

**DETERMINAREA REPRODUCTIBILITĂȚII MĂSURĂRILOR, REALIZATE LA ETALONUL NAȚIONAL AL UNITĂȚII DE MĂSURĂ A UMIDITĂȚII GAZELOR ETN 12-17**

Institutul Național de Metrologie

**Grigore BUZUC**

Șef laborator Mărimi Termice și Umiditate

**Rezumat:** Crearea, menținerea și dezvoltarea etaloanelor naționale, reprezintă o etapă esențială în întărirea independenței metrologice a oricărui stat contemporan. Totodată cercetarea și dezvoltarea continuă a etaloanelor constituie una din prioritățile de bază ale Institutului Național Metrologie.

Pentru creșterea încrederii în măsurările efectuate, respectiv una din condițiile de măsurare, o reprezintă reproductibilitatea de măsurare a unități reproduse de un etalon național. Acest articol se referă la determinarea fidelității de măsurare în condiții de reproductibilitate și repetabilitate, a temperaturii punctului de rouă, realizate cu ajutorul etalonului național al unității de măsură a umidității gazelor ETN 12-17.

**Abstract:** Crearea, menținerea și dezvoltarea etaloanelor naționale, reprezintă o etapă esențială în întărirea independenței metrologice a oricărui stat contemporan. Totodată cercetarea și dezvoltarea continuă a etaloanelor constituie una din prioritățile de bază ale Institutului Național Metrologie.

Pentru creșterea încrederii în măsurările efectuate, respectiv una din condițiile de măsurare, o reprezintă reproductibilitatea de măsurare a unități reproduse de un etalon național. Acest articol se referă la determinarea fidelității de măsurare în condiții de reproductibilitate și repetabilitate, a temperaturii punctului de rouă, realizate cu ajutorul etalonului național al unității de măsură a umidității gazelor ETN 12-17.

**Cuvinte cheie:** umiditatea gazelor, higrometru a punctului de rouă, reproductibilitate, repetabilitate, generator

**Key words:** *humidity of gases, dew point hygrometer, reproductibility, repeatability, humidity generator*

## INTRODUCERE

În procesul de cercetare și dezvoltare a etaloanelor naționale (ETN) este necesar de luat în considerație diferiți factori ce ar putea contribui la rezultatul final al reproducerii unității de măsură precum și de transmitere a acestei unități de la etalonul național, prin intermediul etaloanelor de lucru, către mijloacele de măsurare existente în țară, contribuind astfel la crearea unui lanț neîntrerupt de măsurări și asigurând deci trasabilitatea metrologică în țară. Totodată în cadrul proceselor de cercetare, este necesar de luat în considerație diferite ansambluri de condiții de măsurare. Dintre cele mai larg întâlnite pot fi evidențiate următoarele condiții de măsurare:

- Condiții de repetabilitate – reprezintă un ansamblu de condiții de măsurare care presupun aceiași procedură de măsurare, aceiași ingineri, aceleași echipamente de măsurare, amplasate în aceleași spații și menținând aceleași condiții de mediu. De regulă se presupune realizarea măsurărilor în perioadă scurtă de timp.
- Condiții de fidelitate intermediară – reprezintă un ansamblu de condiții de măsurare care presupun aceiași procedură de măsurare, aceleași echipamente de măsurare, amplasate în aceleași spații, dar realizate într-o perioadă extinsă de timp. În condiții de fidelitate intermediară, pe lângă perioada de timp pot fi și alte condiții modificate cum ar fi de exemplu etaloane noi, specialiști sau sisteme de măsurare diferite.
- Condiții de reproductibilitate – reprezintă un ansamblu de condiții de măsurare care presupun diferite locații, diferiți ingineri și diferite sisteme de măsurare.

Pentru toate trei condiții se presupune repetarea măsurărilor utilizând același mijloc de măsurare sau mijloace de măsurare similare.

În prezentul articol sunt prezentate rezultatele cercetării generatoarelor de umiditate din componența ETN 12-17 în scopul determinării reproductibilității unității de umiditate, în intervalul de valori, ce poate fi reprodus de ambele generatoare.

### REPRODUCTIBILITATEA GENERĂRII TEMPERATURII PUNCTULUI DE ROUĂ

Etalonul național al unității de măsurare a umidității gazelor ETN 12-17, este dotat cu două generatoare de umiditate, destinate reproducerii umidității în diferite intervale de măsurare (tabelul 1).

**Tabelul 1.** Caracteristici tehnice a generatoarelor de umiditate

Caracteristici tehnice	Model generator		Unitate de măsură
	3900	2500 ST	
Intervalul de realizare a umidității relative	0,002 ÷ 50	10 ÷ 95	%
Intervalul de realizare a temperaturii	0 ÷ 50	0 ÷ 70	°C
Intervalul de realizare a punctului de rouă	-95 ÷ 10	-20 ÷ 70	°C
Intervalul de realizare a debitului	0,1 ÷ 5	0,1 ÷ 20	l/min

Din punct de vedere tehnic în intervalul de la (-20) °C până la 10 °C, temperatura punctului de rouă poate fi reprodusă de ambele generatoare. În acest caz, în procesul de etalonare, utilizarea unui sau altui generator rămâne la discreția operatorului și depinde în principal de intervalul total de măsurare a higrometrului supus etalonării.

