

COMPARATIA INTERLABORATOARE

„ETALONAREA TERMOMETRELOR DIN STICLA CU MERCUR
ÎN DOMENIUL DE TEMPERATURA (35...45) °C”

CUPRINS

1 INTRODUCERE	5
2 PROGRAMUL COMPARATIEI INTERLABORATOARE	6
2.1 Etaloane si utilaje	6
2.2 Instructiuni de masurare	8
2.3 Valori de referinta	11
3 REZULTATELE COMPARATIEI INTERLABORATOARE	13
3.1 Generalitati	13
3.2 Prezentarea rezultatelor masurarilor	14
3.2.1 Laboratorul 2	17
3.2.2 Laboratorul 3	19
3.2.3 Laboratorul 4	22
3.2.4 Laboratorul 5	24
3.2.5 Laboratorul 6	26
3.2.6 Laboratorul 7	28
3.2.7 Compatibilitatea cu valorile de referinta	30
3.2.8 Compatibilitatea bilaterala	33
3.2.9 Matricea completa de compatibilitate	51
3.3 Analiza rezultatelor	57
4 CONCLUZII	64
ANEXA	65

1

Introducere

În cadrul comparației interlaboratoare cu tema „Etalonarea termometrelor din sticla cu mercur în domeniul de temperatura (35...45) °C”, laboratorul Termometrie-Colectivul Temperaturi al INM a fost desemnat Laborator pilot (LP) și Laborator de referință (LR). Măsurările au început în luna iunie 2003 la INM și s-au încheiat în luna noiembrie 2003 la INM.

Această lucrare prezintă și analizează comparativ rezultatele și incertitudinile asociate obținute de Laboratorul de referință și de celelalte 6 laboratoare participante, care figurează cu codurile ce le-au fost atribuite în cadrul Comparației.

În lucrare sunt sintetizate sub formă tabelară și grafică abaterile rezultatelor obținute de cele șase laboratoare față de valorile de referință stabilite de LR precum și incertitudinile asociate acestor abateri. Pe baza lor, s-au calculat indicii de valoare ai laboratoarelor participante, care stabilesc compatibilitatea fiecărui laborator cu LR.

Compatibilitatea sau echivalența etalonărilor efectuate de laboratoarele participante este indicată și de măsura în care diferența dintre rezultatele obținute de 2 laboratoare este mai mică sau egală cu incertitudinea extinsă asociată diferenței. De aceea, în lucrare sunt prezentate, în aceleași formate, diferențele dintre rezultatele obținute de oricare două laboratoare participante și incertitudinile asociate acestor diferențe.

Programul comparatiei interlaboratoare

2.1 Etaloane si utilaje

Ca etalon itinerant a fost utilizat termometrul din sticla cu mercur seria INMB-70, un termometru cu imersie partiala, având domeniul de masurare (35...45) °C si valoarea diviziunii de 0,01 °C.

Tabelul 1 prezinta parameetrii caracteristici ai etaloanelor folosite în cursul masurarilor, asa cum au fost transmise de laboratoarele participante. În primele doua coloane sunt înscrise laboratorul si denumirea etalonului/etalonelor folosite. Coloana 3 contine tipul sau modelul etalonului. În coloana 4 sunt înscrise domeniul de masurare si rezolutia etalonului. În ultimele doua coloane sunt specificate incertitudinea extinsa, inclusiv valoarea factorului de extindere, si ruta de trasabilitate.

Tabelul 1 - Etaloanele folosite si principalele lor caracteristici

Laborator	Denumire etalon	Tip/model	Domeniu de masurare si rezolutie	U	Ruta de trasabilitate
INM	Termometru din sticla cu Hg	cu imersie partiala	(30..40) °C; (40..50) °C; rezolutie: 0,01 °C	0,014 °C (k = 2)	interna
2	Termometru digital	QED&INM, cu termometru cu rezistenta din platina	(0...400) °C; rezolutie: 0.01 °C	-	INM
3	Termometru digital	Hart Scientific, Model 1502 A, cu termometru cu rezistenta din platina	(0..420) °C; rezolutie: 0,001°C	0,03 °C (k = 2)	INM
4	ASL F250 seria B 1667A	cu termometru cu rezistenta din platina	(0...200) °C; rezolutie: 0.01 °C	0.05 °C (k = 2)	INM
5	Termometru digital	Hart Scientific, Model 1502A, cu termometru cu rezistenta din platina	(0..420) °C; rezolutie: 0,001°C	0,03 °C (k = 2)	INM
	Termometru din sticla cu	cu imersie partiala	(20..30) °C; rezolutie: 0,01°C	0,048 °C (k = 2)	interna

Laborator	Denumire etalon	Tip/model	Domeniu de masurare si rezolutie	U	Ruta de trasabilitate
	Hg				
6	Termometru digital cu termometru cu rezistenta din platina	Hart Scientific, Model 1502A, cu termometru cu rezistenta din platina	(0...420) °C rezolutie: 0,001°C	0,01°C (k = 2)	INM
7	Termometru digital cu termometru cu rezistenta din platina	Hart Scientific, Model 1502A, cu termometru cu rezistenta din platina	-	-	INM

În Tabelul 2 sunt prezentate utilajele folosite pentru realizarea temperaturilor de etalonare, pe baza informatiilor primite de la laboratoarele participante. În primele doua coloane sunt înscrise laboratorul si denumirea utilajului/utilajelor folosite. Coloana 3 contine, dupa caz, tipul /modelul acestuia sau numai substanta de lucru. În coloana 4 este înscris domeniul de temperatura. În ultimele doua coloane sunt specificate uniformitatea si stabilitatea temperaturii realizate în mediul de lucru.

Tabelul 2 – Utilajele folosite si parametrii lor caracteristici

Laborator	Denumire utilaj	Tip/model/substanta de lucru	Domeniu de temperatura	Uniformitate	Stabilitate
INM	Baie termostat cu lichid	cu apa	(1...100) °C	± 0,01 °C	± 0,005 °C
2	Baie termostat cu lichid	cu ulei	(20...100) °C	-	-
3	Baie termostat cu lichid	Tamson cu apa	(t_{amb} ...100) °C	0,02 °C	0,01 °C
4	Baie termostat cu lichid	cu apa	(1...100) °C	± 0,01 °C	± 0,01 °C
5	Baie termostat cu lichid	cu apa	(1...100) °C	± 0,04 °C	± 0,04 °C
6	Baie ultra-termostat cu lichid	Tip: U10 prevazuta cu termostat programabil Julabo – tip MW6 - cu apa distilata	(1...100) °C	± 0,01 °C	± 0,01 °C
7	Baie termostat	Druk	-	0	± 0,005 °C

2.2 Instructiuni de masurare

Pentru efectuarea masurarilor, fiecare laborator participant a utilizat metoda si procedura practicate în mod curent atunci când etaloneaza termometre din sticla cu mercur.

Utilizarea unui termometru din sticla cu mercur nu ridica probleme deosebite, în afara celor legate de fragilitatea sa: fiind realizat din sticla (termometrica), o grija deosebita

trebuie acordata pentru a se evita spargerea sau deteriorarea sa. La utilizare, termometrul trebuie sa fie mentinut în pozitie verticala. De asemenea, trebuie sa se evite supunerea sa la socuri si vibratii.

Termometrul ce a fost folosit ca suport al compararii fiind un termometru cu imersie partiala, el trebuie sa fie imersat în mediul de lucru pâna la adâncimea indicata. De asemenea, în timpul masurarilor, temperatura ambianta trebuie sa fie, pe cât posibil, egala cu temperatura de gradare specificata de fabricant. În caz contrar, se aplica corectiile de imersie si/sau de temperatura necesare, în conformitate cu NTM 5-18-83.

Etalonarea trebuie sa se efectueze în bai termostat, prin metoda compararii directe sau indirecte. Ca etaloane pot fi utilizate termometre din sticla cu mercur, termometre cu rezistenta din platina sau termometre digitale, având certificate de etalonare valabile.

Masurarile s-au efectuat la valori întregi ale temperaturii din domeniul (35...45) °C. La fiecare punct de etalonare s-au efectuat minimum trei serii de masurari diferite. Rezultatele masurarilor, functia de modelare si bilantul incertitudinii de masurare asociate au fost prezentate într-un raport de etalonare, de catre fiecare laborator participant.

Ghidul intercompararii, instructiunile de utilizare, de transport si de masurare au fost transmise de Laboratorul pilot fiecarui laborator participant înainte de începerea masurarilor.

Pentru o evaluare cât mai realista si unitara a capabilitatii de etalonare a laboratoarelor participante, Laboratorul pilot a transmis tuturor laboratoarelor participante functia de modelare a masurarii precum si detalii asupra semnificatiei si modalitatii de estimare a fiecărei componente:

Modelul matematic al masurarii

Corectia, C, care trebuie adaugata indicatiei termometrului etalonat, poate fi exprimata ca:

$$C = T_e - T_v + dT_1 + dT_2 + dT_3 + dT_4 + dT_5 + dT_6 + dT_7$$

unde:

T_e - temperatura citita cu termometrul etalon (de referinta);

T_v - temperatura citita cu termometrul de etalonat;

dT_1 - corectia erorii de interpolare la citirea indicatiei termometrului etalon;

dT_2 - corectia termometrului etalon;

dT_3 - corectia derivei între 2 etalonari succesive ale termometrului etalon;

dT_4 - corectia influentei temperaturii mediului ambiant asupra coloanei emergente;

dT_5 - corectia instabilitatii temperaturii baii de comparare;

dT_6 - corectia neuniformitatii temperaturii baii de comparare;

dT_7 - corectia variatiei valorii indicate la 0 °C de termometrul de etalonat (pentru termometrele care au indicatia de 0 °C);

dT_8 - corectia erorii de interpolare la citirea indicatiei termometrului de etalonat.

Contributiile la incertitudinea standard compusa

T_e - ***Estimatia temperaturii indicate de termometrul etalon (de referinta)*** se calculeaza ca media citirilor:

$$\bar{T}_e = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{e_i}$$

Incetitudinea standard asociata lui T_e este:

$$u(T_e) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{T}_e - T_{e_i})^2}{n \cdot (n-1)}}.$$

T_v - **Estimatia temperaturii indicate de termometrul de etalonat** se calculeaza ca media citirilor:

$$\bar{T}_v = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m T_{v_i}.$$

Incertitudinea standard asociata lui T_v este:

$$u(T_v) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (\bar{T}_v - T_{v_i})^2}{m \cdot (m-1)}}.$$

dT_1 – corectia erorii de interpolare la citirea indicatiei termometrului etalon.

Operatorul este capabil sa interpoleze citirile termometrului etalon la o jumătate de diviziune. Corectia erorii de interpolare pentru termometrul etalon este considerata zero cu o incertitudine standard de:

$$u(dT_1) = (d_e / 2) / (2\sqrt{3}),$$

unde d_e este diviziunea scarii gradate a termometrului de referinta.

dT_2 – Corectia termometrului etalon (de referinta). Certificatul de etalonare specifica o corectie ce trebuie sa fie aplicata indicatiilor termometrului etalon, C_e , cu o incertitudine extinsa U_e (pentru $k = 2$). Deci $u(dT_2) = U_e/2$.

dT_3 – Corectia derivei între 2 etalonari succesive ale termometrului etalon (de referinta). Abaterea indicatiei termometrului de referinta fata de ultima sa etalonare este estimata din istoria etalonarilor. Aceasta deriva în timp nu poate fi folosita ca o corectie dar poate fi luata în considerare la evaluarea incertitudinii. S-a estimat ca $x_3 = 0$ °C în limitele a $\pm a_3/2$, unde a_3 este deriva maxima cunoscuta. Incertitudinea standard de tip B a acestei distributii dreptunghiulare este $u(\delta T_3) = a_3/(2\sqrt{3})$. Coeficientul de sensibilitate este $C_3 = 1$. Ca urmare, contributia la $u_c(C)$ a incertitudinii standard $u(\delta T_3)$ va fi $u_3(C) = a_3/(2\sqrt{3})$.

dT_4 – Corectia influentei temperaturii mediului ambiant asupra coloanei emergente (o forma îmbunatatita de evaluare este propusa în ANEXA)

- i) Termometrele cu imersie totala trebuie sa fie imersate pâna la nivelul coloanei de lichid din capilarele termometrelor. Daca acest lucru nu este posibil, indicatia termometrului trebuie sa fie corectata. Corectia erorii datorate coloanei neimersate se calculeaza cu formula:

$$x_4 = C_m = n g (t_e - t_i)$$

unde: g este coeficientul de dilatare aparenta a mercurului fata de sticla (0,000 158...0,000 175, conform Tabelului 10 din NTM 5 -18 - 83);
 n - numarul de grade Celsius corespunzator coloanei neimersate;
 t_e - temperatura mediului în care este imersat termometrul de etalonat, determinata cu termometrul etalon (de referinta);
 t_i - temperatura medie a coloanei de lichid neimersate, care se determina cu ajutorul unui termometru auxiliar plasat la jumătatea înaltimii coloanei neimersate.

Incertitudinea standard asociata acestei corectii se poate considera $u(dT_4) = n \cdot g \cdot u(t)$, unde $u(t) = U_e/2$, U_e fiind incertitudinea extinsa data în certificatul de etalonare al termometrului auxiliar;

- ii) Termometrele cu imersie partiala trebuie sa fie imersate pâna la adâncimea de imersie prevazuta, iar temperatura coloanei neimersate trebuie sa fie egala cu temperatura de gradare. Daca acestea sunt diferite, indicatia termometrului trebuie sa fie corectata. Corectia erorii datorate diferentei dintre temperatura coloanei neimersate si temperatura de gradare se calculeaza cu formula:

$$x_4 = C_m = n \cdot g (t' - t'')$$

unde:

g - coeficientul de dilatare aparenta a mercurului fata de sticla (conform Tabelului 10 din NTM 5 -18 -83);

n - numarul de grade Celsius corespunzator coloanei de lichid pâna la valoarea temperaturii la care se face etalonarea termometrului;

t' - temperatura coloanei de lichid neimersate în momentul gradarii termometrului, ce este inscriptionata pe termometru;

t'' - temperatura medie a coloanei de lichid neimersate, care se determina cu ajutorul unui termometru auxiliar plasat la jumatatea înaltimii coloanei neimersate.

Incertitudinea standard asociata acestei corectii se poate considera $u(dT_4) = n \cdot g \cdot u(t')$, unde $u(t') = U_e/2$, U_e fiind incertitudinea extinsa data în certificatul de etalonare al termometrului auxiliar.

dT_5 – Corectia instabilitatii temperaturii bii de comparare este zero. Abaterea maxima a temperaturii bii într-un interval de timp de doua ori mai mare decât durata ciclului de masurare este $\Delta_{stab} = T_{max} - T_{min}$. Incertitudinea standard asociata corectiei acestei abateri este:

$$u(dT_5) = \Delta_{stab} / (2 \cdot \sqrt{3}).$$

dT_6 – Corectia neuniformitatii temperaturii bii de comparare este zero. Notând cu Δ_{unif} diferenta maxima a temperaturilor dintre oricare 2 puncte din baia de comparare, rezulta ca incertitudinea standard asociata este:

$$u(dT_6) = \Delta_{unif} / 2\sqrt{3}.$$

dT_7 – Corectia variatiei valorii indicate la 0 °C de termometrul de etalonat (pentru termometrele care au indicatia de 0 °C) este zero. Diferenta, Δ_v , dintre indicatiile termometrului la aceasta temperatura, determinate înainte si dupa etalonarea propriu-zisa, nu poate fi folosita ca o corectie dar poate fi luata în considerare la evaluarea incertitudinii. Incertitudinea standard asociata acestei corectii este $u(dT_7) = \Delta_v / (2\sqrt{3})$.

dT_8 – Corectia erorii de interpolare la citirea indicatiei termometrului de etalonat este considerata zero cu o incertitudine standard de:

$$u(dT_8) = (d_v / 2) / (2\sqrt{3}),$$

unde d_v este diviziunea scarii gradate a termometrului de etalonat.

2.3 Valori de referinta

Termometrul din sticla cu mercur utilizat ca suport al compararii a fost etalonat initial la INM si a fost transportat între laboratoarele participante conform Schemei de circulatie a etalonului. Transportul termometrului s-a facut numai ca bagaj de mâna, într-un ambalaj corespunzator, si în pozitia verticala marcata pe ambalaj, pentru a se evita spargerea sa si/sau întreruperea coloanei de mercur. Dupa revenirea la INM, termometrul a fost reetalonat.

La INM etalonarea s-a efectuat prin comparare directa cu 2 termometre din sticla cu mercur, având valoarea diviziunii de 0,01 °C si incertitudinea extinsa de 0,014 °C, pentru $k = 2$. Termometrele etalon folosite au fost termometrele nr. 6511 si 3937, având domeniul de masurare (30...40) °C si, respectiv, termometrele nr. 1729 si 1724, având domeniul de masurare (40...50) °C.

Corectiile determinate la INM în cursul masurarilor initiale si finale, valorile medii ale corectiilor, care reprezinta valorile de referinta (VR) ale compararii precum si incertitudinile standard compuse asociate valorilor de referinta sunt prezentate în Tabelul 3.

Tabelul 3 – Valorile de referinta ale BRML..T-C1

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$		Valoare medie / $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$
	Etalonare initiala	Etalonare finala		
35,00	- 0,100	- 0,102	- 0,101	0,011
36,00	- 0,099	- 0,102	- 0,100	0,011
37,00	- 0,097	- 0,108	- 0,102	0,011
38,00	- 0,112	- 0,111	- 0,112	0,011
39,00	- 0,110	- 0,122	- 0,116	0,011
40,00	- 0,098	- 0,099	- 0,099	0,011
41,00	- 0,088	- 0,087	- 0,088	0,011
42,00	- 0,106	- 0,101	- 0,104	0,011
43,00	- 0,100	- 0,102	- 0,101	0,011
44,00	- 0,113	- 0,106	- 0,110	0,011
45,00	- 0,091	- 0,091	- 0,091	0,011

Incertitudinea standard compusa, numarul efectiv de grade de libertate si incertitudinea extinsa pentru un nivel de încredere de 95 % s-au calculat conform SR 13434/1999 „Ghid pentru evaluarea si exprimarea incertitudinii de masurare”. Spre exemplificare, în Tabelul 4 este prezentat bilantul incertitudinii de masurare la temperatura de 35 °C.

