precizia și fiabilitatea acestor măsurători de volum.

- În faza inițială a studiului, s-au supus analizei și cercetării toate instrumentele de măsurare componente ale etalonului actual, iar măsurători au fost efectuate sub variații controlate ale condițiilor de mediu în perioade temporale distincte. Astfel, s-a constatat că în urma efectuării măsurărilor cu comparatorul de masă HRP 200.4Y.KO pe o perioadă de timp, în aceleași condiții, se constată că în prima zi de utilizare a comparatorului, după transport și montare în Laboratorul "Debit și Volum", rezultatele obținute depășesc limita admisibilă a erorii de $\pm 0,002$ kg. Pentru remedierea acestei neconformități, s-a efectuat calibrarea comparatorului de masă, iar conform rezultatelor din grafic, curba erorii după calibrare se încadrează în limitele admisibile. În urma acestei proceduri, comparatorul de masă poate fi utilizat în transmiterea unității de măsură. În zilele următoare, când au fost efectuate măsurători cu comparatorul, se observă că acesta în intervalul de măsurare ($0,004 \div 200,0$) kg își menține caracteristicile metrologice, astfel încât poate fi utilizat fără intervenții suplimentare. Aceste măsurători demonstrează stabilitatea comparatorului în timp și asigurarea uniformității unității de măsură.

- Măsurile de volum etalon, ca parte componentă a etalonului național al unității de măsură a volumului lichidelor, contribuie direct la asigurarea reproductibilității, conservării și transmiterii unității de măsură a volumului prin intermediul procesului de etalonare a etaloanelor și mijloacelor de măsurare. Acest lucru se realizează în scopul asigurării uniformității, preciziei și trasabilității măsurărilor efectuate pe întreg teritoriul Republicii Moldova. Analizând rezultatele măsurărilor efectuate, se constată că factorul de concordanță En între valoarea obținută de la ultima etalonare și valoarea obținută în timpul măsurărilor pentru valorile nominale (10 dm³, 50 dm³ și 100 dm³) este inferior lui 1,0, confirmând astfel că măsura etalon de volum poate fi utilizată fără intervenții suplimentare și poate asigura trasabilitatea unității de măsură a volumului către alte măsuri etalon de volum dintr-o altă categorie.

- Prin crearea etalonului, Sistemul Național de Etaloane se va completa cu un Etalon național al unității de măsură a volumului lichidelor. Acest Etalon are ca scop asigurarea reproductibilității, conservării și transmiterii unității de măsură a volumului prin intermediul procesului de etalonare a etaloanelor și mijloacelor de măsurare, cu scopul de a asigura uniformitatea, precizia și trasabilitatea măsurărilor efectuate pe întreg teritoriul Republicii Moldova. Conform RGML 09:2015, responsabilitatea pentru respectarea regulilor de conservare și utilizare a Etalonului național revine persoanei responsabile de etalon din cadrul Laboratorului Debit și Volum, Institutul Național de Metrologie. Acest Etalon este păstrat și utilizat în încăperea Laboratorului Debit și Volum.

Odată cu oficializarea statutului de etalon național în domeniul volumului lichidelor și înregistrarea sa în Registrul de Stat al Etaloanelor Unităților de Măsură, s-a deschis posibilitatea pentru Republica Moldova de a participa la intercomparările organizate de EURAMET, în cadrul cărora Republica Moldova deține statut de membru. Calitatea de membru al unei organizații internaționale sau regionale în domeniul metrologiei, și în special participarea la intercomparările internaționale, contribuie semnificativ la creșterea încrederii consumatorilor în măsurările efectuate de mijloacele de măsurare utilizate pe piața Republicii Moldova.

În urma analizei prezentate în capitolul corespunzător al comparației, se constată că majoritatea instituțiilor se încadrează în limitele factorului de concordanță $En < 1$, inclusiv Republica Moldova, reprezentată de către Institutul Național de Metrologie. Această comparație a fost înregistrată pe site-ul <https://www.bipm.org/kcdb/> cu codul EURAMET.M.FF-S14, permițând ulterior înregistrarea tabelelor CMC.