Deși acest aspect, în procesul de etalonare, este un lucru firesc, totuși în procesul transmiterii unității de măsură de la ETN 12-17, apar componente suplimentare a incertitudinii care se datorează inclusiv reproductibilității și repetabilității unităților de măsură, realizate de către generatoare. Estimarea și evaluarea acestor componente necesită analiza detaliată și a factorilor de influență datorati măsurării temperaturii și presiunii în toate punctele critice ale sistemului de măsurare (saturatoarele generatoarelor și camera de măsurare).

Cerințele descrise în SM SR EN ISO 5725 [4], presupun modelul statistic de estimare a exactității reproducerii și măsurării, rezultatul  $y$ , al etalonării, fiind descris prin următoarele componente:

$$y = m + B + e = \mu + \delta + B + e \quad (1)$$

În care:  $m$  – reprezintă media generală;

$B$  – componenta de laborator a erorii de justețe;

$e$  – eroarea aleatorie ce survine în fiecare măsurare în condiții de repetabilitate;

$\mu$  – valoarea de referință;

$\delta$  – eroarea de justețe a metodei de măsurare.

Eroarea de justețe,  $B$ , furnizează estimări cantitative ale capabilității metodei de măsurare de a oferi rezultatul corect, respectiv justețea reprezintă gradul de concordanță între valoarea medie obținută și valoarea de referință.

Fidelitatea reprezintă gradul de concordanță între rezultatele independente ale etalonării la aceeași valoare, totodată servind la definirea repetabilității și reproductibilității de măsurare. Luând în considerație că se examinează rezultatele obținute prin aceeași metodă de măsurare, eroarea de justețe a metodei,  $\delta$ , poate fi ignorată.

În cazul când rezultatele sunt obținute prin aceeași metodă, în același laborator, de către același operator și la același echipament, putem constata că fidelitatea este în condiții de repetabilitate, reprezentând astfel abaterea standard,  $S_r$ , a rezultatelor obținute. Diferența obținută reprezintă limita de repetabilitate.

Pentru determinarea fidelității în condiții de reproductibilitate,  $S_R$ , se repetă măsurările de către alt operator, după aceeași metodă utilizând aceleași echipamente sau echipamente diferite. Diferența dintre rezultatele obținute de operatori diferiți sau de echipamente diferite, reprezintă limita de reproductibilitate.

$$S_R^2 = S_L^2 + S_r^2 \quad (2)$$

În care:  $S_L$  – varianța inter-laboratoare. Cazul dat include variabilitățile dintre diferite echipamente.

Realizarea temperaturii punctului de rouă prin metoda folosită la ETN 12-17, presupune măsurarea mai multor parametri și caracteristici metrologice. În primul rând ambele generatoare reproduc umiditatea pe baza metodei a două presiuni (metoda 2P), respectiv apare necesitatea măsurării precise a canalelor de presiune și temperatură.

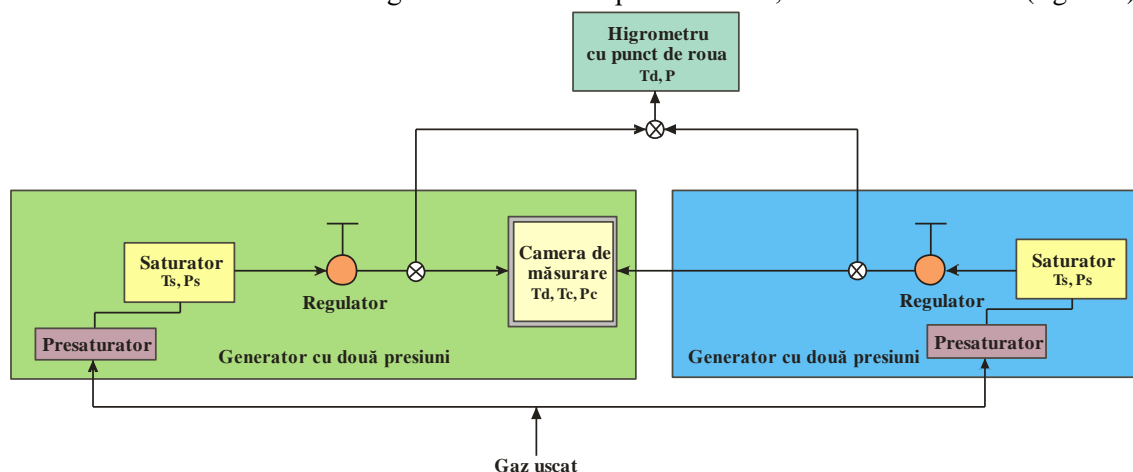
Pentru ridicarea preciziei de măsurare și asigurarea trasabilității măsurării presiunii, traductoarele de presiune au fost preventiv etalonate în laboratorul specializat din cadrul INM (LMMD). De asemenea în cadrul cercetării specialiștii acestui laborator au participat, cu etaloane de transfer, la monitorizarea presiunii pe toată durata măsurărilor. Drept etalon de transfer a fost utilizat calibratorul de presiune model RPM 4.