Tabelul 4 - Bilantul incertitudinii de masurare la temperatura de 35 °C la INM

Marimea	Estimatia	Incertitudinea standard	Distributia de probabilitate	Numarul gradelor de libertate	Coeficientul de sensibilitate	Contributia la incertitudinea standard compusa
X_i	x_i	$u(x_i)$		ν_i	C_i	$u_i(y) = C_i \cdot u(x_i)$
T_e	35,0334 °C	0,7 mK	Normala	17	1	0,7 mK
T_v	35,0792 °C	0,5 mK	Normala	8	-1	-0,5 mK

Marimea	Estimatia	Incertitudinea standard	Distributia de probabilitate	Numarul gradelor de libertate	Coefficientul de sensibilitate	Contributia la incertitudinea standard compusa
X_i	x_i	$u(x_i)$		ν_i	C_i	$u_i(y) = C_i \cdot u(x_i)$
δT_1	0	1,4 mK	Dreptunghiulara	8	1	1,4 mK
δT_2	-0,0545 °C	7,0 mK	Normala	8	1	7,0 mK
δT_3	0	4,3 mK	Dreptunghiulara	8	1	4,3 mK
δT_4	0	0.1 mK	Normala	8	1	2,9 mK
δT_5	0	2,9 mK	Dreptunghiulara	8	1	2,9 mK
δT_6	0	5,8 mK	Dreptunghiulara	8	1	5,8 mK
δT_8	0	1,4 mK	Dreptunghiulara	8	1	1,4 mK
C	- 0,100 °C					
Incertitudinea standard compusa				0,011 °C		
Numarul efectiv de grade de libertate				683 328		
Incertitudinea extinsa				0,022 °C		

Incertitudinea extinsa a fost stabilita ca incertitudinea standard compusa a masurarii multiplicata cu factorul de extindere $k_p = 1,96$ pe baza unei distributii t pentru $\nu_{ef} = 683 328$ si defineste un interval estimat a avea un nivel de încredere de 95%.

Rezultatele comparatiei interlaboratoare

3.1 Generalitati

Conform protocolului stabilit, fiecare laborator participant a efectuat cel puțin 3 serii de măsurări diferite la fiecare valoare a temperaturii. Etalonarea a fost efectuată în baie termostată, prin metoda comparării directe sau indirecte. Tabelele conținând corecțiile determinate, valoarea lor medie la fiecare punct de etalonare precum și bilanțul incertitudinii de măsurare au fost transmise laboratorului pilot.

Cu excepția Laboratorului 6, toate laboratoarele participante au comis erori în stabilirea numărului gradelor de libertate sau au omis să le transmită. Ca urmare, pentru fiecare laborator participant, incertitudinea extinsă a fost calculată prin înmulțirea lui u_c cu factorul de extindere $k = 2$.

Valorile laboratorului Termometrie al INM reprezintă media aritmetică a corecțiilor determinate la începutul și sfârșitul comparației. Pentru calculul incertitudinilor asociate abaterilor față de valorile de referință s-a folosit funcția de modelare:

$$T_C = C_{\text{Lab } i} - C_{\text{LR}} + dC_{\text{stab}} \quad (1)$$

unde dC_{stab} reprezintă corecția diferenței dintre indicațiile termometrului determinate la INM în cursul măsurărilor finale și inițiale.

Luând C_{LR} ca media aritmetică a corecțiilor determinate de INM la începutul și sfârșitul comparației, s-a estimat ca $dC_{\text{stab}} = 0$ °C în limitele a $\pm a_{\text{stab } k}$, unde $a_{\text{stab } k}$ este diferența determinată la temperatura t_k . Incertitudinea standard de tip B a acestei distribuții dreptunghiulare este $u(dC_{\text{stab}}) = a_{\text{stab } k} / (2\sqrt{3})$. Coeficientul de sensibilitate fiind

egal cu 1, contributia la $u_c(?C)$ a incertitudinii standard $u(dC_{stab})$ va fi egala cu $a_{stab} / (2\sqrt{3})$.

Marimile de intrare $C_{Lab\ i}$ ($i = 2, 3 \dots, 7$) si C_{LR} sunt partial corelate, toate etaloanele folosite fiind trasabile la etalonul national de temperatura. Pentru a nu complica prea mult calculele, vom presupune, totusi, ca marimile $C_{Lab\ i}$ si C_{LR} sunt necorelate. Aplicând legea de propagare a incertitudinii, incertitudinea standard compusa asociata abaterii $?C$ s-a calculata astfel:

$$u_c(?C) = [u^2(C_{Lab\ i}) + u^2(C_{LR}) + u^2(dC_{stab})]^{1/2}.$$

În Tabelele 5, 7, 9, 11, 13 si 15 sunt înscrise incertitudinea standard compusa si incertitudinea extinsa (pentru $k = 2$) asociate abaterilor $?C$.

La calculul incertitudinii asociate diferentelor dintre rezultatele obtinute de oricare 2 laboratoare participante la comparare (Tabelele 17-31) s-a folosit functia de modelare

$$?C = C_{Lab\ i} - C_{Lab\ j} . \tag{2}$$

Presupunând ca marimile de intrare sunt necorelate si aplicând legea de propagare a incertitudinii, incertitudinea standard compusa asociata diferentei $?C$ a fost calculata astfel:

$$u_c(?C) = [u^2(C_{Lab\ i}) + u^2(C_{Lab\ j})]^{1/2}.$$

3.2 Prezentarea rezultatelor masurarilor

În Figura 1 sunt prezentate comparativ corectiile determinate de Laboratorul de referinta si de cele 6 laboratoare participante precum si incertitudinile extinse U ($k = 2$) asociate acestor corectii, pentru fiecare punct de etalonare.

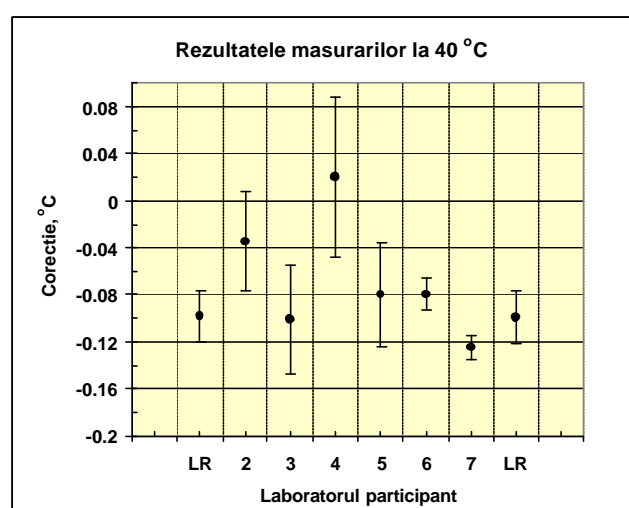
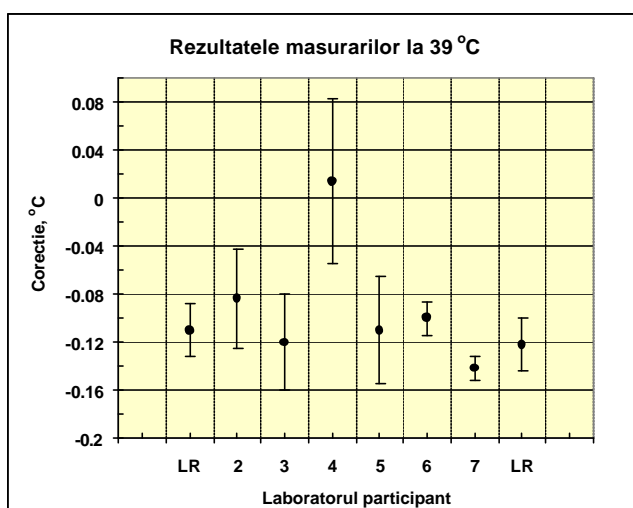
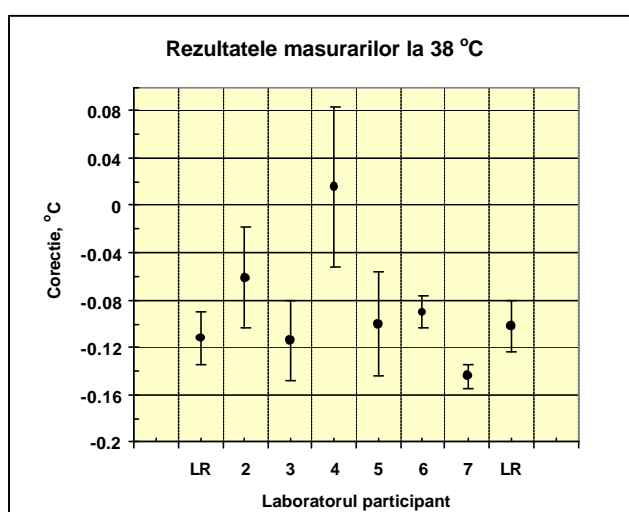
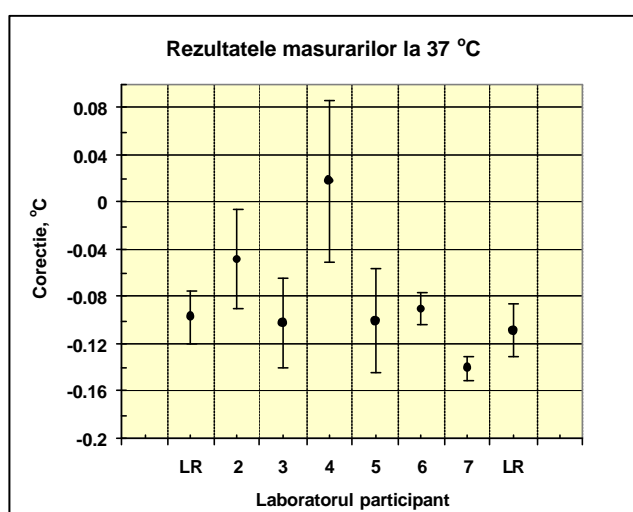
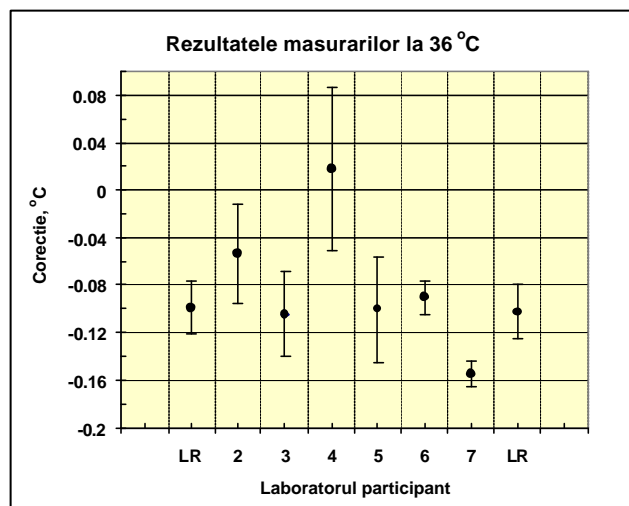
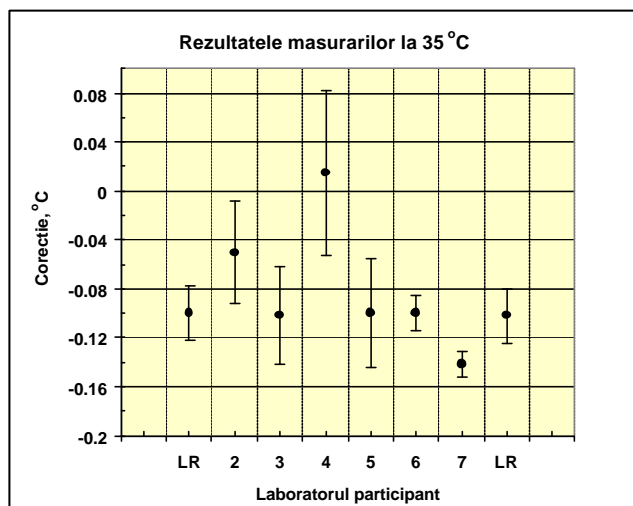


Figura 1 – Rezultatele masurarilor. Liniile verticale reprezinta incertitudinile extinse U asociate (pentru $k = 2$)

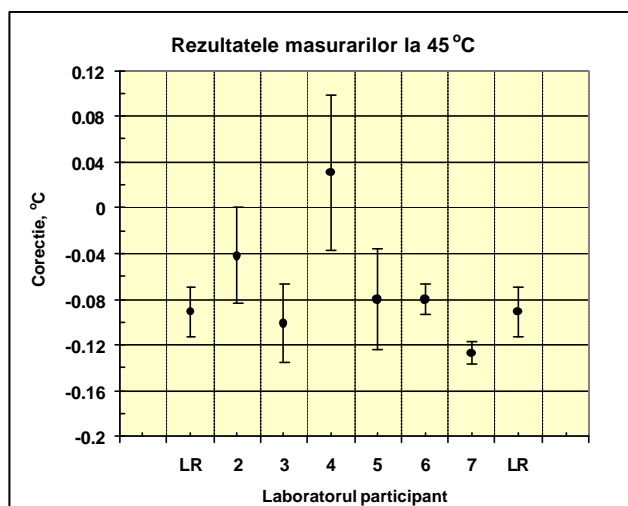
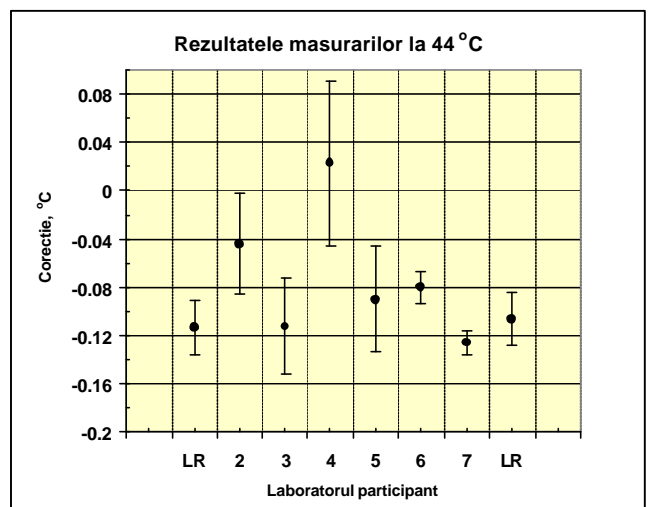
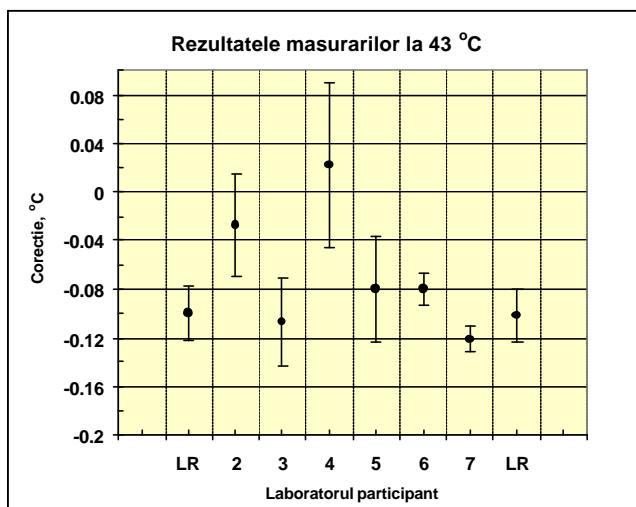
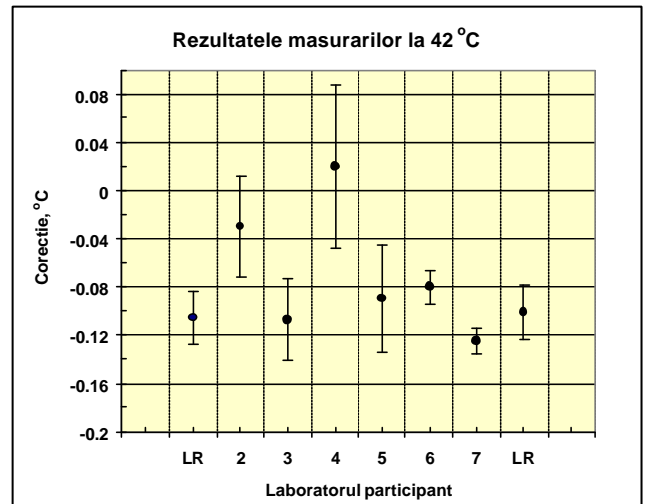
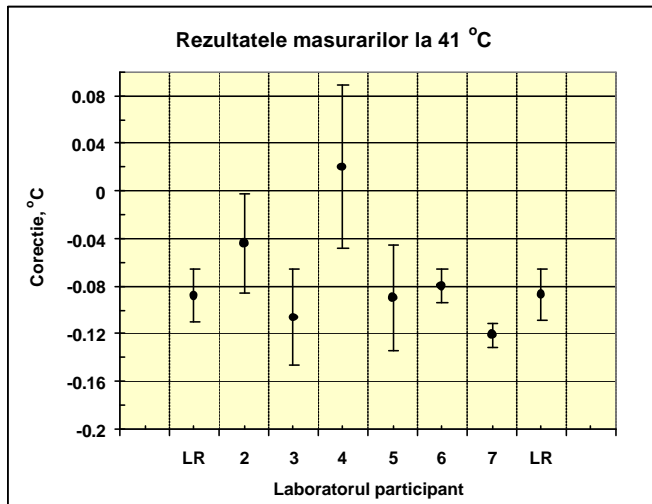


Figura 1- Rezultatele masurarilor. Liniile verticale reprezinta incertitudinile extinse U asociate (pentru $k = 2$) (continuare)

3.2.1 Laboratorul 2

Rezultatele obtinute de Laboratorul 2 sunt prezentate în Tabelul 5 împreuna cu abaterile fata de valorile de referinta si cu incertitudinile asociate abaterilor.