Importanța acestor tabele constă în consolidarea încrederii atât a partenerilor interni, cât și a celor externi, în rezultatele măsurărilor, asigurând astfel trasabilitatea unității de măsură a volumului lichidelor la nivel național și internațional.

- Analiza intercomparabilității în cadrul EURAMET, la care Republica Moldova a participat în calitate de membru, de o importanță crucială pentru asigurarea credibilității măsurărilor efectuate în domeniul volumului lichidelor. Prin crearea Etalonului național și înregistrarea sa oficială, Republica Moldova devine parte activă a comunității metrologice internaționale, consolidând încrederea atât a partenerilor interni, cât și a celor externi, în rezultatele măsurărilor. Aceasta contribuie semnificativ la asigurarea uniformității, preciziei și trasabilității măsurărilor efectuate pe teritoriul Republicii Moldova, sprijinind astfel integritatea pieței de măsurare și satisfacția consumatorilor.

6.4. Perspective de dezvoltare ulterioară a temei

În ceea ce privește direcțiile de cercetare viitoare pot fi abordate următoarele aspecte:

- Se preconizează efectuarea cercetărilor periodice pentru determinarea stabilității Etalonului național al unității de măsură a volumului lichidelor, cu o frecvență de cel puțin patru ori pe an.

- În vederea dezvoltării Etalonului național, se propune achiziționarea de echipamente etalon cu precizie înaltă, pentru a extinde domeniul de măsurare, inclusiv pentru determinarea volumului la valori mai mici de 2 dm³ și mai mari de 100 dm³.

- Dezvoltarea Etalonului național va permite transmiterea unității de măsură cu o precizie înaltă, cu aplicabilitate semnificativă în industria farmaceutică, industria alimentară și cea petrolieră, contribuind la asigurarea unor măsurători precise și fiabile în aceste domenii critice.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- [1] *A. Sabadaș, Contributions to ensuring the traceability of volume measurements*, IX International Scientific-Practical Conference Physical and Technological Problems of Transmission, Processing and Storage of Information in Infocommunication Systems, 21-23 October 2021, Chernivtsi-Suceava (Ukraine-Romania).
- [2] *A. Sabadaș, Asigurarea trasabilității unitărilor de măsură*, Ediția a XII-a, Sesiunea internațională de comunicări științifice ale studenților ELSTUD 2018 Suceava, USV, ISSN 2066-6551.
- [3] ISO/IEC Guide 99:2007, *International Vocabulary of Metrology: Basic and General Concepts and Associated Terms* (VIM 3).
- [4] ***, *Mutual Recognition of National Measurement Standards and Measurement Certificated Issue* by National Metrology Institutes, Paris: BIPM (1999).
- [5] ISO/IEC 17025:2005, *General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories*.
- [6] O. N. Velichko, „Traceability of measurement results at different levels of metrological work”, Ukr. Metrolog. Zh, DOI:10.1007/s11018-010-9428-7.
- [7] ***, *EUROMET Guide 6:2001*, EUROMET Traceability.
- [8] ILAC-G22:2004, *Use of Proficiency Testing as a Tool for Accreditation in Testing*.
- [9] EA-03/04:2001, *Use of Proficiency Testing as a Tool for Accreditation Testing*.
- [10] JCGM GUM-6:2020 *Guide to the expression of uncertainty in measurement — Part 6: Developing and using measurement models*.
- [11] ILAC G17:01/2021 *ILAC Guidelines for Measurement Uncertainty in Testing*.
- [12] EA-4/02:2022 *Evaluation of the Uncertainty of Measurement in calibration*
- [13] EA-04/16:2003, *EA Guidelines on the Expression of Uncertainty in Quantitative Testing*.
- [14] EURACHEM/CITAC Guide QUAM-P1:2012, *Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement*.
- [15] O. N. Velichko, “Measurement uncertainty: use in guides for international and regional organizations” Ukr. Metrolog. Zh., No. 4, 10 (2005).
- [16] O. N. Velichko, „Traceability of measurement results at different levels of metrological work”, Ukr. Metrolog. Zh, DOI:10.1007/s11018-010-9428-7.
- [17] ISO 17034:2016, *General Requirements for the Competence of Reference Material Producers*.
- [18] ISO Guide 30:2015, *Reference Materials – Selected Terms and Definitions*.
- [19] ISO Guide 31:2015, *Reference Materials – Contents of Certificates, Labels and Accompanying Documentation*
- [20] ISO Guide 33:2015, *Reference Materials – Good Practice in Using Reference Materials*.
- [21] ISO Guide 35:2017, *Reference Materials – Guidance for Characterization and Assessment of Homogeneity and Stability*.
- [22] ILAC-P10:07/2020 *Politica ILAC privind trasabilitatea metrologică a rezultatelor măsurării*.
- [23] M. Sargent, *Accredit. Qual. Assur.*, 25, 367–372 (2020), <https://doi.org/10.1007/s00769-020-01450-8>.
- [24] M. do Ceu Ferreira, A. Matos, and R. P. Leal, *Accredit. Qual. Assur.*, 20, 457–464 (2015), <https://doi.org/10.1007/s00769-015-1149-9>.
- [25] R. J. C. Brown and H. Andres, *Accredit. Qual. Assur.*, 25, 161–166 (2020), <https://doi.org/10.1007/s00769-020-01424-w>.
- [26] O. Velychko and T. Gordiyenko, *Standards, Methods and Solutions of Metrology*, L. Cocco (ed.), IntechOpen (2019), <https://doi.org/10.5772/intechopen.84853>.

