

# PROCESE ÎN VEDEREA ASIGURĂRII TRASABILITĂȚII METROLOGICE A UNITĂȚILOR DE MĂSURĂ

*Anna SABADAȘ, Alexei PIANÎH*

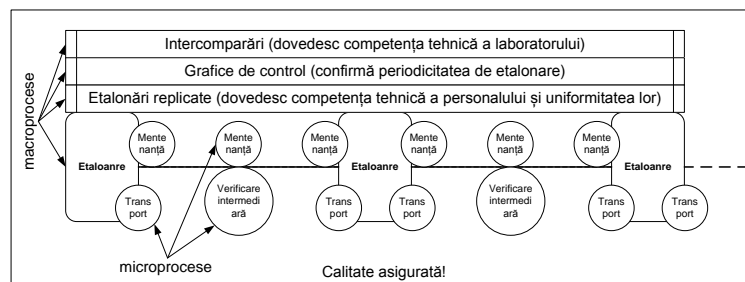
*Universitatea Tehnică a Moldovei*

**Rezumat:** Prezenta lucrare caracterizează procesele logice ce trebuie efectuate cu un mijloc de măsurare pentru a asigura trasabilitatea sa metrologică. Ca exemplu se vor analiza mijloacele de măsurare a volumului și presiunii. Se urmărește confirmarea încrederii în capacitățile sale de măsurare și, respectiv, în relevanța lor. Astfel, un accent deosebit se pune pe descrierea proceselor necesare a fi menținute asupra echipamentelor.

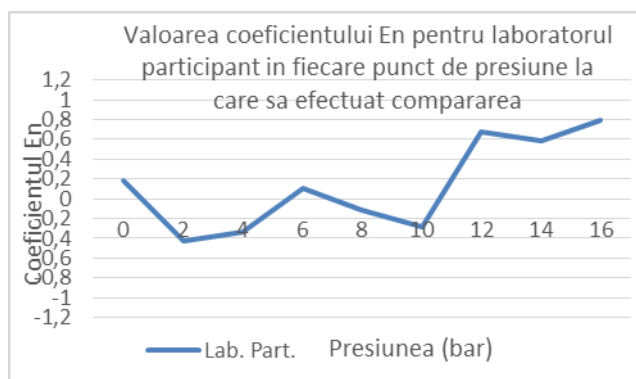
**Cuvinte cheie:** procese, trasabilitatea metrologică, grafic de control, competență, etalonare, mentenanță, verificare intermediară, interval de etalonare

Sistemul Internațional de Unități (SI) permite înlăturarea tuturor barierelor de măsurare din lumea întreagă [1], acesta este un fel de limbaj internațional al cercetătorilor, suplimentar matematicii. În Republica Moldova responsabil de transmiterea și asigurarea reproducerii unităților SI este Institutul Național de Metrologie (INM). În continuare se vor alege două exemple pentru a caracteriza procesele interne ce necesită a fi asigurate ca o unitate de măsură să fie transmisă de la unitățile de bază către beneficiarul final.