Tabelul 5 – Abaterile rezultatelor obtinute de Lab. 2 fata de valorile de referinta

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Lab. 2		VR		Lab. 2 - VR		
	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$? C/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	$U/^{\circ}\text{C}$ ($k = 2$)
35,00	- 0,050	0,021	- 0,101	0,011	+ 0,051	0,024	0,047
36,00	- 0,053	0,021	- 0,100	0,011	+ 0,047	0,024	0,047
37,00	- 0,048	0,021	- 0,102	0,011	+ 0,054	0,024	0,048
38,00	- 0,061	0,021	- 0,112	0,011	+ 0,051	0,024	0,047
39,00	- 0,084	0,021	- 0,116	0,011	+ 0,032	0,024	0,048
40,00	- 0,035	0,021	- 0,099	0,011	+ 0,064	0,024	0,047
41,00	- 0,044	0,021	- 0,088	0,011	+ 0,044	0,024	0,047
42,00	- 0,030	0,021	- 0,104	0,011	+ 0,074	0,024	0,047
43,00	- 0,027	0,021	- 0,101	0,011	+ 0,074	0,024	0,047
44,00	- 0,044	0,021	- 0,110	0,011	+ 0,066	0,024	0,047
45,00	- 0,042	0,021	- 0,091	0,011	+ 0,049	0,024	0,047

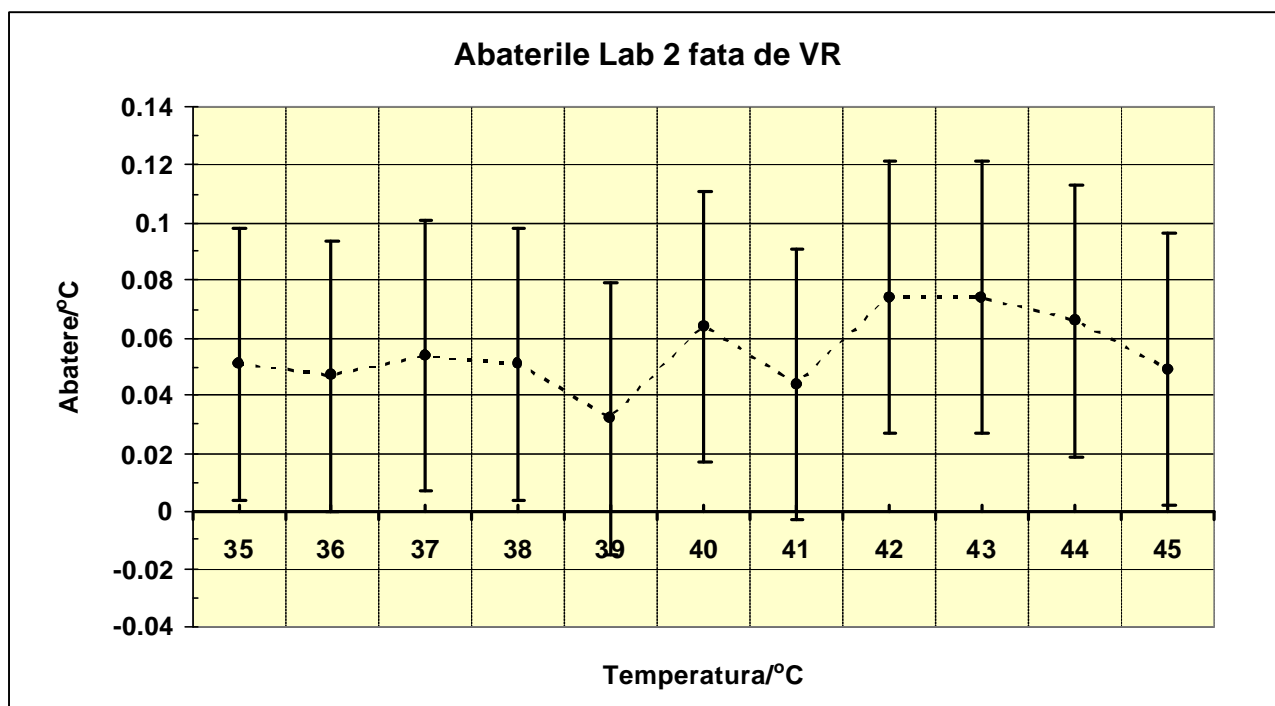


Figura 2 - Abaterile rezultatelor obtinute de Lab. 2 fata de valorile de referinta. Linile verticale reprezinta incertitudinile extinse U asociate (pentru $k = 2$)

Abaterile corectiilor determinate de Laboratorul 2 fata de VR si incertitudinile extinse U (pentru $k = 2$) asociate acestor abateri sunt mai bine evidentiata prin reprezentarea grafica din Figura 2. Se remarca faptul ca pentru 7 din cele 11 puncte de etalonare, plaja incertitudinii extinse include sau este foarte apropiata de VR.

În Tabelul 6 este reprodus bilantul incertitudinii de masurare la temperatura de 35 °C, asa cum a fost primit de la Laboratorul 2. Coloanele tabelului nu sunt conforme cu modelul transmis de Laboratorul pilot.

Tabelul 6 - Bilantul incertitudinii de masurare la temperatura de 35 °C transmis de Laboratorul 2

Descrierea influentei marimii de intrare	Simbol (°C)	Estimatia (°C)	Incertitudinea standard asociata	Distributia	Coeficientul de sensibilitate	Contributia u_y
Indicatia termometrului etalon	T_e	$(T_e)_{\text{mediu}} = 34,965$	0,00074	Normala	1	0,00074
Indicatia termometrului de etalonat	T_v	$(T_v)_{\text{mediu}} = 35,02$	0,00058	Normala	1	0,00058
Corectia datorata interpolarii la citirea termometrului etalon	δT_1	0	0,00074	Rectangulara	1	0,00074
Corectia termometrului de referinta	δT_2	0,005	0,0025	Normala	1	0,0025
Corectia derivei termom. de ref.	δT_3	0	0,0002	Rectangulara	1	0,0002
Corectia influentei cond. ambientale	δT_4	0	0	Rectangulara	1	0
Corectia instabilit. baii	δT_5	0	0,0144	Rectangulara	1	0,0144
Corectia neuniformitatii baii	δT_6	0	0,0144	Rectangulara	1	0,0144
Corectia datorata Interpolarii termom. de etalonat	δT_7	0	0,00058	Rectangulara	1	0,00058
Corectia	C	-0,050				
Incertitudinea standard compusa						0,0206
Incertitudinea extinsa						0,0412

Se impun câteva observatii referitoare la evaluarea incertitudinii de catre Laboratorul 2:

- conform functiei de modelare, coeficientul de sensibilitate pentru T_v ar trebui sa fie egal cu -1 ($\partial C / \partial T_v = -1$);

- deoarece termometrul etalon este un termometru digital cu rezolutia de 0,01 °C, incertitudinea standard asociata corectiei dT_1 ar trebui sa fie $u(dT_1) = 0,01 \text{ °C}/(2\sqrt{3}) = 2,9 \text{ mK}$. De asemenea, $u(dT_1)$ fiind legata doar de rezolutia etalonului, ar trebui sa fie aceeasi la toate punctele de etalonare;
- incertitudinea standard asociata corectiei dT_2 ar trebui sa fie $u(dT_2) = U_e/2$, unde U_e este incertitudinea extinsa înscrisa în certificatul de etalonare al termometrului digital (Laboratorul 2 nu a furnizat informatii privind valoarea lui U_e).
- în cazul în care nu se cunoaste deriva termometrului de referinta, incertitudinea standard asociata lui dT_3 trebuie sa fie calculata ca $u(dT_3) = U_e/\sqrt{3}$;
- incertitudinea standard asociata lui dT_4 nu este zero, ci $u(dT_4) = n g U_e/2$, unde U_e este incertitudinea extinsa a termometrului auxiliar utilizat;
- termometrul de etalonat având valoarea diviziunii de 0,01 °C, incertitudinea standard asociata lui dT_7 ar trebui sa fie $u(dT_7) = 0,01 \text{ °C}/(4\sqrt{3}) = 1,4 \text{ mK}$;
- distributia de probabilitate a marimii dT_4 este normala;
- nu este prezentat numarul gradelor de libertate pentru nici o componenta a incertitudinii.

Laboratorul 2 nu a furnizat informatii privind instabilitatea si neuniformitatea baii cu ulei utilizate.

3.2.2 Laboratorul 3

Rezultatele obtinute de Laboratorul 3 sunt prezentate în Tabelul 7. Semnul valorilor medii ale corectiilor laboratorului 3 a fost schimbat în „minus”, asa cum rezulta, de fapt, din medierea corectiilor celor 3 serii de masurari. Abaterile rezultatelor obtinute de Laboratorul 3 fata de valorile de referinta si incertitudinile asociate abaterilor sunt înscrise, de asemenea, în Tabelul 7 si sunt reprezentate grafic în Figura 3.

Tabelul 7 – Abaterile rezultatelor obtinute de Lab. 3 fata de valorile de referinta

$t_{90}/\text{°C}$	Lab. 3		VR		Lab. 3 - VR		
	Corectie/ °C	$u_c/\text{°C}$	Corectie/ °C	$u_c/\text{°C}$? C/ °C	$u_c/\text{°C}$	$U/\text{°C}$ ($k = 2$)
35,00	- 0,102	0,020	- 0,101	0,011	- 0,001	0,023	0,046
36,00	- 0,104	0,018	- 0,100	0,011	- 0,004	0,021	0,042
37,00	- 0,102	0,019	- 0,102	0,011	0,000	0,022	0,044
38,00	- 0,114	0,017	- 0,112	0,011	- 0,002	0,020	0,040
39,00	- 0,120	0,020	- 0,116	0,011	- 0,004	0,023	0,046
40,00	- 0,101	0,023	- 0,099	0,011	- 0,002	0,025	0,051
41,00	- 0,106	0,020	- 0,088	0,011	- 0,018	0,023	0,046
42,00	- 0,107	0,017	- 0,104	0,011	- 0,003	0,020	0,040
43,00	- 0,107	0,018	- 0,101	0,011	- 0,006	0,021	0,042
44,00	- 0,112	0,020	- 0,110	0,011	- 0,002	0,023	0,046
45,00	- 0,101	0,017	- 0,091	0,011	- 0,010	0,020	0,040

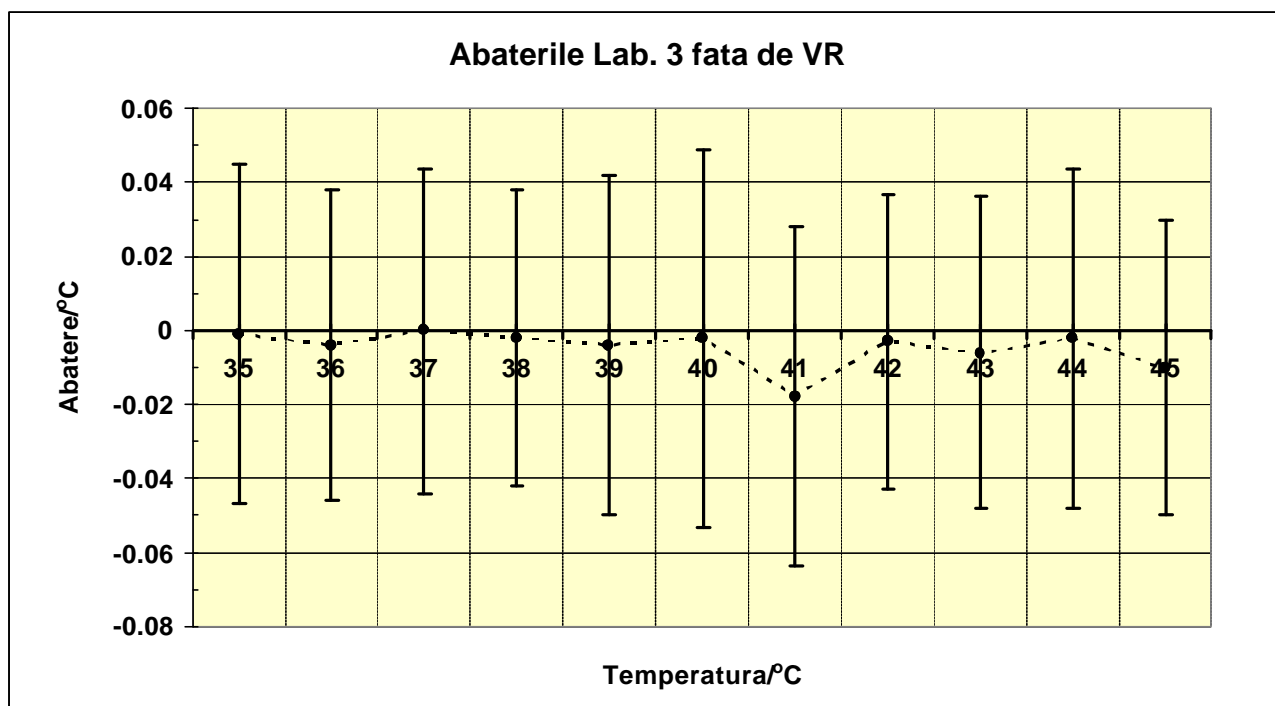


Figura 3 – Abaterile rezultatelor obtinute de Lab. 3 fata de valorile de referinta. Liniile verticale reprezinta incertitudinile extinse asociate (pentru $k = 2$)

Figura 3 pune mai bine în evidenta abaterile exagerat de mici obtinute de Laboratorul 3 fata de valorile de referinta: 8 dintre cele 11 abateri sunt cuprinse între 0,001 °C și 0,004 °C, în timp ce incertitudinile extinse asociate acestor abateri sunt = 0,040 °C.

În Tabelul 8 este redat bilantul incertitudinii de masurare la temperatura de 35 °C, asa cum a fost transmis de Laboratorul 3.

Tabelul 8 - Bilantul incertitudinii de masurare la temperatura de 35 °C transmis de Laboratorul 3

Marimea X_i	Estimatia x_i [grd C]	Incertitudine a standard $u(x_i)$ [grd C]	Distributia de probabilitate	Nr. grade de libertate	Coeficient de sensibilitate	Contributia la incertitudinea standard compusa $u_i(y_i)$ [grd C]
Te	34,95400	0,00721	normala	5	1,0	0,00721
Tv	35,05633	0,00795	normala	5	1,0	0,00795
dT1	0,00000	0,0007	dreptunghiulara	8	1,0	0,00007
dT2	0,00000	0,01500	normala	5	1,0	0,01500
dT3	0,00000	0,00144	dreptunghiulara	8	1,0	0,00144
dT4	0,00000	0,00000	normala	5	1,0	0,00000
dT5	0,00000	0,00288	dreptunghiulara	8	1,0	0,00288
dT6	0,00000	0,00577	dreptunghiulara	8	1,0	0,00577
dT7	0,00000	0,00000	-	-	0,0	0,00000
dT8	0,00000	0,00144	dreptunghiulara	8	1,0	0,00144
Incertitudinea standard combinata U_c						0,01964
Numarul efectiv de grade de libertate						12,98827
Incertitudinea extinsa $U_e = k \times U_c$				$k = 2,16$	0,04243	

În evaluarea incertitudinii de catre Laboratorul 3 trebuie semnalate câteva probleme:

- valorile estimatiilor sunt înscrise cu un numar nejustificat de mare de zecimale 5, si chiar 6 în bilanturile calculate la alte temperaturi;
- numarul gradelor de libertate pentru T_e si T_v este dat ca fiind egal cu 5, desi numarul total de masurari este 15 (3 serii a 5 masurari). Reamintim ca, pentru o evaluare de tip A, numarul gradelor de libertate este $n-1$, unde n este numarul de masurari;
- conform functiei de modelare, coeficientul de sensibilitate pentru T_v ar trebui sa fie egal cu -1 ($\partial C / \partial T_v = -1$);
- numarul gradelor de libertate pentru dT_2 nu este 5 ci 8 . La fel si pentru dT_4 ;
- incertitudinea standard asociata lui dT_4 nu este zero, ci $u(dT_4) = n g U_e/2$, unde U_e este incertitudinea termometrului auxiliar utilizat.

3.2.3 Laboratorul 4

Rezultatele obtinute de Laboratorul 4 sunt prezentate în Tabelul 9. Abaterile rezultatelor obtinute de Laboratorul 4 fata de valorile de referinta si incertitudinile asociate abaterilor sunt înscrise, de asemenea, în Tabelul 9 si sunt reprezentate grafic în Figura 4.

Tabelul 9 – Abaterile rezultatelor obtinute de Lab. 4 fata de valorile de referinta

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Lab. 4		VR		Lab. 4 - VR		
	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$? $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	$U/^{\circ}\text{C}$ ($k = 2$)
35,00	+ 0,015	0,034	- 0,101	0,012	+ 0,116	0,036	0,072
36,00	+ 0,016	0,034	- 0,100	0,012	+ 0,116	0,036	0,072
37,00	+ 0,018	0,034	- 0,102	0,012	+ 0,120	0,036	0,072
38,00	+ 0,016	0,034	- 0,112	0,012	+ 0,128	0,036	0,072
39,00	+ 0,014	0,034	- 0,116	0,012	+ 0,130	0,036	0,072
40,00	+ 0,020	0,034	- 0,099	0,012	+ 0,119	0,036	0,072
41,00	+ 0,020	0,034	- 0,088	0,012	+ 0,108	0,036	0,072
42,00	+ 0,020	0,034	- 0,104	0,012	+ 0,124	0,036	0,072
43,00	+ 0,022	0,034	- 0,101	0,012	+ 0,123	0,036	0,072
44,00	+ 0,023	0,034	- 0,110	0,012	+ 0,133	0,036	0,072
45,00	+ 0,031	0,034	- 0,091	0,012	+ 0,122	0,036	0,072

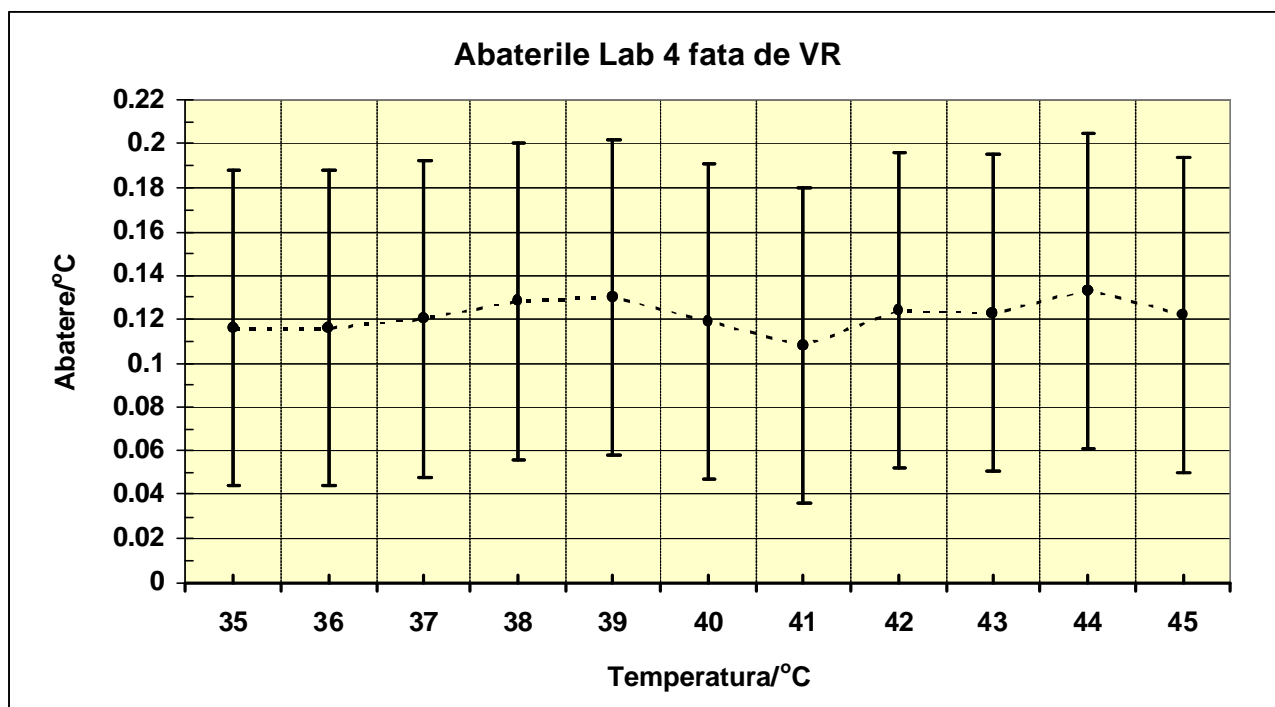


Figura 4 - Abaterile rezultatelor obtinute de Lab. 4 fata de valorile de referinta. Liniile verticale reprezinta incertitudinile extinse asociate (pentru $k = 2$)

Reprezentarea grafica din Figura 4 pune în lumina abaterile mari ale rezultatelor masurarilor Laboratorului 4 fata de VR, la toate punctele de etalonare. Valorile acestor abateri sunt aproape duble fata de incertitudinile extinse U , a caror plaja nu include VR la nici unul din cele 11 puncte de temperatura.