Pe lângă măsurarea presiunii, metoda 2P, presupune și măsurarea temperaturii atât în saturator cât și în camera de măsurare. Pentru aceasta preventiv au fost etalonate toate traductoarele de temperatură, utilizând calibratorul de temperatură model AMETEK 158B. De asemenea pe toată durata măsurărilor temperatura în camera de măsurare a fost monitorizată cu ajutorul unui termometru cu rezistență din platină etalon, conectat la puntea de curent continuu model Fluke 1575A.

Pentru determinarea gradului de reproductibilitate la generarea temperaturii punctului de rouă, este deci necesar determinarea reproductibilității temperaturii și presiunii din saturatoarele generatoarelor și respectiv a temperaturii din camera de măsurare. Pentru a minimiza factorii externi de influință, ambele generatoare au fost alimentate de la aceeași sursă de generare (figura 1).

### REPRODUCTIBILITATEA MĂSURĂRII TEMPERATURII PUNCTULUI DE ROUĂ

Determinarea gradului de reproductibilitate la măsurarea temperaturii punctului de rouă a fost realizată prin conectarea la sistema de măsurare a unui higrometru etalon cu punct de rouă, model MBW 373H (figura 1).



**Figura 1.** Sistema de generare și măsurare a umidității

Măsurarea temperaturii punctului de rouă a fost monitorizată și înregistrată în regim automatizat, prin intermediul aplicației SOFT specializate. Rezultatele reproductibilității generării și măsurării temperaturii punctului de rouă, în intervalul de temperaturi de la (-20) °C până la 10 °C, sunt prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2. Rezultatele reproductibilității temperaturii punctului de rouă la ETN 12-17

Rezultate	Simbol	Model generator							
		-20 °C		-10 °C		0 °C		10 °C	
		3900	2500	3900	2500	3900	2500	3900	2500
Seria I de măsurări statistic independente									
Media aritmetică	$T_d$	-19,98	-20,02	-9,98	-10,03	0,01	0,02	10,01	10,03
Abaterea medie pătratică	$S$	0,019	0,034	0,019	0,034	0,025	0,021	0,028	0,015
Incertitudinea tip A	$u_a$	0,008	0,015	0,008	0,015	0,003	0,025	0,007	0,011

Seria II de măsurări statistic independente									
Media aritmetică	$T_d$	-20,01	-20,05	-9,99	-10,02	0,01	0,02	10,03	10,02
Abaterea medie pătratică	$S$	0,022	0,028	0,018	0,032	0,045	0,038	0,012	0,023
Incertitudinea tip A	$u_a$	0,008	0,015	0,009	0,005	0,012	0,008	0,009	0,010
Incertitudinea extinsă	$U$	0,059	0,062	0,063	0,048	0,045	0,052	0,035	0,028
Repetabilitate	$S_r$	-0,003	0,006	0,001	0,002	-0,020	-0,017	0,016	-0,008
Reproductibilitate	$S_R$	0,007		0,002		0,026		0,018	

## CONCLUZII

Necesitatea cercetării continuă a etaloanelor naționale reprezintă o sarcină esențială ce trebuie să fie îndeplinită de INM. Etalonul național al unității de măsură a umidității gazelor ETN 12-17, fiind aprobat în calitate de etalon național în anul 2017, necesită cercetări ample, atât în scopul aprecierii comportamentului său în timp, cât și a îmbunătățirii caracteristicilor sale metrologice. Pentru a putea participa cu succes la comparații internaționale, în scopul demonstrării capabilităților de măsurare, este necesară estimarea tuturor posibilelor componente a incertitudinii de măsurare cât și minimizarea factorilor de influență externi.

Ca urmare a cercării realizate a fost posibilă identificarea și determinarea reproductibilității de generare și măsurare a unității de umiditate, lucru ce va permite includerea acestei componente în procedurile de etalonare dezvoltate de laborator. De asemenea s-a constatat o bună reproductibilitate a ETN 12-17 ceea ce permite deci efectuarea etalonărilor cu un grad mai înalt de încredere.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] SM SR EN ISO/CEI 17025:2006 Cerințe generale pentru competența laboratoarelor de încercări și etalonări
- [2] SM SR Ghid ISO/CEI 98-3:2011 Incertitudine de măsurare. Partea 3: Ghid pentru exprimarea incertitudinii de măsurare
- [3] CCT/03-20 Uncertainty in the generation of humidity.
- [4] SM SR EN ISO 5725-(2...6):2014 Exactitatea metodelor de măsurare și a rezultatelor măsurărilor.