- [27] T. Kyriacos and M. Sappho, “*Metrological requirements for accredited laboratories*”, 17th Int. Congr. of Metrology, Paris, France, Sept. 21–24, 2015, EDP Sciences, Paris (2015), <https://doi.org/10.1051/metrology/201502016>.
- [28] E. Bulska, *Metrology in Chemistry*. Lecture Notes in Chemistry (2018), Book 101, pp. 35–51, https://doi.org/10.1007/978-3-319-99206-8_4.
- [29] W. G. Miller, N. Greenberg, J. Budd, and V. Delatour, *Clin. Chim. Acta*, 514, 84–89 (2021), <https://doi.org/10.1016/j.cca.2020.12.021>.
- [30] V. I. Paneva, “*Role of interlaboratory comparisons in assuring the quality of analytical measurements used in conformity assessment*” S tand. Obraztsy, No. 3, 7–14 (2009).
- [31] V. G. Kutyaikin, P. A. Gorbachev, E. Yu. Geiger, and K. K. Savrovskii, “*Metrological traceability of test results*”, Kompetentnost, No. 7, 30–36 (2020), <https://doi.org/10.24411/1993-8780-2020-10705>
- [32] ISO/TR 16476:2016, *Reference materials — Establishing and expressing metrological traceability of quantity values assigned to reference materials*.
- [33] ILAC P8:03/2019 *Aranjament de recunoaștere reciprocă ILAC (aranjament): Cerințe suplimentare pentru utilizarea simbolurilor de acreditare și pentru revendicările privind statutul de acreditare de către organismele de evaluare a conformității acreditate*.
- [34] Declarația comună BIPM, OIML, ILAC și ISO privind trasabilitatea metrologică, semnată pe 9 noiembrie 2018, accesibilă pe pagina web [7f1a4834-da36-b012-2a81-fc51a79b0726 \(bipm.org\)](https://www.bipm.org/2018/09/09/declaration-comune-bipm-oiml-ilac-iso).
- [35] Regulament General de Metrologie Legală RGML 17:2015 „*Scheme de trasabilitate a unităților de măsură. Principii de stabilire. Modul de elaborare, aprobare și utilizare*”, Anexa la Ordinul Ministerului Economiei nr. 13 din 09.02.2015.
- [36] SM SR EN ISO/IEC 17020:2013 - *Evaluarea conformității. Cerințe pentru funcționarea diferitelor tipuri de organisme care efectuează inspecții*.
- [37] Chiciuc, A.; Corjan, A.; *Metrologie, Standardizare și Măsurări*, Chișinău 2002, pp.48, pp.49.
- [38] Regulamentul general de metrologie legală RGML 09:2018 „*Elaborarea, aprobarea, conservarea, utilizarea, compararea, perfecționarea etaloanelor naționale ale unităților de măsură și înregistrarea/radierea acestora din Registrul de stat al etaloanelor unităților de măsură*”, Anexă la Ordinul Ministerului Economiei și Infrastructurii nr. 133 din 13.03.2018.
- [39] *A. Sabadaș, Asigurarea trasabilității unităților de măsură*. Buletinul Științific al Conferinței tehnico-științifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor și Studenților, UTM, Chișinău, Moldova – Volumul I – ISBN 978-9975-45-544-2.
- [40] ***, *Legea nr. 71/2007 cu privire la registre*, accesibilă pe pagina web https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=131038&lang=ro#.
- [41] Instrucțiunea de metrologie legală I.M.L. 3-05 - *Trasabilitatea rezultatelor măsurărilor efectuate cu mijloace de măsurare supuse controlului metrologic legal din 14.12.2005*, Parte integrantă din Hotărâre 1660/2005.
- [42] ***, *Ordonanța Guvernului nr. 20/1992 privind activitatea de metrologie, aprobată și modificată prin Legea nr. 11/94, cu modificările și completările ulterioare*.
- [43] ***, *Instrucțiuni de metrologie legală din 3 iunie 2004*, I.M.L. 1-04 – „*Etaloane naționale*”.
- [44] ***, *Legea Metrologiei nr. 19 din 04.03.2016*, accesibilă pe pagina web https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=133373&lang=ro#.
- [45] ***, *Regulamentul General de Metrologie Legală RGML 06:2014 Registrul de stat al etaloanelor unităților de măsură*, Anexă la Ordinul Ministerului Economiei nr. 158 din 09.08.2014.
- [46] ***, *Organizații internaționale și regionale la care Republica Moldova este membru* https://me.gov.md/sites/default/files/organizatii_internationale.pdf.