În Tabelul 10 este prezentat bilantul incertitudinii de masurare, asa cum a fost transmis de Laboratorul 4.

Tabelul 10 - Bilantul incertitudinii de masurare transmis de Laboratorul 4

Nr. crt.	Marimea X_i	Incertitudine a standard u_i °C	Distributia de probabilitate	Numarul gradelor de libertate ?	Coeficientul de sensibilitate	Contributia la incertitudinea standard compusa $u_i(y)$ °C
1	$\delta T1$ (corectia dat. Interpolarii)	0,0014	Dreptunghiulara		1	0,0014
2	$\delta T2$ (corectia term. de refer.)	0,025	Normala		1	0,025
3	$\delta T3$ (corectia derivei)	0,001	Dreptunghiulara		1	0,010
4	$\delta T4$ (corectia influentei cond. ambientale)	0,010	Dreptunghiulara		1	0,010
5	$\delta T5$ (corectia instabilit. baii termostat)	0,0025	Dreptunghiulara		1	0,0025
6	$\delta T6$ (corectia neuniformitatii baii termostat)	0,015	Dreptunghiulara		1	0,015

Nr. crt.	Marimea X_i	Incertitudine a standard u_i °C	Distributia de probabilitate	Numarul gradelor de libertate ?	Coeficientul de sensibilitate	Contributia la incertitudinea standard compusa $u_i(y)$ °C
7	δT_7 (corectia schimbarii val. ind. la 0 °C)	0,001	Dreptunghiulara		1	0,001
8	δT_8 (corectia datorata interp. term. etalon)	0,001	Dreptunghiulara		1	0,001
Incertitudinea standard de tip B u_B						0,032
Incertitudinea standard de tip A u_A (estimatia temperaturii indicate de termometrul de referinta T_e - estimatia temperaturii indicate de termometrul de etalonat T_v)						0,013
Incertitudinea compusa u_c						0,034
Incertitudinea extinsa pentru un $k = 2$						0,068

Este necesar sa facem cîteva observatii la bilantului incertitudinii întocmit de Laboratorul 4:

- distributia de probabilitate a marimii dT_4 este o distributie normala;
- valoarea contributiei u_3 este egala cu 0,010 °C, desi incertitudinea standard asociata lui dT_3 este egala cu 0,001 °C, C_3 fiind egal cu 1. Reamintim ca $u_i = C_i u(x_i)$;
- deoarece instabilitatea si neuniformitatea barii folosite sunt egale cu $\pm 0,01$ °C, valorile lui $u(dT_5)$ si $u(dT_6)$ ar trebui sa fie egale cu 2,89 mK;
- corectia dT_7 nu se aplica în cazul etalonului itinerant, deoarece acesta nu are reperul de 0 °C;
- deoarece termometrul etalon este un termometru digital cu rezolutia de 0,01 °C, incertitudinea standard asociata corectiei dT_1 ar trebui sa fie $u(dT_1) = 0,01 \text{ °C} / (2\sqrt{3}) = 2,9 \text{ m°C}$;
- nu este prezentat numarul gradelor de libertate pentru nici o componenta a incertitudinii.

3.2.4 Laboratorul 5

Rezultatele obtinute de Laboratorul 5 sunt prezentate în Tabelul 11. Abaterile rezultatelor obtinute de Laboratorul 5 fata de valorile de referinta si incertitudinile asociate abaterilor sunt înscrise, de asemenea, în Tabelul 11 si sunt reprezentate grafic în Figura 5.

Tabelul 11 – Abaterile rezultatelor obtinute de Lab. 5 fata de valorile de referinta

$t_{90}/\text{°C}$	Lab. 5		VR		Lab. 5 - VR		
	Corectie/ °C	$u_c/\text{°C}$	Corectie/ °C	$u_c/\text{°C}$? $C/\text{°C}$	$u_c/\text{°C}$	$U/\text{°C}$ ($k = 2$)
35,00	- 0,10	0,022	- 0,101	0,011	+ 0,001	0,025	0,049
36,00	- 0,10	0,022	- 0,100	0,011	0,000	0,025	0,049
37,00	- 0,10	0,022	- 0,102	0,011	+ 0,002	0,025	0,050
38,00	- 0,10	0,022	- 0,112	0,011	+ 0,012	0,025	0,049
39,00	- 0,11	0,022	- 0,116	0,011	+ 0,006	0,025	0,050

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Lab. 5		VR		Lab. 5 - VR		
	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$? C/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	$U/^{\circ}\text{C}$ ($k = 2$)
40,00	- 0,08	0,022	- 0,099	0,011	+ 0,019	0,025	0,049
41,00	- 0,09	0,022	- 0,088	0,011	- 0,002	0,025	0,049
42,00	- 0,09	0,022	- 0,104	0,011	+ 0,014	0,025	0,049
43,00	- 0,08	0,022	- 0,101	0,011	+ 0,021	0,025	0,049
44,00	- 0,09	0,022	- 0,110	0,011	+ 0,020	0,025	0,049
45,00	- 0,08	0,022	- 0,091	0,011	+ 0,011	0,025	0,049

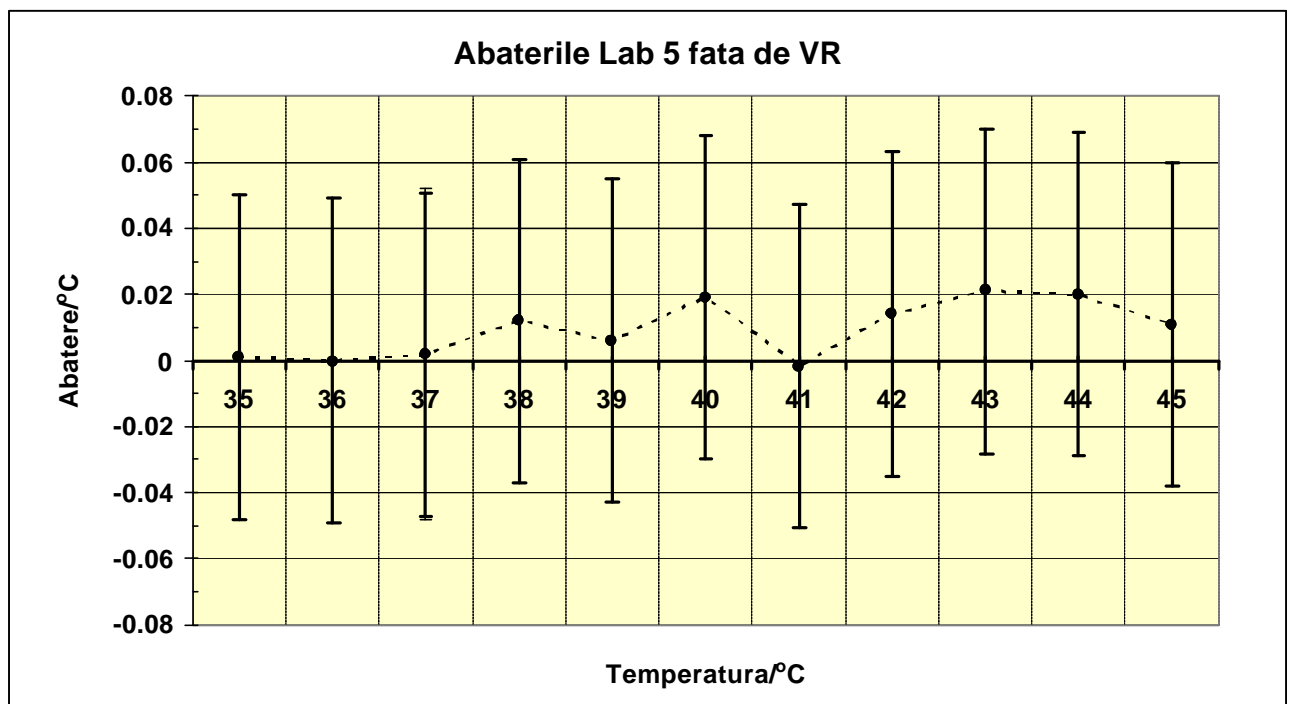


Figura 5 - Abaterile rezultatelor obtinute de Lab. 5 fata de valorile de referinta. Liniile verticale reprezinta incertitudinile extinse asociate (pentru $k = 2$)

Ca si în cazul Laboratorului 3, reprezentarea din Figura 5 releva abateri exagerat de mici obtinute de Laboratorul 5 fata de valorile de referinta: 5 dintre cele 11 abateri sunt cuprinse între 0,001 $^{\circ}\text{C}$ si 0,006 $^{\circ}\text{C}$, în timp ce incertitudinile extinse asociate acestor abateri sunt egale cu 0,049 $^{\circ}\text{C}$. Cu toate acestea, nu este vorba de o supraestimare a incertitudinii ci, mai degraba, de o subestimare (asa cum se va vedea mai departe).

În Tabelul 12 este prezentat bilantul incertitudinii de masurare la temperatura de 35 $^{\circ}\text{C}$, asa cum a fost transmis de Laboratorul 5.

Tabelul 12 - Bilantul incertitudinii de masurare la temperatura de 35 °C transmis de Laboratorul 5

Marimea X_i	Estimatia X_i	Incertitudinea standard u_i	Distributia de probabilitate	Numarul gradelor de libertate v_i	Coeficientul de sensibilitate	Contributia la incertitudinea standard compusa $u_i(y)$
T_e	34,90	0,4 mK	normala	8	1,0	0,4 mK
T_v	35,00	0	normala	8	1,0	0
dT_1	0	0,288 mK	rectangulara	8	1,0	0,288 mK
dT_2	0	15 mK	rectangulara	8	1,0	15 mK
dT_3	0	2,88 mK	normala	8	1,0	2,88 mK
dT_4	0,00033	0,132 mK	rectangulara	8	1,0	0,132 mK
dT_5	0	11,5 mK	rectangulara	8	1,0	11,5 mK
dT_6	0	11,5 mK	rectangulara	8	1,0	11,5 mK
dT_8	0	1,44 mK	rectangulara	8	-1,0	-1,44 mK
Incertitudinea standard compusa			0,0224°C			
Numarul efectiv de grade de libertate			8			
Incertitudinea extinsa			Pentru $k=2$, $U = 2 \times 0,0224^\circ\text{C} = 0,0448^\circ\text{C} \sim 0,045^\circ\text{C}$			

Se impun cîteva observatii referitoare la modul de evaluare a incertitudinii de catre Laboratorul 5:

- numarul gradelor de libertate pentru T_e si T_v este dat ca fiind 8 ; pentru o evaluare de tip A, numarul gradelor de libertate este $n-1$, unde n este numarul de masurari;
- conform functiei de modelare, coeficientul de sensibilitate pentru T_v este -1 ($\partial C / \partial T_v = -1$);
- distributia de probabilitate a marimii dT_4 este normala;
- deoarece instabilitatea si neuniformitatea barii folosite, conform informatiilor transmise de Laboratorul 5, sunt egale cu $\pm 0,04$ °C, valorile $u(dT_5)$ si $u(dT_6)$ trebuie sa fie de aproape 2 ori mai mari decît valorile date în tabel si anume, de 23,1 mK. Aceste valori ale $u(dT_5)$ si $u(dT_6)$ conduc la o valoare a incertitudinii standard compuse de 0,036 °C. Ca urmare, incertitudinea extinsa asociata abaterii rezultatelor Laboratorului 5 de la valorile de referinta ar fi egala cu 0,075 °C, de aproape 4 ori mai mare decît abaterea de la temperatura de 44 °C (de + 0,020 °C) si de 75 ori mai mare decît abaterea de la temperatura de 35 °C (de + 0,001 °C).

3.2.5 Laboratorul 6

Rezultatele obtinute de Laboratorul 6 sunt prezentate în Tabelul 13. Abaterile rezultatelor obtinute de Laboratorul 6 fata de valorile de referinta si incertitudinile asociate abaterilor sunt înscrise, de asemenea, în Tabelul 13 si sunt reprezentate grafic în Figura 6.

Tabelul 13 – Abaterile rezultatelor obtinute de Lab. 6 fata de valorile de referinta

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Lab. 6		VR		Lab. 6 - VR		
	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$? C/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	$U/^{\circ}\text{C}$ ($k = 2$)
35,00	- 0,10	0,007	- 0,101	0,011	+ 0,001	0,013	0,026
36,00	- 0,09	0,007	- 0,100	0,011	+ 0,010	0,013	0,026
37,00	- 0,09	0,007	- 0,102	0,011	+ 0,012	0,013	0,027
38,00	- 0,09	0,007	- 0,112	0,011	+ 0,022	0,013	0,026
39,00	- 0,10	0,007	- 0,116	0,011	+ 0,016	0,013	0,027
40,00	- 0,08	0,007	- 0,099	0,011	+ 0,019	0,012	0,026
41,00	- 0,08	0,007	- 0,088	0,011	+ 0,008	0,012	0,026
42,00	- 0,08	0,007	- 0,104	0,011	+ 0,024	0,013	0,026
43,00	- 0,08	0,007	- 0,101	0,011	+ 0,021	0,013	0,026
44,00	- 0,08	0,007	- 0,110	0,011	+ 0,030	0,013	0,026
45,00	- 0,08	0,007	- 0,091	0,011	+ 0,011	0,013	0,026

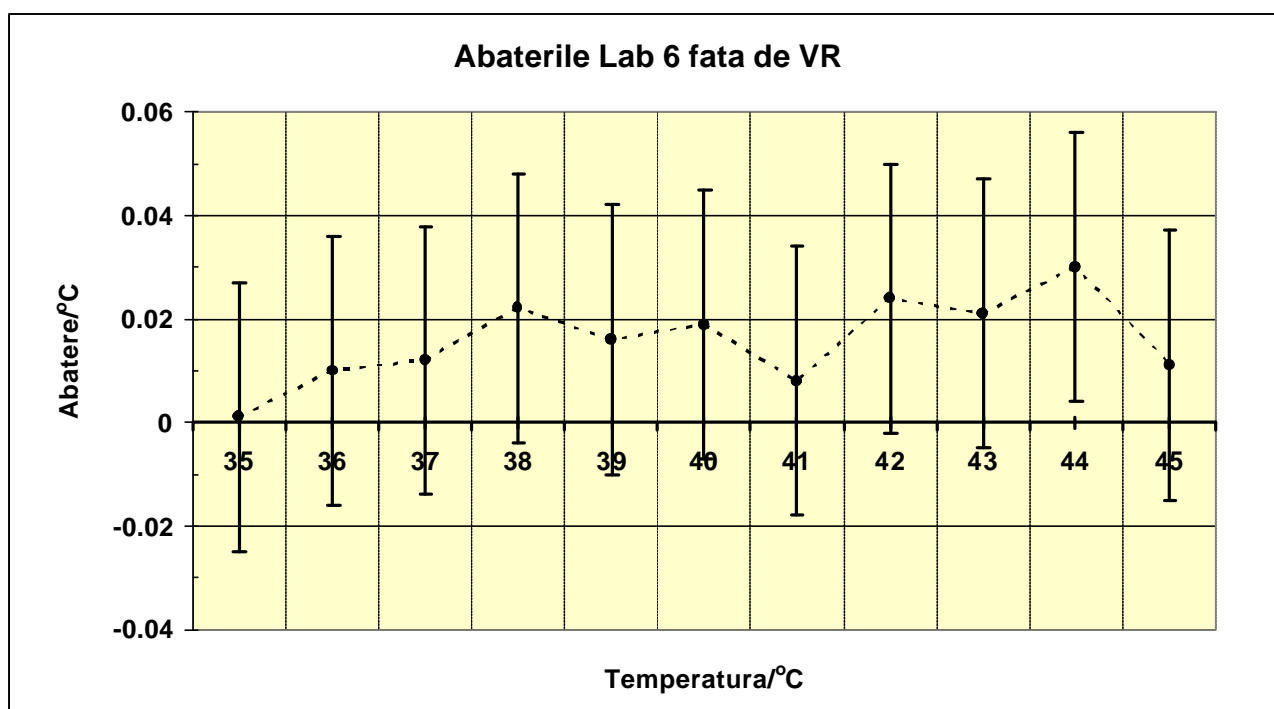


Figura 6 - Abaterile rezultatelor obtinute de Lab. 6 fata de valorile de referinta. Linile verticale reprezinta incertitudinile extinse asociate (pentru $k = 2$)

Figura 6 releva o concordanta foarte buna între abaterile Laboratorului 6 fata de VR si incertitudinile asociate acestor abateri.

În Tabelul 14 este prezentat bilantul incertitudinii de masurare la temperatura de 35 $^{\circ}\text{C}$, asa cum a fost transmis de Laboratorul 6.