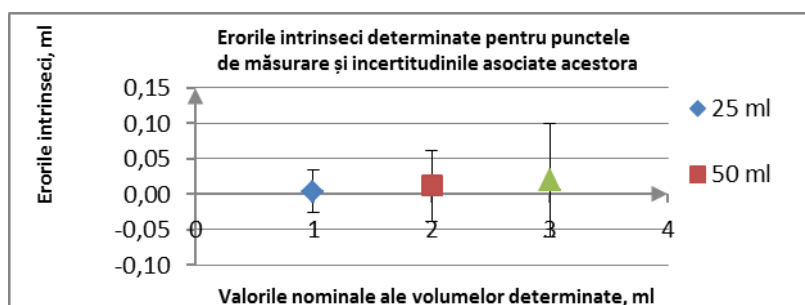
Astfel, sistemul de etaloane de la INM își confirmă utilitatea formării sale. Scopul de bază constând în preluarea unității de măsură, conservarea și transmiterea ei la etaloanele de referință, respectiv asigurarea uniformității măsurărilor efectuate pe întreg teritoriul Republicii Moldova, inclusiv în relațiile economice și tehnico-științifice cu alte țări. Capabilitățile de măsurare ale INM acoperă majoritatea cerințelor metrologice ale mijloacelor de măsurare (MM) utilizate pe teritoriul Republicii Moldova. Sistemul de management al calității (SMC) presupune analiza tuturor componentelor ce pot influența procesul de măsurare [2]. Filosofia acestor procese este gândită în așa mod încât să asigure la ieșire siguranța și calitatea procesului de trasabilitate metrologică, încât atât în industrie, cât și la un simplu utilizator, să fie asigurat procesul corect de cuantizare a unități de măsură. Procesele se monitorizează în așa mod, încât rezultatul procesului de măsurare să fie cuprins în limitele așteptărilor rezonabile și satisfăcătoare, sau cel puțin clare, pentru beneficiarul de servicii. Totuși cum arată practica, pentru personalul din laboratoare e dificil să structureze periodicitatea proceselor necesare de efectuat asupra/cu etalonul, cât și dovezile relevante că ele sunt suficiente pentru un audit. Astfel articolul dat va prezenta un exemplu de monitorizare a intervențiilor obiective pentru a asigura calitatea rezultatelor reproduse de un etalon. În dependență de impactul proceselor ce influențează rezultatele finale, se diferențiază următoarele categorii (figura 1): Macroprocesele – intercomparări, etalonări, grafice de control, etalonări replicate. Macroprocesele sunt acțiuni menite să monitorizeze starea etalonului în continuu și pe termen lung. Sunt axate în special pe asigurarea dovezilor de competență și necesită o conformare cu ghiduri/standarde conexe, precum și o cooperare cu alte instituții. Microprocesele – verificare intermediară, mentenanță, inspecție de până și după transportare. Microprocesele sunt acțiuni menite să monitorizeze starea etalonului instantaneu și în urma fiecărei modificări de stare. Sunt axate în special pe confirmarea recomandărilor de la producător, cerințelor din SMC și necesită o înaltă calificare a personalului antrenat în lucru. Intercompararea are ca scop confirmarea capabilităților de măsurare a laboratoarelor de încercări/etalonări și verificări metrologice. Laboratoarele ce își dovedesc capabilitățile de măsurare pentru etalonări (figura 2), vor avea automat asigurată încrederea pentru competența măsurărilor de încercări și de verificări metrologice. Iar în figura 3 sunt prezentate diferențele dintre rezultatele obținute la o intercomparare internațională dintre RM și România (pilot). Sunt prezentate diferențele dintre laborator participant și valorile de referință, unde pe axa x este valoare de referință a laboratorului pilot



**Figura 1.** Repartizarea optimă a proceselor pentru asigurarea calității



**Figura 2** Rezultatele reale obținute de INM la o intercompararea pe presiuni Clab 11:2016

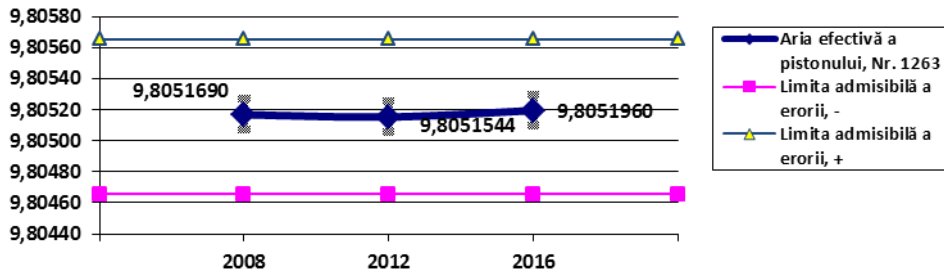


**Figura 3** Rezultatele reale obținute de INM la o intercompararea pe volume Clab 10:2016

Operație care, în condiții specificate, stabilește: - în prima etapă o relație între valorile și incertitudinile de măsurare asociate care sunt furnizate de etaloane și de indicațiile corespunzătoare cu incertitudinile de măsurare asociate; - în a doua etapă, este utilizată această informație pentru stabilirea unei relații care să permită obținerea unui rezultat de măsurare pornind de la o indicație [3]. Doar prin procesul de etalonare se confirmă trasabilitatea metrologică a rezultatului unei măsurări.

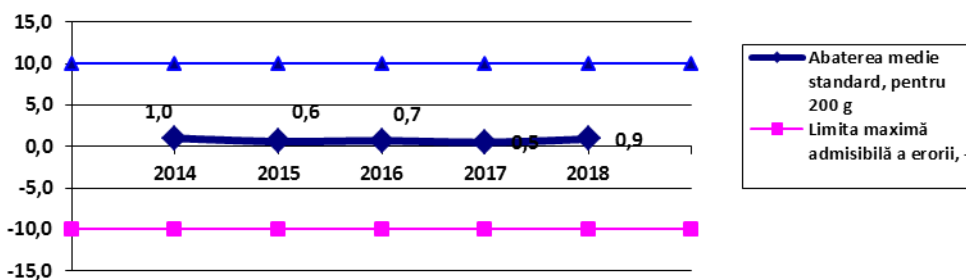
Graficele de control ca și diverse rezultate ale cercetărilor asupra riscurilor de exploatare, reetalonare a MM, precum și îmbunătățiri sau/și tendințe observate în timp, se introduc sub formă de raport de cercetare în fișele tehnice ale MM. Analizele efectuate pot să conțină informații despre definirea perioadei de etalonare, periodicitatea intervențiilor asupra etalonului, driftul unității de măsură, descrieri ale observațiilor sau îmbunătățirilor. Rezultatele constatate pot servi ca bază de argumentare pentru modificarea programului de mentenanță și etalonare al Biroului Național de Etaloane. În figura 4 este prezentat un exemplu de grafic de control al unui Manometru cu Piston și Greutăți care are trei etalonări efectuate deja. Se observă, că principala caracteristică metrologică – aria efectivă a pistonului, are o stabilitate rectilinie în timp și se încadrează în limitele admisibile a erorii. Se confirmă stabilitatea și frecvența de etalonare a ER 04:2014 de cinci ani [4].