- [47] PE-3.6/06 *Procedura de etalonare e măsurilor de volum din metal (metoda gravimetrică)*.
- [48] *A. Sabadaş, A. Pianih, Discription of standardization procedure of standard volume measures and analysis of the stability of their metrological characteristics*, Journal of Engineering Science, Vol. XXIX, no. 4 (2022), pp. 51-58. [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29\(4\).07](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29(4).07).
- [49] GOST 8.400-2013 *State system for ensuring the uniformity of measurements. Standard metallic gauges. Verification procedure*. Approved: Federal Agency for Technical Regulation and Metrology, 30 December 2013.
- [50] PE-3.6/05 *Procedura de etalonare a măsurilor de volum din metal (metoda volumetrică)*.
- [51] *A. Sabadaş, A. Pianih, A. Braguta, V. Grusca, Procedure for declaring the national standard in field volume*, Chisinau, Republic of Moldova, Intellectus 2022, pp. 93-97. <https://doi.org/10.56329/1810-7087.22.2.09>.
- [52] *A. Sabadaş, A. Pianih, A. Brăguță, V. Grușca, Stabilitatea caracteristicilor metrologice ale comparatorului de masă HRP 200.4Y.KO*, Chișinău, Republica Moldova, Akademos 2022, pp.27-31. <https://doi.org/10.52673/18570461.22.4-67.03>.
- [53] *Raport de cercetare SC 017:2022*. Accesibil pe pagina web: https://inm.md/uploads/0/images/large/545c0635609f49bfc777cc620daefd99_sc-017-201-vulpe-roman.pdf.
- [54] ISO/IEC 17043:2010 *Conformity assessment — General requirements for proficiency testing*.
- [55] EURAMET – *Asociația Europeană a institutelor Naționale de Metrologie*. Accesibil pe pagina web: <https://www.euramet.org/about-euramet>.
- [56] *A. Sabadaş, A. Pianih, V. Grusca, A. Braguta, Ensuring the Validity of the Results of the National Standard of the Volume Measurement Unit by Participating in the International Comparison within EURAMET*, Bucharest, Romania. 13th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE), 23-25 March 2023. <https://doi.org/10.1109/ATEE58038.2023.10108096>.
- [57] EURAMET *Guide on Comparisons*, Guide No. 4 Version 2.0 (04/2021).
- [58] CIPM MRA-G-11: *Measurement comparisons in the CIPM MRA*.
- [59] APMP *Guideline for using HCs as CMC Evidence*.
- [60] G-OPS-FRM-012: *Participation in EURAMET Comparison: Participation form to be signed by participants*.
- [61] G-OPS-FRM-009: *EURAMET Project Form – Registration of Agreed and Starting Projects*.
- [62] EURAMET Comparison TOOLBOX - *Interested users should contact the EURAMET Secretariat*.
- [63] G-OPS-FRM-010: *EURAMET Project Report – Progress and Final Report*.
- [64] M.G. Cox, *The evaluation of key comparison data*, Metrologia, 2002, Vol. 39, 589-595
- [65] Revista Metrologia, accesibil pe pagina web: <https://iopscience.iop.org/journal/0026-1394>
- [66] EURAMET project 1479 (EURAMET.M.FF-S14). Final Report. Accesibil pe pagina web: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0026-1394/60/1A/07001#artAbst>. Accesat 27.10.2022.