Tabelul 14 - Bilantul incertitudinii de masurare la temperatura de 35 °C transmis de Laboratorul 6

Marimea	Estimatia	Incertitudinea standard	Distributia de probabilitate	Numarul gradelor de libertate	Coeficientul de sensibilitate	Contributia la incertitudinea standard compusa
X_i	x_i	u_i		ν_i		$u_i(y)$
Te	34,9035	0,0015864	normala	5	1	0,0015864
Tv	35,00	0,001443375	rectangulara	8	-1	0,001443375
dT ₂	0	0,005	normala	8	1	0,005
dT ₃	0	0,0011547	rectangulara	8	1	0,0011547
dT ₄	-0,0008295	0,00013825	rectangulara	8	-1	0,00013825
dT ₅	0	0,002886751	rectangulara	8	1	0,002886751
dT ₆	0	0,002886751	rectangulara	8	1	0,002886751
Incertitudinea standard compusa				0,006900659		
Numarul efectiv de grade de libertate				1789		
Incertitudinea extinsa				0,01		

Modul de calcul al incertitudinii si comentariile prezentate de Laboratorul 6 sunt exemplare (cu 2 exceptii: semnul coeficientului de sensibilitate si distributia de probabilitate ale marimii dT_4): **întelegerea semnificatiei fiecărei componente a incertitudinii si tratarea riguroasa a subiectului merita o mentiune speciala.**

3.2.6 Laboratorul 7

Rezultatele obtinute de Laboratorul 7 sunt prezentate în Tabelul 15. Abaterile rezultatelor obtinute de Laboratorul 7 fata de valorile de referinta si incertitudinile asociate abaterilor sunt înscrise, de asemenea, în Tabelul 7 si sunt reprezentate grafic în Figura 7.

Tabelul 15 – Abaterile rezultatelor obtinute de Lab. 7 fata de valorile de referinta

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Lab. 7		VR		Lab. 7 - VR		
	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$? $C/^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	$U/^{\circ}\text{C}$ ($k = 2$)
35,00	- 0,142	0,005	- 0,101	0,011	- 0,041	0,012	0,024
36,00	- 0,154	0,005	- 0,100	0,011	- 0,054	0,012	0,024
37,00	- 0,140	0,005	- 0,102	0,011	- 0,038	0,012	0,025
38,00	- 0,144	0,005	- 0,112	0,011	- 0,032	0,012	0,024
39,00	- 0,142	0,005	- 0,116	0,011	- 0,026	0,013	0,025
40,00	- 0,125	0,005	- 0,099	0,011	- 0,026	0,012	0,024
41,00	- 0,121	0,005	- 0,088	0,011	- 0,033	0,012	0,024
42,00	- 0,125	0,005	- 0,104	0,011	- 0,021	0,012	0,024
43,00	- 0,121	0,005	- 0,101	0,011	- 0,020	0,012	0,024
44,00	- 0,126	0,005	- 0,110	0,011	- 0,016	0,012	0,024
45,00	- 0,127	0,005	- 0,091	0,011	- 0,036	0,012	0,024

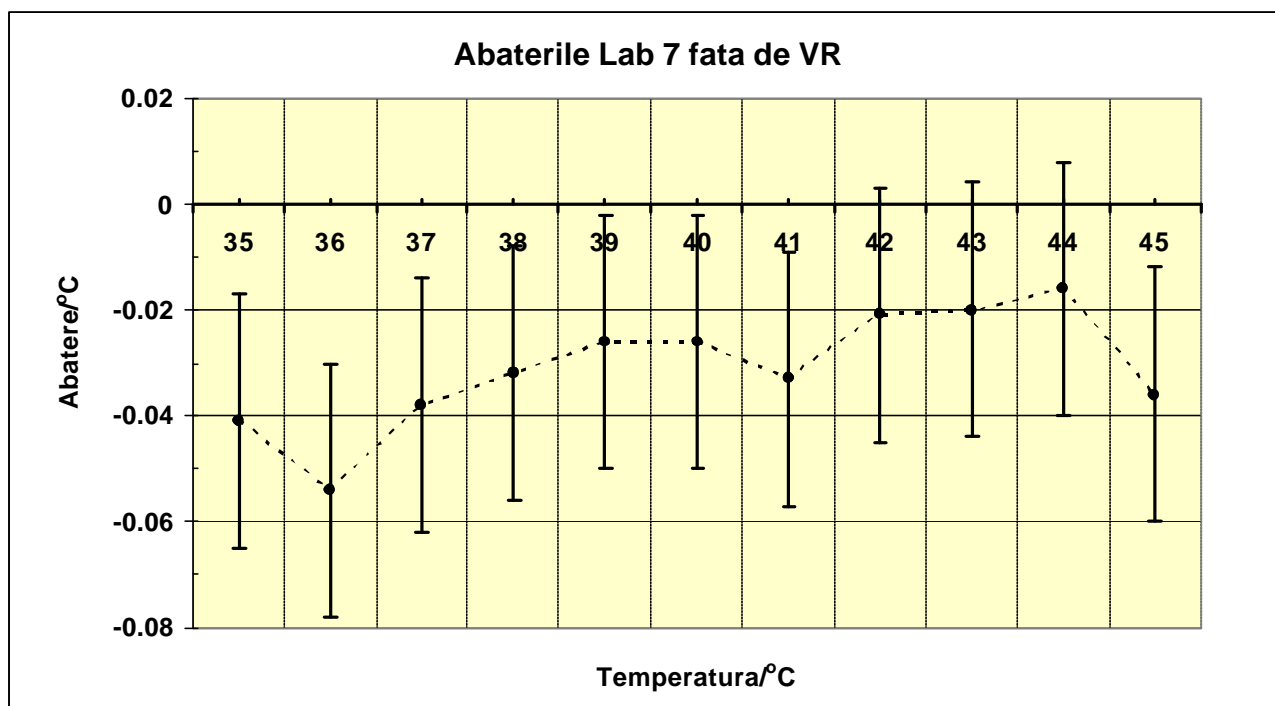


Figura 7 - Abaterile rezultatelor obtinute de Lab. 7 fata de valorile de referinta. Liniile verticale reprezinta incertitudinile extinse asociate (pentru $k = 2$)

Din Figura 7 se remarca faptul ca doar pentru 5 dintre cele 11 puncte de etalonare, plaja incertitudinii extinse include sau este foarte apropiata de VR. Asa cum se va vedea în continuare, cauza cea mai probabila a acestei situatii este modul de evaluare a incertitudinii de masurare de catre Laboratorul 7.

În Tabelul 16 este prezentat bilantul incertitudinii de masurare, asa cum a fost transmis de Laboratorul 7.

Tabelul 16 - Bilantul incertitudinii de masurare transmis de Laboratorul 7

Marimea	Incertitudinea standard U(sT)	Distributia de probabilitate	Numarul gradelor de libertate	Coeficientul de sensibilitate	Contributia la incertitudinea standard compusa
	°C				°C
s T1	0,0003	normala	2	1	0,0003
s T2	0,0043	"	2	1	0,0043
s T3	0,0023	"	2	1	0,0023
s T4	0	"	2	1	0
s T5	0,0014	"	2	1	0,0014
s T6	0	"	2	1	0
s T7	-	"	-	-	-
s T8	0,0014	normala	2	1	0,0014
Incertitudinea standard U(sT) = 0,00519 °C					
Incertitudinea extinsa pentru K = 2 este U(sT) x K = 0,0104 °C					

Se impun câteva observatii referitoare la evaluarea incertitudinii de catre Laboratorul 7:

- nu sunt tratate contributiile la $u_c(C)$ ale marimilor de intrare T_e si T_v ;

- incertitudinea standard asociata corectiei dT_2 ar trebui sa fie $u(dT_2) = U_e/2$, unde U_e este incertitudinea extinsa înscrisa în certificatul de etalonare al termometrului digital (necomunicata de Laboratorul 7);
- faptul ca estimatia influentei temperaturii coloanei neimersate este zero nu implica o incertitudine standard asociata lui dT_4 egala cu zero; $u(dT_4) = n g U_e/2$, unde U_e este incertitudinea termometrului auxiliar utilizat;
- numarul gradelor de libertate pentru toate marimile de intrare tratate este estimat a fi egal cu 2 în loc de 8 ;
- cu exceptia lui dT_2 si dT_4 , distributia de probabilitate pentru fiecare dintre marimile de intrare din tabel este dreptunghiulara si nu normala.

3.2.7 Compatibilitatea cu valorile de referinta

Aceleasi date discutate pâna aici (abaterile rezultatelor obtinute de cele 6 laboratoare participante fata de valorile de referinta) sunt reprezentate în Figura 8 într-o forma comparativa în care, pe acelasi grafic, se poate vedea situatia tuturor laboratoarelor (Lab i , $i=2, 3, \dots, 7$) la un anumit punct de etalonare. Graficele sunt astfel organizate încât sa permita o trecere rapida în revista a compatibilitatii fiecarui laborator cu VR la temperaturile de etalonare.

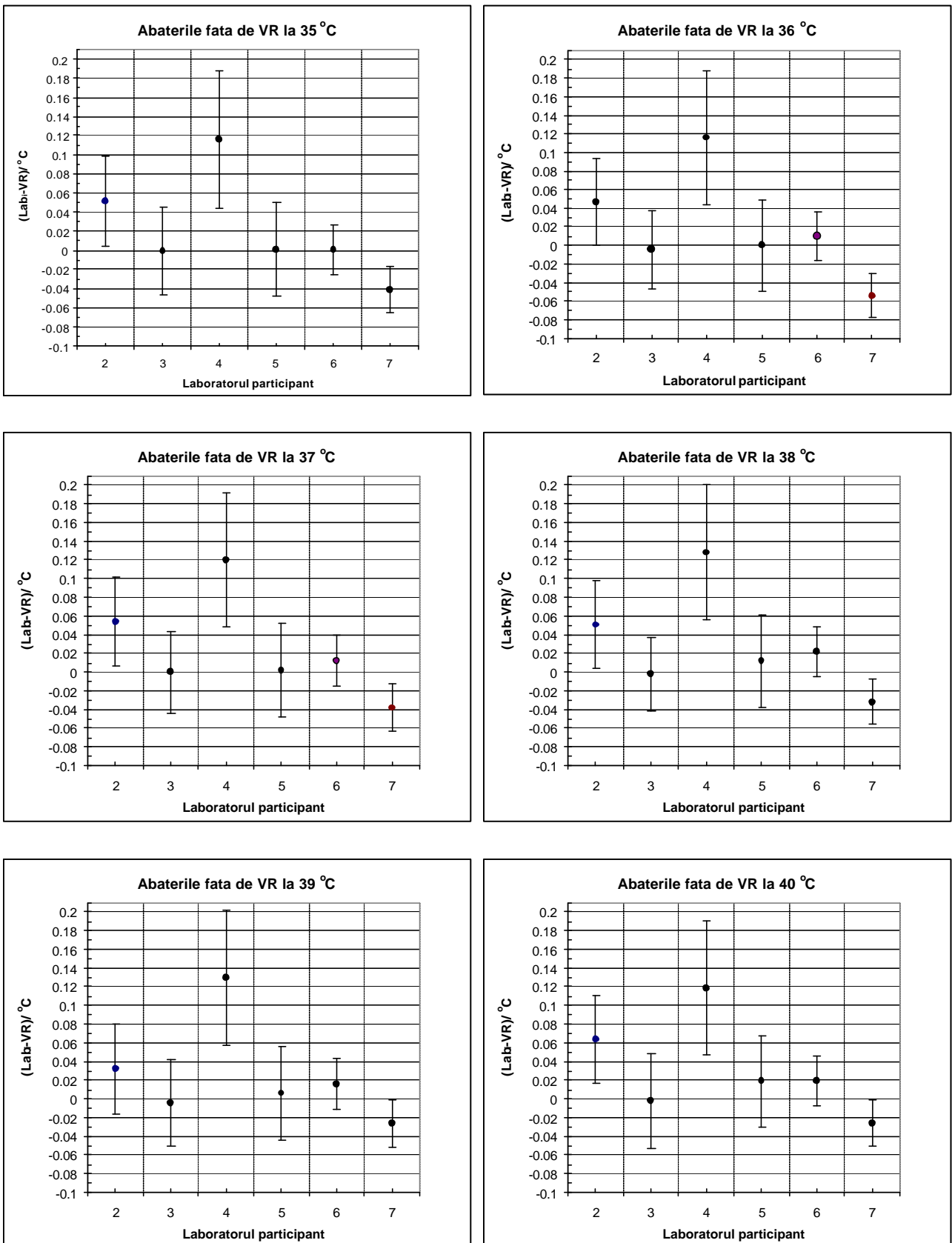


Figura 8 – Abaterile valorilor laboratoarelor participante fata de valorile de referinta. Liniile verticale reprezinta incertitudinile extinse U (pentru $k = 2$) asociate acestor abateri.

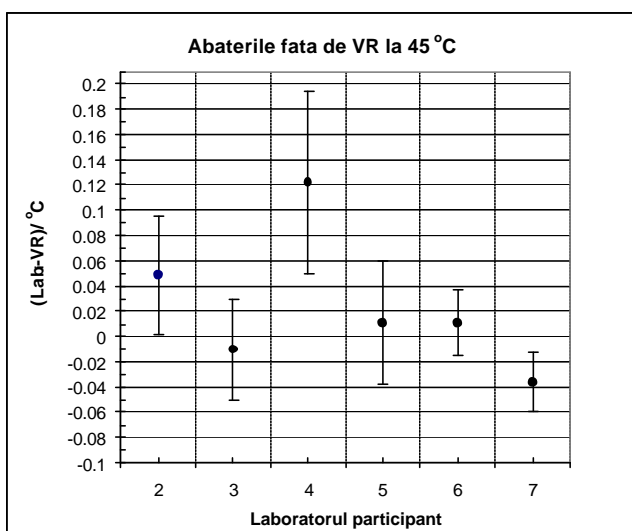
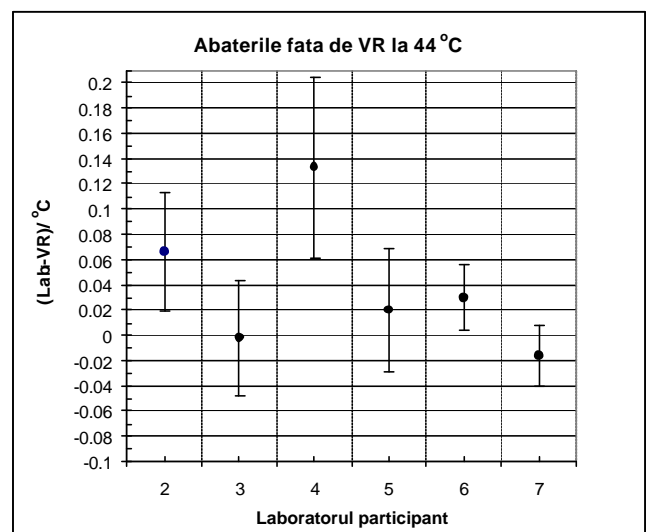
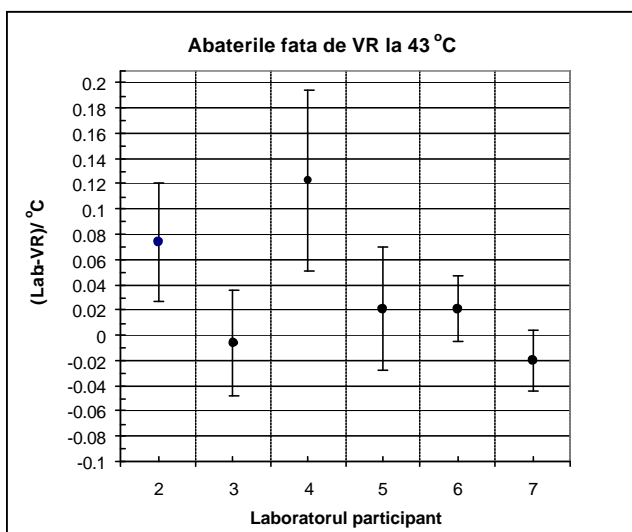
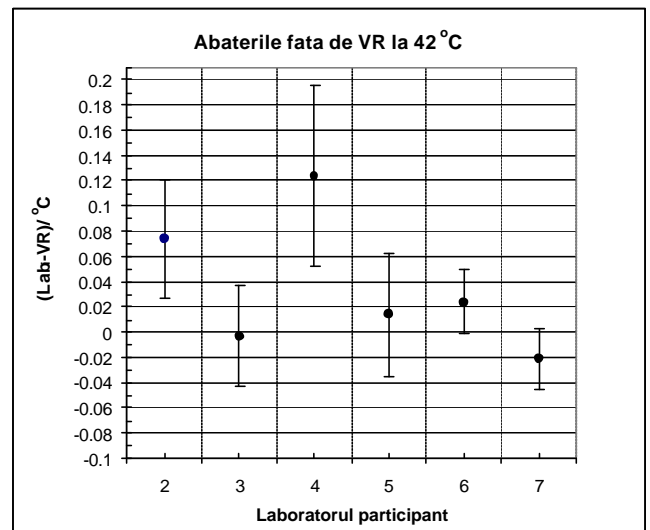
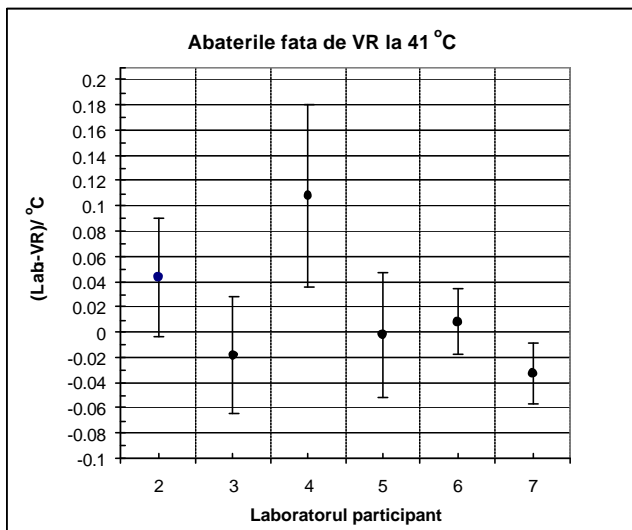


Figura 8 – Abaterile valorilor laboratoarelor participante fata de valorile de referinta. Liniile verticale reprezinta incertitudinile extinse U (pentru $k = 2$) asociate acestor abateri.(continuare)

3.2.8 Compatibilitatea bilaterala

Compatibilitatea sau echivalenta etalonarilor efectuate de diferitele laboratoare participante este indicata si de masura în care diferenta dintre rezultatele obtinute de 2 laboratoare este mai mica sau egala cu incertitudinea extinsa asociata diferentei.

Diferentele dintre valorile determinate de oricare doua laboratoare participante la comparatie sunt înscrise în Tabelele 17-31. În ultimele doua coloane ale fiecarui tabel sunt prezentate incertitudinea standard compusa si incertitudinea extinsa (pentru $k = 2$) asociate acestor diferente, incertitudini calculate cu ajutorul functiei de modelare (2).