În figura 5 este prezentat graficul de control al unui aparat de cântărit cu funcționare neautomată (ACFN), tip M1203i cu limita maximă admisibilă (LMA) a erorii posibile pentru aceste echipamente de  $e=10 \cdot d=10 \cdot 1 \text{ mg}=10 \text{ mg}$ , în conformitate cu OIML R 76. În LMMD se va accepta o limită pentru acest echipament LMA=10 mg.



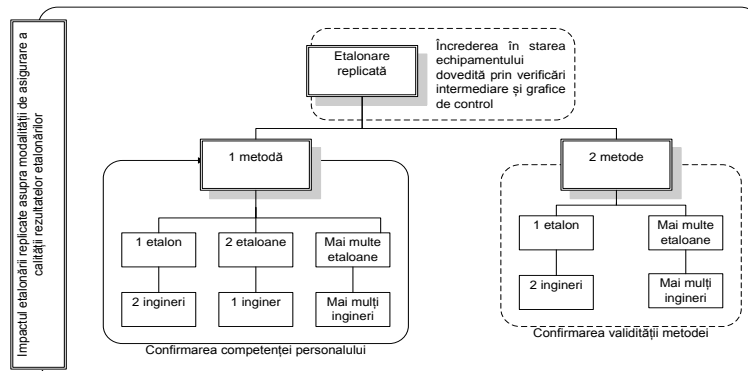
**Figura 4.** Grafic de control ce prezintă stabilitatea ariei efective a pistonului Nr. 1263 ( $x$  – ani,  $y$  –  $\text{cm}^2$ ) din componența manometrului cu piston și greutateți tip PG 7601 Nr. 663

Pe grafic se monitorizează dacă abaterea medie standard ( $s$ ) se încadrează în limitele de control ale acestui. Se observă că  $s$  are o stabilitate rectilinie și se încadrează în LMA și confirmă perioada de etalonare de 12 luni [5].



**Figura 5.** Grafic de control ce prezintă abaterea medie standard pentru 200 g al ACFN din componența etalonului de referință al volumului ( $x$  – ani,  $y$  – mg)

Etalonarea replicată este menită să confirme validitatea unei metode de etalonare folosite de laborator sau competența personalului de a utiliza o procedură de etalonare, încât rezultatul să fie omogen și uniform. Pentru o prezentare mai clară, în figura 6 sunt indicate tipurile de etalonare replicată. Când se etalonează un MM prin două metode diferite, se urmărește validarea unei metode de măsurare descrise într-o procedură de etalonare. Când se etalonează un MM printr-o singură metodă, dar de doi ingineri diferiți sau cu două etaloane diferite se urmărește confirmarea competenței personalului antrenat în măsurări.



**Figura 6.** Schema bloc de efectuare a etalonării replicată

De exemplu, indicatorul de presiune RPM4 A350Ks BA100Ks din dotarea Laboratorului Mase și Mărimi Derivate, care a fost etalonat la Metas, Elveția în 2016 cu un etalon PG 7601 similar, de care dispune INM, în Republica Moldova s-au repetat măsurările la aceleași puncte, prin aceeași metodă. Astfel, în tabelul 1 sunt prezentate rezultatele măsurărilor.

Din motiv că erorile normalizate pentru INM sunt  $< 1,0$  se confirmă că calitatea măsurărilor obținute de către indicatorul de presiune RPM4 A350Ks BA100Ks, Nr. 920 și manometrul cu piston și greutateți PG 7601, Nr. 1263 sunt compatibile cu cele reproduse de inginerii din Elveția, ca și competența personalului.