Lucrări publicate de autor în domenii conexe:

- [1] *A. Sabadaş, A. Pianih, M. Poienar, M. Pociuş, Automatic control system*, In: Buletinul Științific al Academiei forțelor terestre „Nicolae Bălcescu”, 2020, Sibiu, România, ISSN 2501-3157.
- [2] M. Cenușă, *A. Sabadaş, A. Pianih, O. V. Grosu, Device for continuous skeletal traction*, In: Buletinul Științific al Academiei forțelor terestre „Nicolae Bălcescu”, 2020, Sibiu, România, ISSN 2501-3157.
- [3] M. Cenușă, M. Poienar, V. E. Toader, *A. Sabadaş, A. Pianih, Buildings flood protection system*, In: Buletinul Științific al Academiei forțelor terestre „Nicolae Bălcescu”, 2019, Sibiu, România, ISSN 2501-3157.

- [4] M. Poienar, A. Sabadaş, D. Cernuşcă, S. D. Paşa, V. Toader, *Thermomechanical safety lock*. In: Buletinul Ştiinţific al Academiei forţelor terestre „Nicolae Bălcescu”, 2019, Sibiu, România, ISSN 2501-3157.
- [5] D. E. Toader, A. Sabadaş, C. Bejenar, M. Paval, *Study of a micropompe actioned with nitinol*, in: buletin ştiinţific, Nr. 4/2021, Cercetări şi inovaţii în viziunea tinerilor cercetători Academia Forţelor Terestre „Nicolae Bălcescu”, Sibiu, România ISSN 2501-3157.
- [6] C. Bejenar, A. Moldovan, A. Sabadaş, A. Pianih, *Extension device for the diagnosis of conductive charging systems*, In: Buletin Ştiinţific, Nr. 4/2022, Cercetări şi inovaţii în viziunea tinerilor cercetători Academia Forţelor Terestre „Nicolae Bălcescu”, Sibiu, România. ISSN 2501-3157.
- [7] C. Bejenar, A. Moldovan C. C. Tuduriu, A. Sabadaş, *Socket safety system*, In: Buletin Ştiinţific, Nr. 4/2023, Cercetări şi inovaţii în viziunea tinerilor cercetători Academia Forţelor Terestre „Nicolae Bălcescu”, Sibiu, România. ISSN 2501-3157.