Tabelul 17 – Diferentele dintre rezultatele obtinute de Laboratorul 3 si Laboratorul 5

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Lab. 3		Lab. 5		Lab. 3 – Lab. 5		
	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$? $C/^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	$U/^{\circ}\text{C}$ ($k = 2$)
35,00	- 0,102	0,020	- 0,10	0,022	- 0,002	0,030	0,059
36,00	- 0,104	0,018	- 0,10	0,022	- 0,004	0,028	0,057
37,00	- 0,102	0,019	- 0,10	0,022	- 0,002	0,029	0,058
38,00	- 0,114	0,017	- 0,10	0,022	- 0,014	0,028	0,056
39,00	- 0,120	0,020	- 0,11	0,022	- 0,010	0,030	0,059
40,00	- 0,101	0,023	- 0,08	0,022	- 0,021	0,032	0,064
41,00	- 0,106	0,020	- 0,09	0,022	- 0,016	0,030	0,059
42,00	- 0,107	0,017	- 0,09	0,022	- 0,017	0,028	0,056
43,00	- 0,107	0,018	- 0,08	0,022	- 0,027	0,028	0,057
44,00	- 0,112	0,020	- 0,09	0,022	- 0,022	0,030	0,059
45,00	- 0,101	0,017	- 0,08	0,022	- 0,021	0,028	0,056

Tabelul 18 – Diferentele dintre rezultatele obtinute de Laboratorul 3 si Laboratorul 6

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Lab. 3		Lab. 6		Lab.3 – Lab. 6		
	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$? $C/^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	$U/^{\circ}\text{C}$ ($k = 2$)
35,00	- 0,102	0,020	- 0,10	0,007	- 0,002	0,021	0,042
36,00	- 0,104	0,018	- 0,09	0,007	- 0,014	0,019	0,039
37,00	- 0,102	0,019	- 0,09	0,007	- 0,012	0,020	0,040
38,00	- 0,114	0,017	- 0,09	0,007	- 0,024	0,018	0,037
39,00	- 0,120	0,020	- 0,10	0,007	- 0,020	0,021	0,042
40,00	- 0,101	0,023	- 0,08	0,007	- 0,021	0,024	0,048
41,00	- 0,106	0,020	- 0,08	0,007	- 0,026	0,021	0,042
42,00	- 0,107	0,017	- 0,08	0,007	- 0,027	0,018	0,037
43,00	- 0,107	0,018	- 0,08	0,007	- 0,027	0,019	0,039
44,00	- 0,112	0,020	- 0,08	0,007	- 0,032	0,021	0,042
45,00	- 0,101	0,017	- 0,08	0,007	- 0,021	0,018	0,037

Tabelul 19 – Diferentele dintre rezultatele obtinute de Laboratorul 3 si Laboratorul 2

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Lab. 3		Lab. 2		Lab. 3 – Lab. 2		
	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$? $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	$U/^{\circ}\text{C}$ ($k = 2$)
35,00	- 0,102	0,020	- 0,050	0,021	- 0,052	0,029	0,058
36,00	- 0,104	0,018	- 0,053	0,021	- 0,051	0,028	0,055
37,00	- 0,102	0,019	- 0,048	0,021	- 0,054	0,028	0,057
38,00	- 0,114	0,017	- 0,061	0,021	- 0,053	0,027	0,054
39,00	- 0,120	0,020	- 0,084	0,021	- 0,036	0,029	0,058
40,00	- 0,101	0,023	- 0,035	0,021	- 0,066	0,031	0,062
41,00	- 0,106	0,020	- 0,044	0,021	- 0,062	0,029	0,058
42,00	- 0,107	0,017	- 0,030	0,021	- 0,077	0,027	0,054
43,00	- 0,107	0,018	- 0,027	0,021	- 0,070	0,028	0,055
44,00	- 0,112	0,020	- 0,044	0,021	- 0,068	0,029	0,058
45,00	- 0,101	0,017	- 0,042	0,021	- 0,059	0,027	0,054

Tabelul 20 – Diferentele dintre rezultatele obtinute de Laboratorul 3 si Laboratorul 7

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Lab. 3		Lab. 7		Lab. 3 – Lab. 7		
	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$? $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	$U/^{\circ}\text{C}$ ($k = 2$)
35,00	- 0,102	0,020	- 0,142	0,005	0,040	0,021	0,041
36,00	- 0,104	0,018	- 0,154	0,005	0,050	0,019	0,037
37,00	- 0,102	0,019	- 0,140	0,005	0,038	0,020	0,039
38,00	- 0,114	0,017	- 0,144	0,005	0,030	0,018	0,035
39,00	- 0,120	0,020	- 0,142	0,005	0,022	0,021	0,041
40,00	- 0,101	0,023	- 0,125	0,005	0,024	0,024	0,047
41,00	- 0,106	0,020	- 0,121	0,005	0,015	0,021	0,041
42,00	- 0,107	0,017	- 0,125	0,005	0,018	0,018	0,035
43,00	- 0,107	0,018	- 0,121	0,005	0,014	0,019	0,037
44,00	- 0,112	0,020	- 0,126	0,005	0,014	0,021	0,041
45,00	- 0,101	0,017	- 0,127	0,005	0,026	0,018	0,035

Tabelul 21 – Diferentele dintre rezultatele obtinute de Laboratorul 3 si Laboratorul 4

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Lab. 3		Lab. 4		Lab. 3 – Lab. 4		
	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$? $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	$U/^{\circ}\text{C}$ ($k = 2$)
35,00	- 0,102	0,020	+ 0,015	0,034	- 0,117	0,039	0,079
36,00	- 0,104	0,018	+ 0,016	0,034	- 0,120	0,038	0,077
37,00	- 0,102	0,019	+ 0,018	0,034	- 0,120	0,039	0,078
38,00	- 0,114	0,017	+ 0,016	0,034	- 0,130	0,038	0,076
39,00	- 0,120	0,020	+ 0,014	0,034	- 0,134	0,039	0,079

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Lab. 3		Lab. 4		Lab. 3 – Lab. 4		
	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$? $C/^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	$U/^{\circ}\text{C}$ ($k = 2$)
40,00	- 0,101	0,023	+ 0,020	0,034	- 0,121	0,041	0,082
41,00	- 0,106	0,020	+ 0,020	0,034	- 0,126	0,039	0,079
42,00	- 0,107	0,017	+ 0,020	0,034	- 0,127	0,038	0,076
43,00	- 0,107	0,018	+ 0,022	0,034	- 0,129	0,038	0,077
44,00	- 0,112	0,020	+ 0,023	0,034	- 0,135	0,039	0,079
45,00	- 0,101	0,017	+ 0,031	0,034	- 0,132	0,038	0,076

Tabelul 22 – Diferentele dintre rezultatele obtinute de Laboratorul 5 si Laboratorul 6

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Lab. 5		Lab. 6		Lab. 5 – Lab. 6		
	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$? $C/^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	$U/^{\circ}\text{C}$ ($k = 2$)
35,00	- 0,10	0,022	- 0,10	0,007	0,00	0,023	0,05
36,00	- 0,10	0,022	- 0,09	0,007	- 0,01	0,023	0,05
37,00	- 0,10	0,022	- 0,09	0,007	- 0,01	0,023	0,05
38,00	- 0,10	0,022	- 0,09	0,007	- 0,01	0,023	0,05
39,00	- 0,11	0,022	- 0,10	0,007	- 0,01	0,023	0,05
40,00	- 0,08	0,022	- 0,08	0,007	0,00	0,023	0,05
41,00	- 0,09	0,022	- 0,08	0,007	- 0,01	0,023	0,05
42,00	- 0,09	0,022	- 0,08	0,007	- 0,01	0,023	0,05
43,00	- 0,08	0,022	- 0,08	0,007	0,00	0,023	0,05
44,00	- 0,09	0,022	- 0,08	0,007	- 0,01	0,023	0,05
45,00	- 0,08	0,022	- 0,08	0,007	0,00	0,023	0,05

Tabelul 23 – Diferentele dintre rezultatele obtinute de Laboratorul 5 si Laboratorul 2

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Lab. 5		Lab. 2		Lab. 5 – Lab. 2		
	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$? $C/^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	$U/^{\circ}\text{C}$ ($k = 2$)
35,00	- 0,10	0,022	- 0,050	0,021	- 0,050	0,030	0,061
36,00	- 0,10	0,022	- 0,053	0,021	- 0,047	0,030	0,061
37,00	- 0,10	0,022	- 0,048	0,021	- 0,052	0,030	0,061
38,00	- 0,10	0,022	- 0,061	0,021	- 0,039	0,030	0,061
39,00	- 0,11	0,022	- 0,084	0,021	- 0,026	0,030	0,061
40,00	- 0,08	0,022	- 0,035	0,021	- 0,045	0,030	0,061
41,00	- 0,09	0,022	- 0,044	0,021	- 0,046	0,030	0,061
42,00	- 0,09	0,022	- 0,030	0,021	- 0,060	0,030	0,061
43,00	- 0,08	0,022	- 0,027	0,021	- 0,053	0,030	0,061
44,00	- 0,09	0,022	- 0,044	0,021	- 0,046	0,030	0,061
45,00	- 0,08	0,022	- 0,042	0,021	- 0,038	0,030	0,061

Tabelul 24 – Diferentele dintre rezultatele obtinute de Laboratorul 5 si Laboratorul 7

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Lab. 5		Lab.7		Lab. 5 – Lab. 7		
	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$? $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	$U/^{\circ}\text{C}$ ($k = 2$)
35,00	- 0,10	0,022	- 0,142	0,005	0,042	0,023	0,045
36,00	- 0,10	0,022	- 0,154	0,005	0,054	0,023	0,045
37,00	- 0,10	0,022	- 0,140	0,005	0,040	0,023	0,045
38,00	- 0,10	0,022	- 0,144	0,005	0,044	0,023	0,045
39,00	- 0,11	0,022	- 0,142	0,005	0,032	0,023	0,045
40,00	- 0,08	0,022	- 0,125	0,005	0,045	0,023	0,045
41,00	- 0,09	0,022	- 0,121	0,005	0,031	0,023	0,045
42,00	- 0,09	0,022	- 0,125	0,005	0,035	0,023	0,045
43,00	- 0,08	0,022	- 0,121	0,005	0,041	0,023	0,045
44,00	- 0,09	0,022	- 0,126	0,005	0,036	0,023	0,045
45,00	- 0,08	0,022	- 0,127	0,005	0,042	0,023	0,045

Tabelul 25 – Diferentele dintre rezultatele obtinute de Laboratorul 5 si Laboratorul 4

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Lab. 5		Lab.4		Lab. 5 – Lab. 4		
	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$? $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	$U/^{\circ}\text{C}$ ($k = 2$)
35,00	- 0,10	0,022	+ 0,015	0,034	- 0,115	0,040	0,081
36,00	- 0,10	0,022	+ 0,016	0,034	- 0,116	0,040	0,081
37,00	- 0,10	0,022	+ 0,018	0,034	- 0,118	0,040	0,081
38,00	- 0,10	0,022	+ 0,016	0,034	- 0,116	0,040	0,081
39,00	- 0,11	0,022	+ 0,014	0,034	- 0,124	0,040	0,081
40,00	- 0,08	0,022	+ 0,020	0,034	- 0,100	0,040	0,081
41,00	- 0,09	0,022	+ 0,020	0,034	- 0,110	0,040	0,081
42,00	- 0,09	0,022	+ 0,020	0,034	- 0,110	0,040	0,081
43,00	- 0,08	0,022	+ 0,022	0,034	- 0,102	0,040	0,081
44,00	- 0,09	0,022	+ 0,023	0,034	- 0,113	0,040	0,081
45,00	- 0,08	0,022	+ 0,031	0,034	- 0,111	0,040	0,081

Tabelul 26 – Diferentele dintre rezultatele obtinute de Laboratorul 6 si Laboratorul 2

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Lab. 6		Lab. 2		Lab. 6 – Lab. 2		
	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$? $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	$U/^{\circ}\text{C}$ ($k = 2$)
35,00	- 0,10	0,007	- 0,050	0,021	- 0,050	0,022	0,044
36,00	- 0,09	0,007	- 0,053	0,021	- 0,037	0,022	0,044
37,00	- 0,09	0,007	- 0,048	0,021	- 0,042	0,022	0,044
38,00	- 0,09	0,007	- 0,061	0,021	- 0,029	0,022	0,044
39,00	- 0,10	0,007	- 0,084	0,021	- 0,016	0,022	0,044
40,00	- 0,08	0,007	- 0,035	0,021	- 0,045	0,022	0,044
41,00	- 0,08	0,007	- 0,044	0,021	- 0,036	0,022	0,044

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Lab. 6		Lab. 2		Lab. 6 – Lab. 2		
	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$? $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	$U/^{\circ}\text{C}$ ($k = 2$)
42,00	- 0,08	0,007	- 0,030	0,021	- 0,050	0,022	0,044
43,00	- 0,08	0,007	- 0,027	0,021	- 0,053	0,022	0,044
44,00	- 0,08	0,007	- 0,044	0,021	- 0,036	0,022	0,044
45,00	- 0,08	0,007	- 0,042	0,021	- 0,038	0,022	0,044

Tabelul 27 – Diferentele dintre rezultatele obtinute de Laboratorul 6 si Laboratorul 7

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Lab. 6		Lab. 7		Lab. 6 – Lab. 7		
	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$? $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	$U/^{\circ}\text{C}$ ($k = 2$)
35,00	- 0,10	0,007	- 0,142	0,005	0,042	0,009	0,017
36,00	- 0,09	0,007	- 0,154	0,005	0,064	0,009	0,017
37,00	- 0,09	0,007	- 0,140	0,005	0,050	0,009	0,017
38,00	- 0,09	0,007	- 0,144	0,005	0,054	0,009	0,017
39,00	- 0,10	0,007	- 0,142	0,005	0,042	0,009	0,017
40,00	- 0,08	0,007	- 0,125	0,005	0,044	0,009	0,017
41,00	- 0,08	0,007	- 0,121	0,005	0,041	0,009	0,017
42,00	- 0,08	0,007	- 0,125	0,005	0,045	0,009	0,017
43,00	- 0,08	0,007	- 0,121	0,005	0,041	0,009	0,017
44,00	- 0,08	0,007	- 0,126	0,005	0,046	0,009	0,017
45,00	- 0,08	0,007	- 0,127	0,005	0,047	0,009	0,017

Tabelul 28 – Diferentele dintre rezultatele obtinute de Laboratorul 6 si Laboratorul 4

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Lab. 6		Lab. 4		Lab. 6 – Lab. 4		
	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$? $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	$U/^{\circ}\text{C}$ ($k = 2$)
35,00	- 0,10	0,007	+ 0,015	0,034	- 0,115	0,035	0,069
36,00	- 0,09	0,007	+ 0,016	0,034	- 0,106	0,035	0,069
37,00	- 0,09	0,007	+ 0,018	0,034	- 0,108	0,035	0,069
38,00	- 0,09	0,007	+ 0,016	0,034	- 0,106	0,035	0,069
39,00	- 0,10	0,007	+ 0,014	0,034	- 0,114	0,035	0,069
40,00	- 0,08	0,007	+ 0,020	0,034	- 0,100	0,035	0,069
41,00	- 0,08	0,007	+ 0,020	0,034	- 0,100	0,035	0,069
42,00	- 0,08	0,007	+ 0,020	0,034	- 0,100	0,035	0,069
43,00	- 0,08	0,007	+ 0,022	0,034	- 0,102	0,035	0,069
44,00	- 0,08	0,007	+ 0,023	0,034	- 0,103	0,035	0,069
45,00	- 0,08	0,007	+ 0,031	0,034	- 0,111	0,035	0,069

Tabelul 29 – Diferentele dintre rezultatele obtinute de Laboratorul 2 si Laboratorul 7

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Lab. 2		Lab. 7		Lab. 2 – Lab. 7		
	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$? $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	$U/^{\circ}\text{C}$ ($k = 2$)
35,00	- 0,050	0,021	- 0,142	0,005	+ 0,092	0,022	0,043
36,00	- 0,053	0,021	- 0,154	0,005	+ 0,101	0,022	0,043
37,00	- 0,048	0,021	- 0,140	0,005	+ 0,092	0,022	0,043
38,00	- 0,061	0,021	- 0,144	0,005	+ 0,083	0,022	0,043
39,00	- 0,084	0,021	- 0,142	0,005	+ 0,058	0,022	0,043
40,00	- 0,035	0,021	- 0,125	0,005	+ 0,090	0,022	0,043
41,00	- 0,044	0,021	- 0,121	0,005	+ 0,077	0,022	0,043
42,00	- 0,030	0,021	- 0,125	0,005	+ 0,095	0,022	0,043
43,00	- 0,027	0,021	- 0,121	0,005	+ 0,094	0,022	0,043
44,00	- 0,044	0,021	- 0,126	0,005	+ 0,082	0,022	0,043
45,00	- 0,042	0,021	- 0,127	0,005	+ 0,085	0,022	0,043

Tabelul 30 – Diferentele dintre rezultatele obtinute de Laboratorul 2 si Laboratorul 4

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Lab. 2		Lab. 4		Lab. 2 – Lab. 4		
	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$? $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	$U/^{\circ}\text{C}$ ($k = 2$)
35,00	- 0,050	0,021	+ 0,015	0,034	- 0,065	0,040	0,080
36,00	- 0,053	0,021	+ 0,016	0,034	- 0,069	0,040	0,080
37,00	- 0,048	0,021	+ 0,018	0,034	- 0,066	0,040	0,080
38,00	- 0,061	0,021	+ 0,016	0,034	- 0,077	0,040	0,080
39,00	- 0,084	0,021	+ 0,014	0,034	- 0,098	0,040	0,080
40,00	- 0,035	0,021	+ 0,020	0,034	- 0,055	0,040	0,080
41,00	- 0,044	0,021	+ 0,020	0,034	- 0,064	0,040	0,080
42,00	- 0,030	0,021	+ 0,020	0,034	- 0,050	0,040	0,080
43,00	- 0,027	0,021	+ 0,022	0,034	- 0,049	0,040	0,080
44,00	- 0,044	0,021	+ 0,023	0,034	- 0,067	0,040	0,080
45,00	- 0,042	0,021	+ 0,031	0,034	- 0,073	0,040	0,080

Tabelul 31 – Diferentele dintre rezultatele obtinute de Laboratorul 7 si Laboratorul 4

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Lab. 7		Lab. 4		Lab. 7 – Lab. 4		
	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$? $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	$U/^{\circ}\text{C}$ ($k = 2$)
35,00	- 0,142	0,005	+ 0,015	0,034	- 0,157	0,034	0,069
36,00	- 0,154	0,005	+ 0,016	0,034	- 0,170	0,034	0,069
37,00	- 0,140	0,005	+ 0,018	0,034	- 0,158	0,034	0,069
38,00	- 0,144	0,005	+ 0,016	0,034	- 0,160	0,034	0,069
39,00	- 0,142	0,005	+ 0,014	0,034	- 0,156	0,034	0,069

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Lab. 7		Lab. 4		Lab. 7 – Lab. 4		
	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	Corectie/ $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$? $^{\circ}\text{C}$	$u_c/^{\circ}\text{C}$	$U/^{\circ}\text{C}$ ($k = 2$)
40,00	- 0,125	0,005	+ 0,020	0,034	- 0,145	0,034	0,069
41,00	- 0,121	0,005	+ 0,020	0,034	- 0,141	0,034	0,069
42,00	- 0,125	0,005	+ 0,020	0,034	- 0,145	0,034	0,069
43,00	- 0,121	0,005	+ 0,022	0,034	- 0,143	0,034	0,069
44,00	- 0,126	0,005	+ 0,023	0,034	- 0,149	0,034	0,069
45,00	- 0,127	0,005	+ 0,031	0,034	- 0,158	0,034	0,069

Diferentele dintre corectiile determinate si incertitudinile extinse U (pentru $k = 1$) asociate acestor diferente sunt reprezentate grafic în Figurile 9 – 19, pentru fiecare punct de etalonare. Aceste grafice evidentiaza mai bine compatibilitatea etalonațiilor efectuate de diferitele laboratoare participante si anume:

- Laboratorul 2 este compatibil cu Laboratoarele 3, 4, 5 si 6 la aproape toate punctele de etalonare;
- Laboratorul 3 este compatibil cu Laboratoarele 2, 5, 6 si 7 la aproape toate punctele de etalonare;
- Laboratorul 4 este compatibil la toate punctele de etalonare cu Laboratorul 2;
- Laboratorul 5 este compatibil cu Laboratoarele 2, 3, 6 si 7 la toate punctele de etalonare;
- Laboratorul 6 este compatibil cu Laboratoarele 2, 3 si 5 la toate punctele de etalonare;
- Laboratorul 7 este compatibil cu Laboratoarele 3 si 5 la aproape toate punctele de etalonare.