**Tabelul 1.** Valorile obținute din certificatul de etalonare Nr. 133-07555/2016, emis de METAS, Elveția din 15.06.2016 și etalonarea replicată Nr. 024-3.2/2016, emis de LMMD, INM din 07.09.2016

Valoarea convențională kPa	Indicația, kPa		Incertitudinea extinsă, kPa		En
	METAS	INM	METAS	INM	
100	-0,002	-0,006	0,0050	0,06	0,08
125	-0,001	-0,014	0,0075	0,06	0,21
150	0,000	-0,010	0,0075	0,06	0,16
200	0,000	-0,013	0,0075	0,06	0,20
250	0,000	-0,013	0,0075	0,06	0,21
300	0,001	-0,007	0,0075	0,06	0,13
350	0,005	-0,008	0,0075	0,06	0,21

Acest proces are ca scop inspecția imediată a MM de până și după transportare, atunci când etalonul este mutat. Prin această operație se asigură lipsa dereglărilor de la starea normală. Condițiile ce trebuie îndeplinite la transportarea unui MM, de regulă, sunt descrise în instrucțiuni sau manuale ale echipamentului de la producător. În lipsa acestor instrucțiuni la transportare se aplică regulile generale de securitate, descrise în manualele tehnice, ce țin de aceste tipuri de MM. Acțiunile generale ce trebuie îndeplinite la transportarea aparatelor mecanice și electronice de măsurare a presiunii: Corectitudinea funcționării MM la conectarea și deconectarea MM de la sursa de curent electric; Controlul prezenței tuturor pieselor din componența echipamentului și manipularea lor cu grijă (la necesitate cu mănuși speciale). Verificarea intermediară este menită să mențină încrederea în statutul etaloanelor sau starea de etalonare a echipamentului. Se urmărește confirmarea sau infirmarea validității ultimului certificat de etalonare deținut de etalon. Această monitorizare presupune inspecția stării fizice a etalonului, echivalentă cu controlul aspectului exterior (lipsa dereglărilor de la starea anterioară). Uneori se merge mai departe, chiar până la analiza concordanței unei caracteristici tehnice/metrologice de bază a etalonului cu limitele alese în laborator. Menținerea este menită să păstreze MM în stare bună de funcționare, prin urmărirea comportamentului în timp al etalonului și asigurarea stabilității acestuia, prin efectuarea unor intervenții specifice descrise de producător. Procese reale ce reprezintă mentenanța sunt: curățare și/sau spălarea unor suprafețe de praf, ulei, murdărie (curățarea uleiului se face cu alcool etilic, se curăță toate detaliile din componența echipamentului); monitorizarea prezenței lubrefianților, nivelul satisfăcător de lichide, gaze sau materiale de referință; schimbarea mediului de lucru; ajustarea la reperul de zero, verticalității sau alte condiții tehnice; lustruirea suprafețelor metalice; aplicarea vopselei; eliminarea/introducerea unui gaz/lichid în sistem; prelucrarea unor suprafețe cu vaselină tehnică, etc. Cercetarea din lucrare reprezintă un exemplu de monitorizare a încrederii în calitatea rezultatelor unui etalon care participă în lanțul neîntrerupt și documentat al trasabilității metrologice. Astfel dacă la fiecare etalon în parte se vor asigura aceste micro și macro procese, în rezultat va fi asigurată și însuși trasabilitatea metrologică. Totodată, ordonarea proceselor de lucru cu un etalon, reprezintă o sarcină dificilă dar, importantă. Ele par întortocheate la prima vedere, dar după o analiză profundă și profesionistă pot fi aranjate corespunzător și logic. Odată ce procesele sunt sistematizate, ele nu mai prezintă un disconfort pentru inginer și sunt efectuate mai eficient. În baza echipamentului din dotarea INM s-au prezentat exemple relevante, cum este necesar de îndeplinit și apreciat procesele menite să asigure calitatea rezultatelor măsurării. Dar, trebuie de ținut cont că exemplele date nu sunt reglementate de nici un standard, ci reprezintă produsul cercetărilor efectuate de INM. Totuși, ele pot fi folosite ca pilon de pornire sau bune practici pentru laboratoarele din domeniul infrastructurii calității, ce optează pentru constituirea unui SMC viabil.

## Bibliografie

1. <http://www.bipm.org/en/measurement-units/base-units.html>
2. SM SR EN ISO/CEI 17025:2006 „Cerințe generale pentru competența laboratoarelor de încercări și etalonări”
3. pct. 2.39 SM SR Ghid ISO/CEI 99:2012 ”Vocabular internațional de metrologie. Concepte fundamentale și generale și termeni asociați (VIM)”
4. Guideline DKD-R 6-1 „Calibration of Pressure Gauges”
5. OIML D 10 2007/ ILAC-G24 2007 „Linii directoare pentru determinarea intervalului de etalonare a aparatelor de măsurare” <http://www.iec-ilac-iaf.org/doc/1007a.pdf>