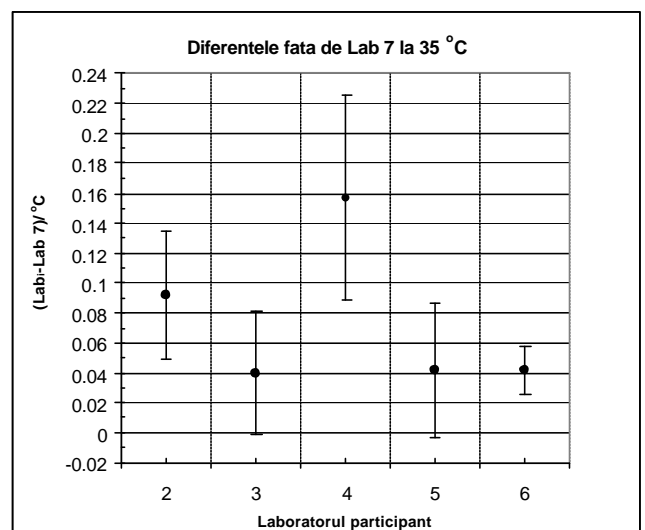
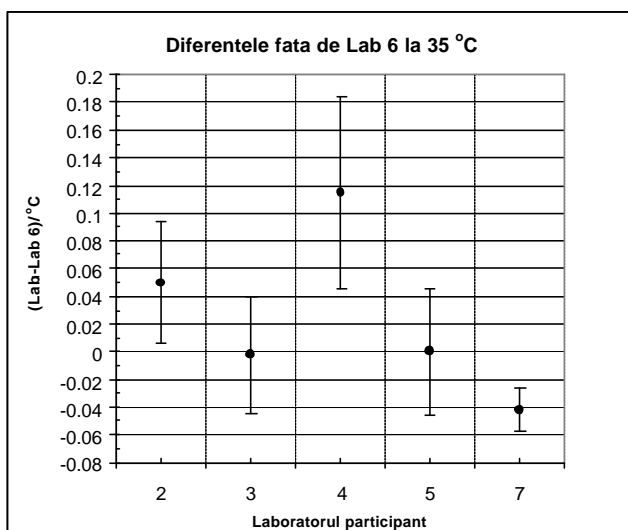
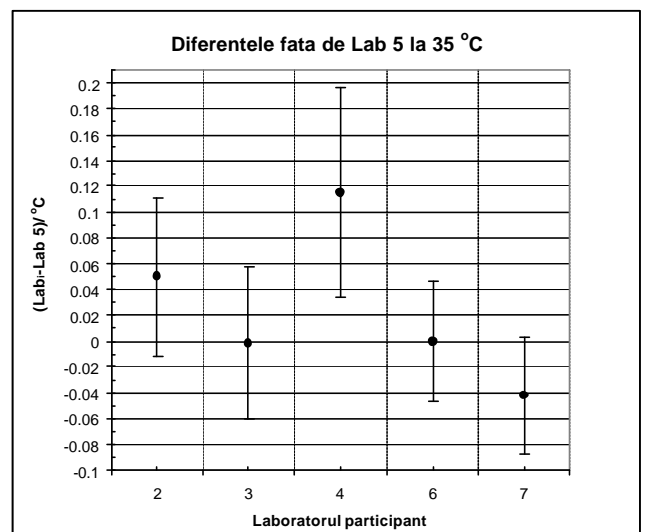
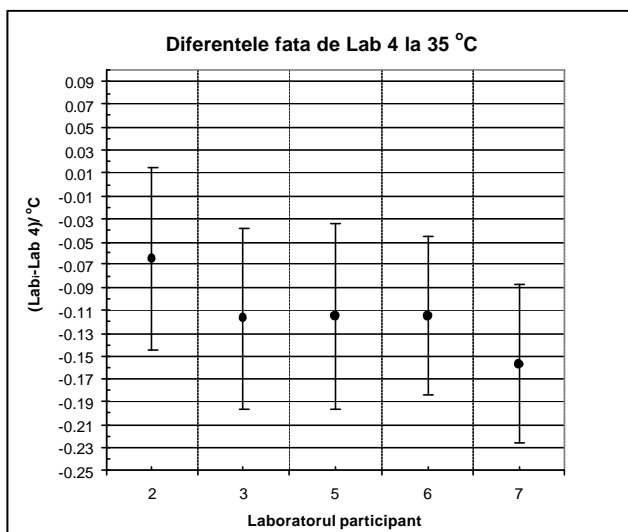
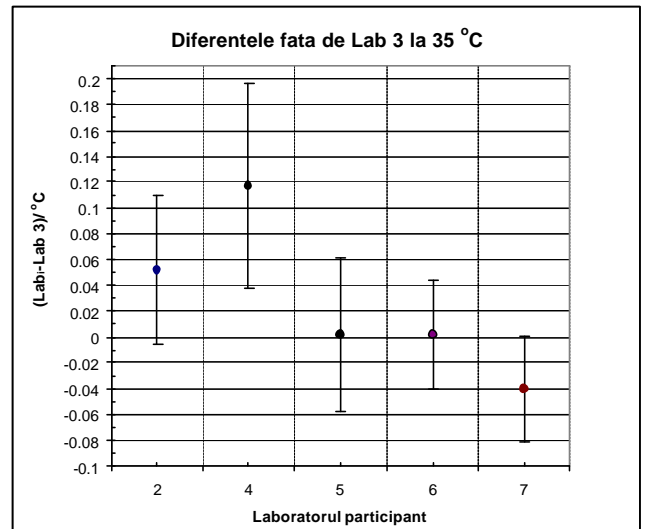
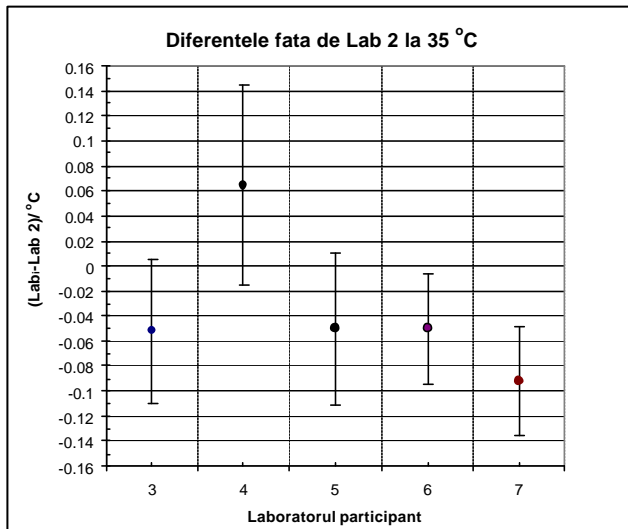


Figura 9 – Diferentele dintre rezultatele obtinute la temperatura de 35 °C de laboratoarele participante. Liniile verticale reprezinta incertitudinile extinse U (pentru $k = 2$) asociate acestor diferente.

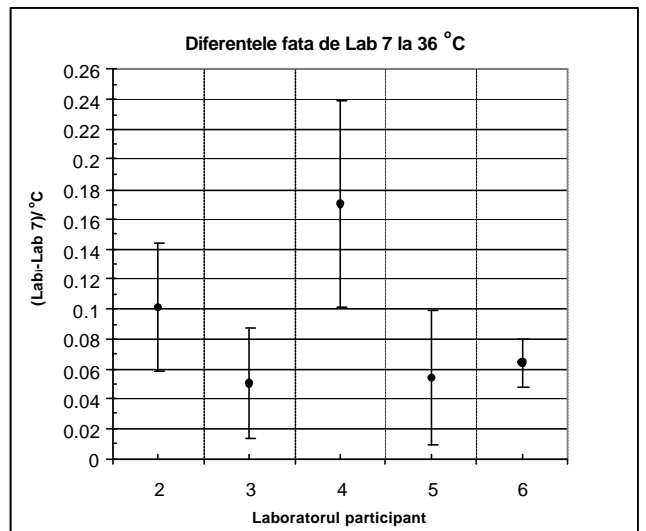
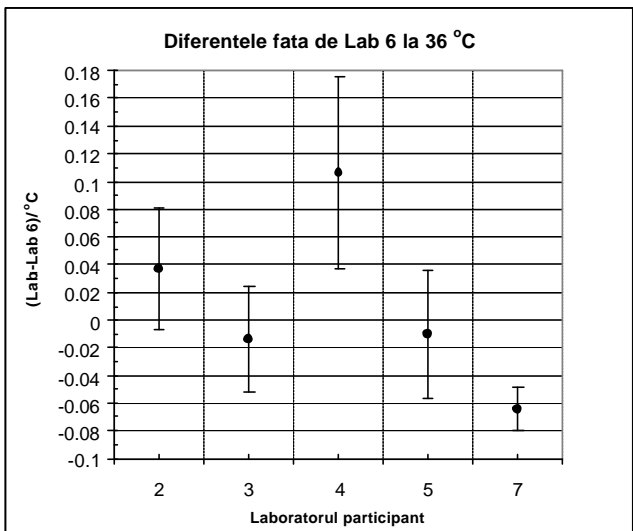
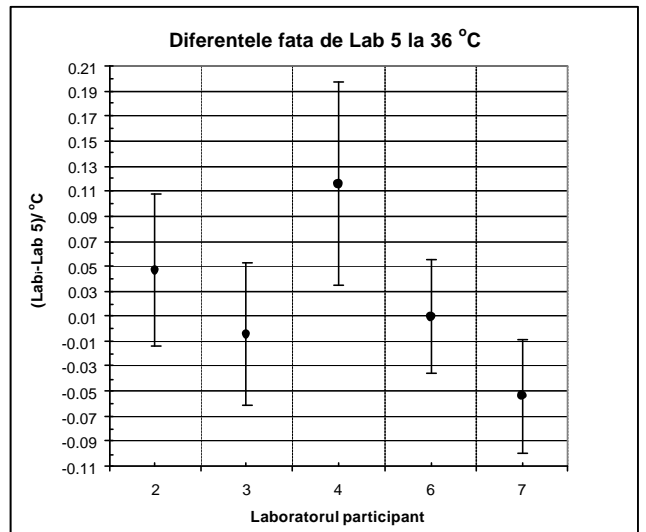
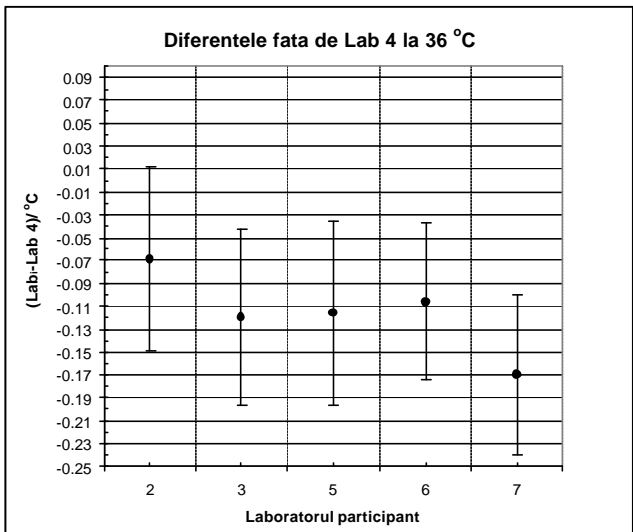
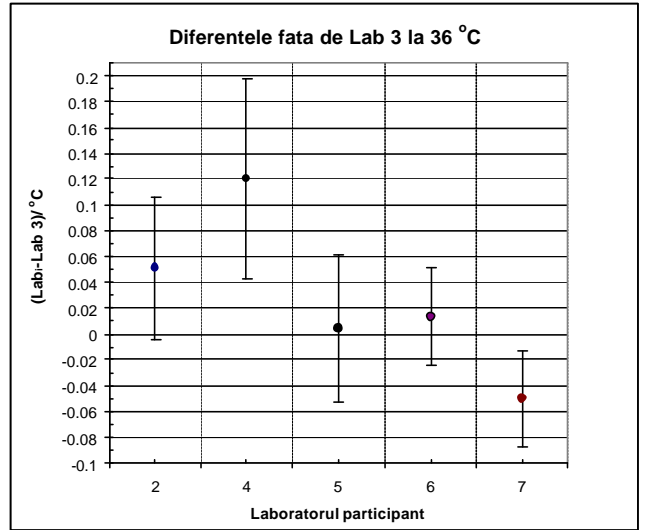
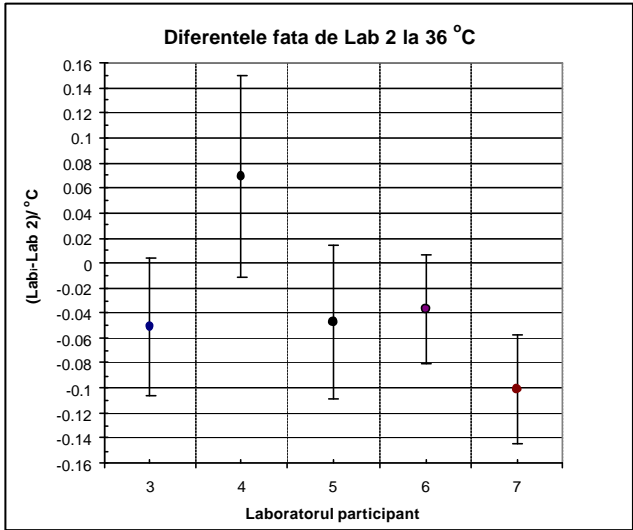


Figura 10 - Diferentele dintre rezultatele obtinute la temperatura de 36 °C de laboratoarele participante. Linile verticale reprezinta incertitudinile extinse U (pentru $k = 2$) asociate acestor diferente.

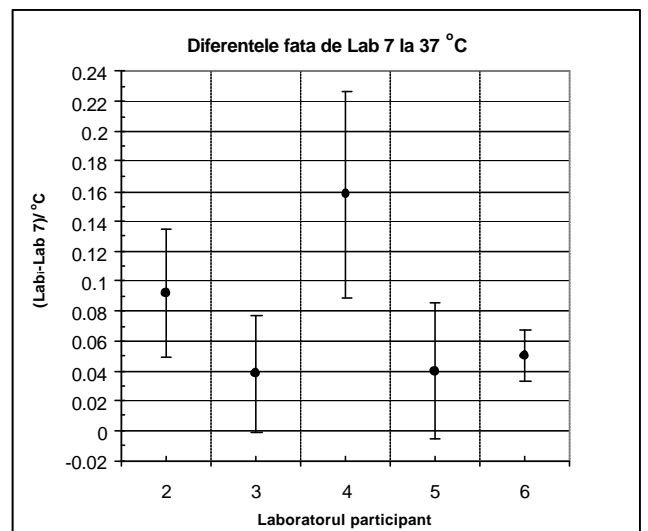
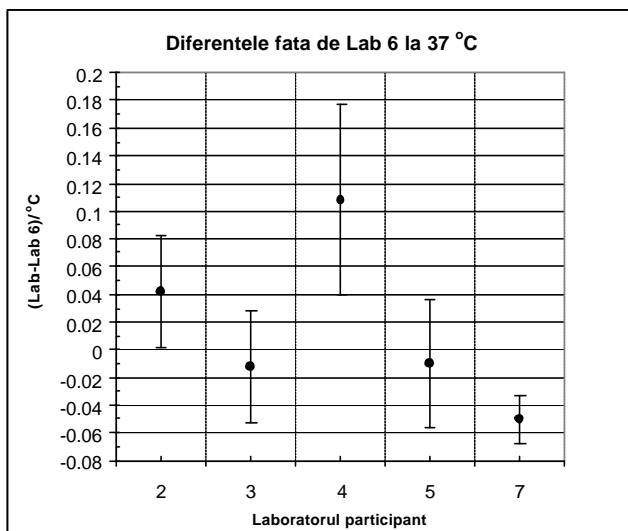
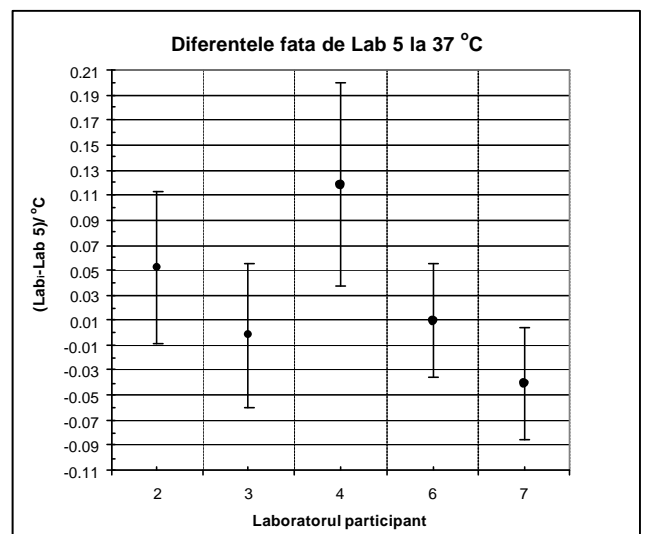
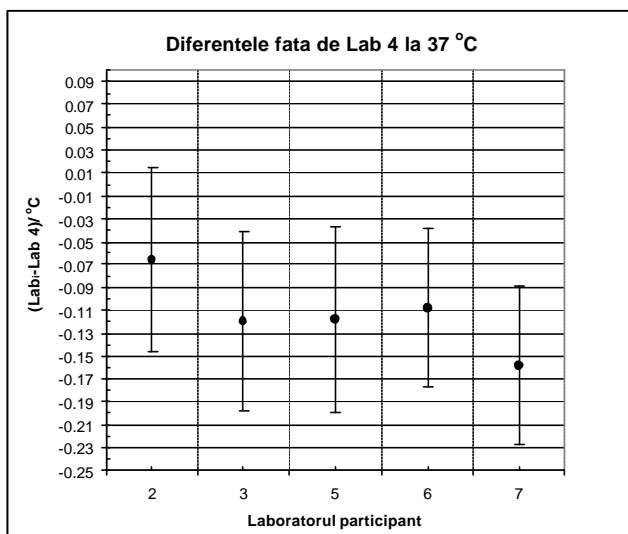
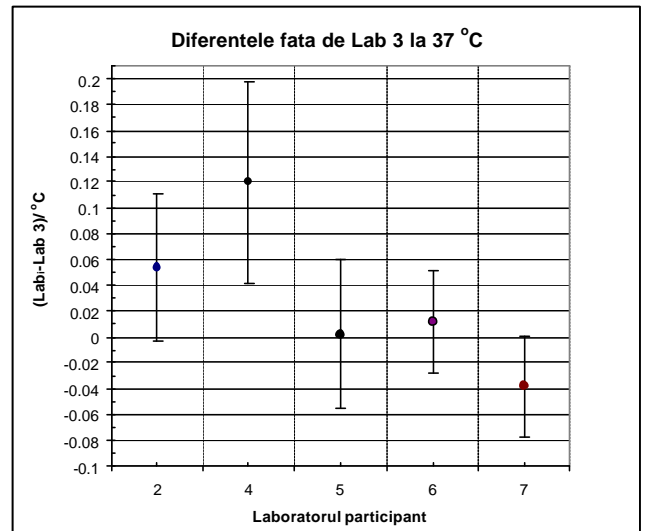
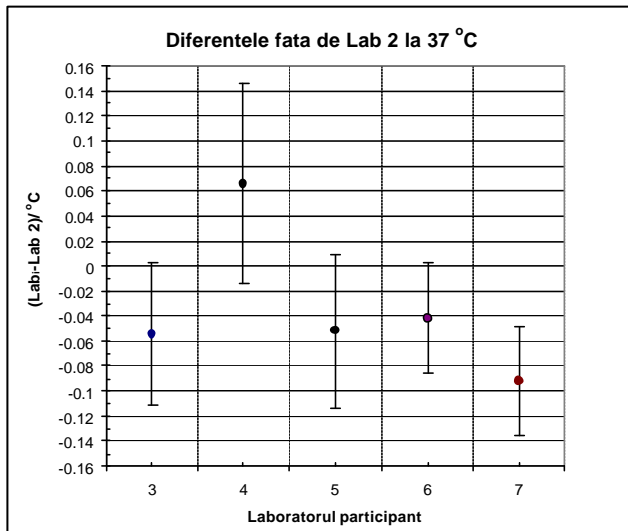


Figura 11 - Diferentele dintre rezultatele obtinute la temperatura de 37 °C de laboratoarele participante. Linile verticale reprezinta incertitudinile extinse U (pentru $k = 2$) asociate acestor diferente.

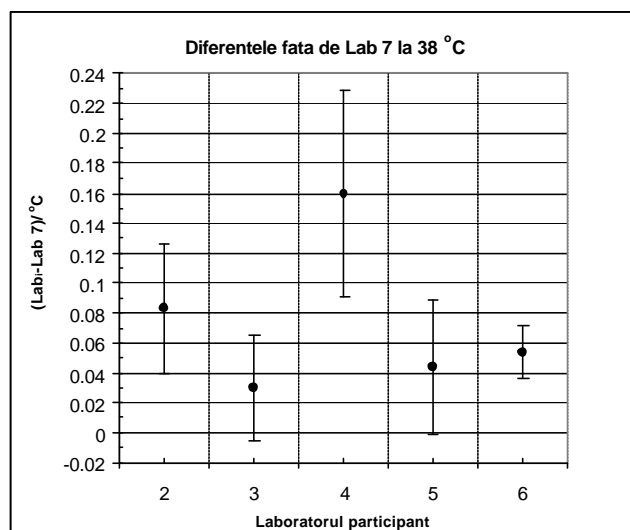
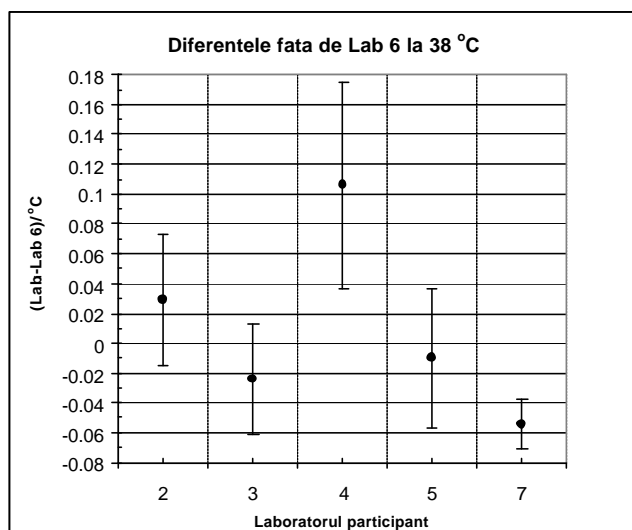
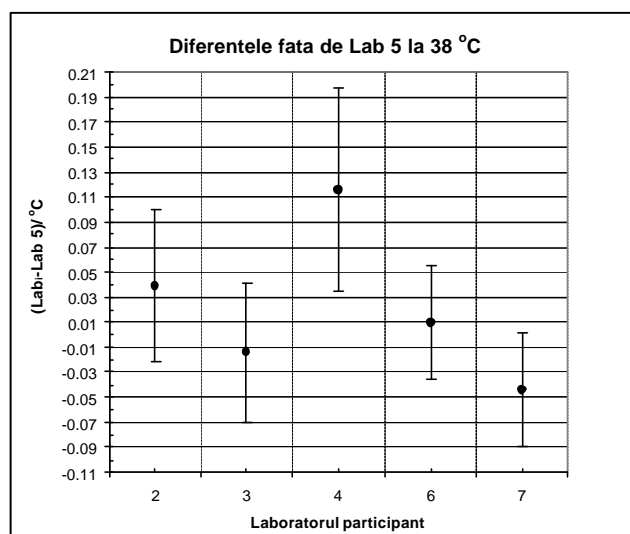
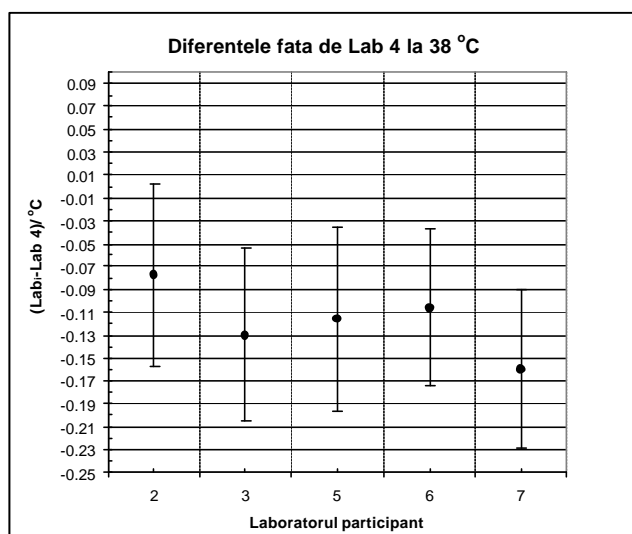
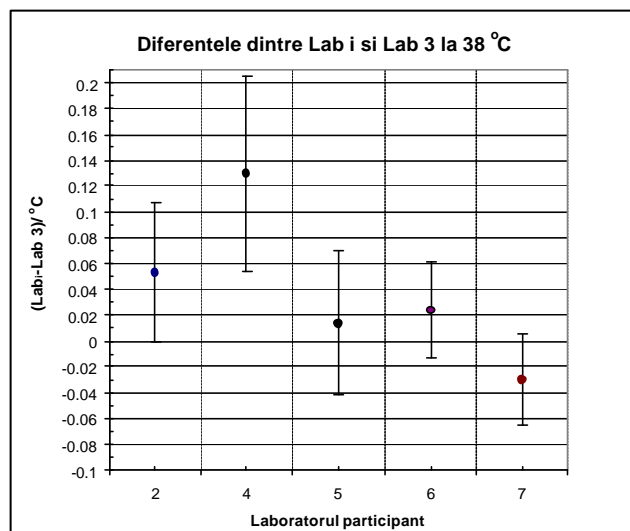
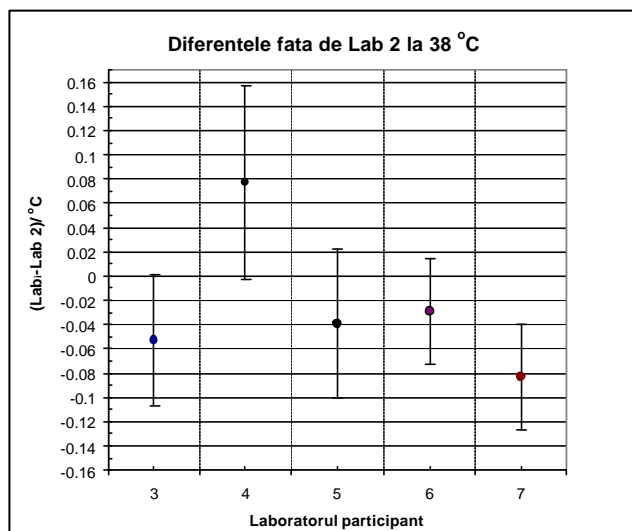


Figura 12 - Diferentele dintre rezultatele obtinute la temperatura de 38 °C de laboratoarele participante. Liniile verticale reprezinta incertitudinile extinse U (pentru $k = 2$) asociate acestor diferente.

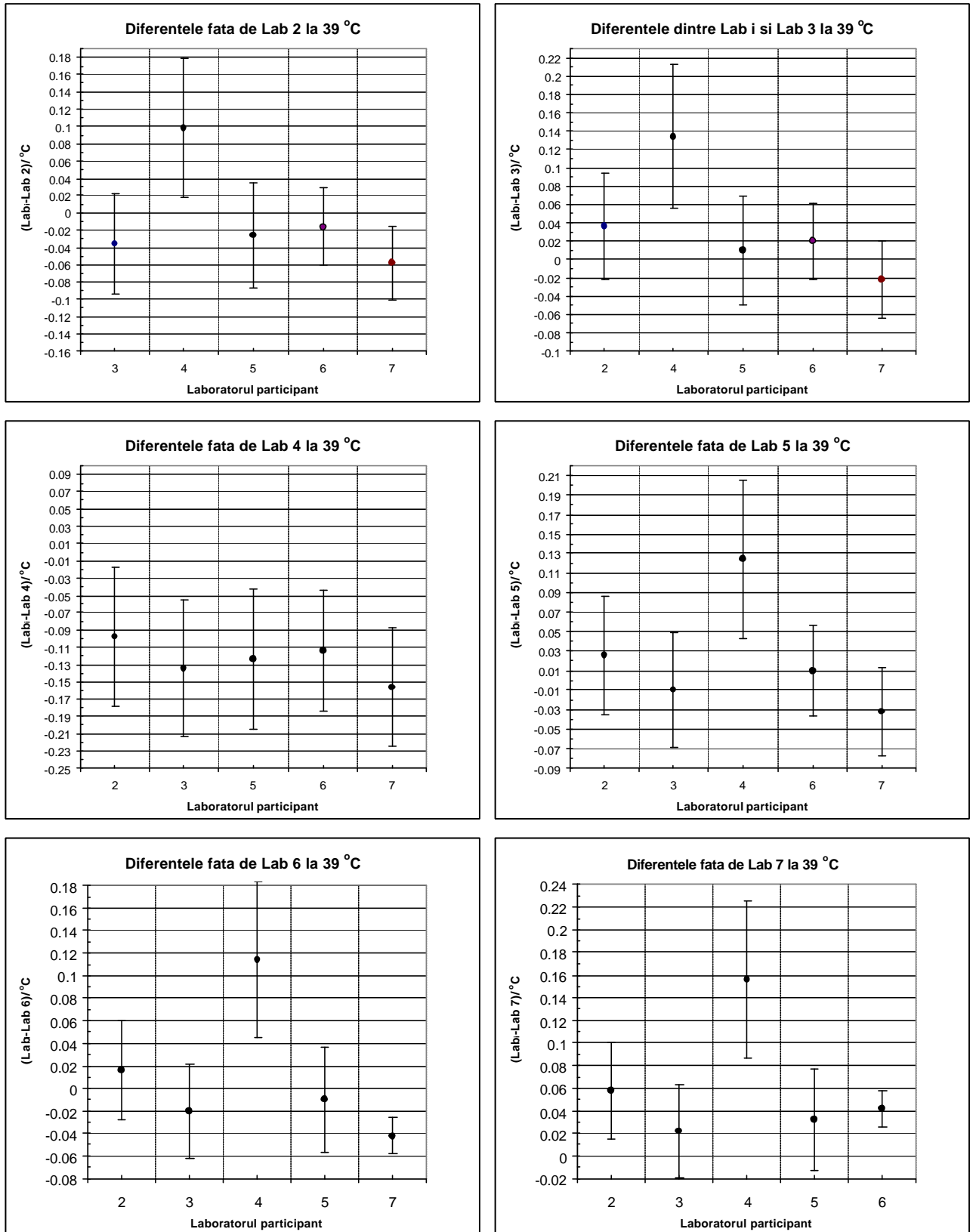


Figura 13 - Diferentele dintre rezultatele obtinute la temperatura de 39 °C de laboratoarele participante. Liniile verticale reprezinta incertitudinile extinse U (pentru $k = 2$) asociate acestor diferente.

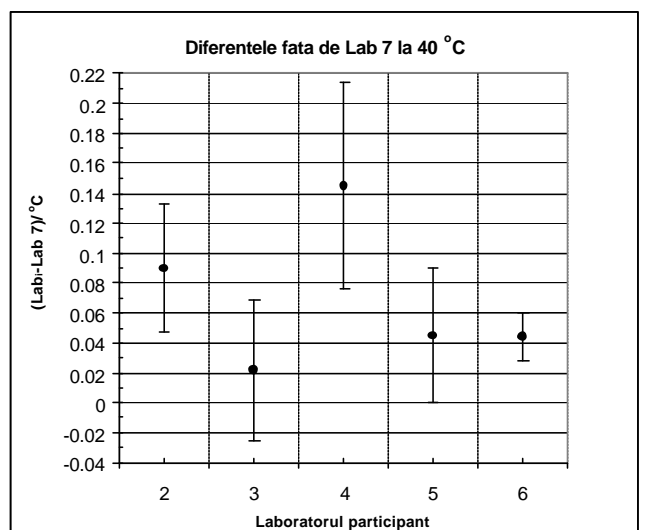
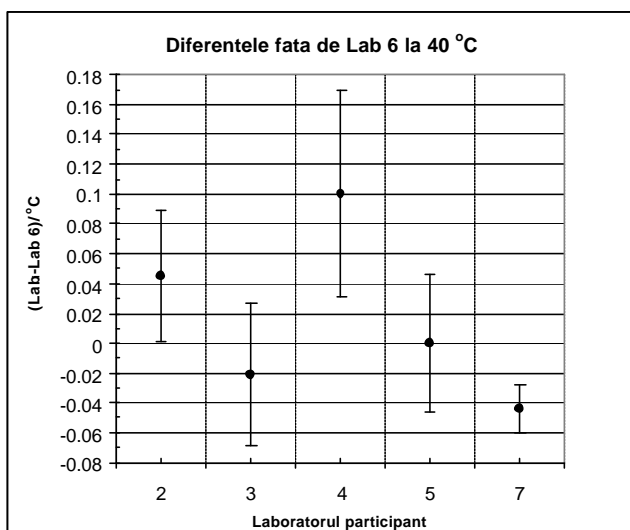
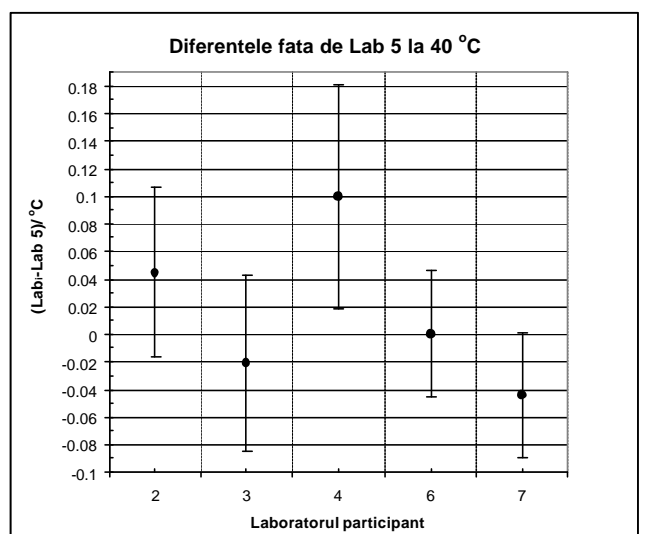
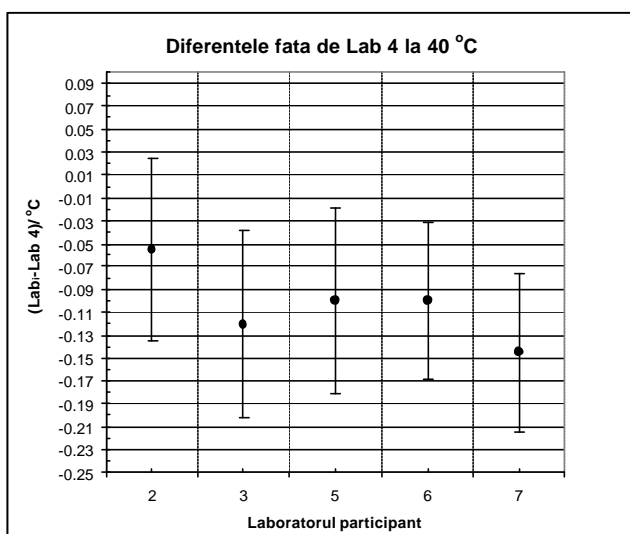
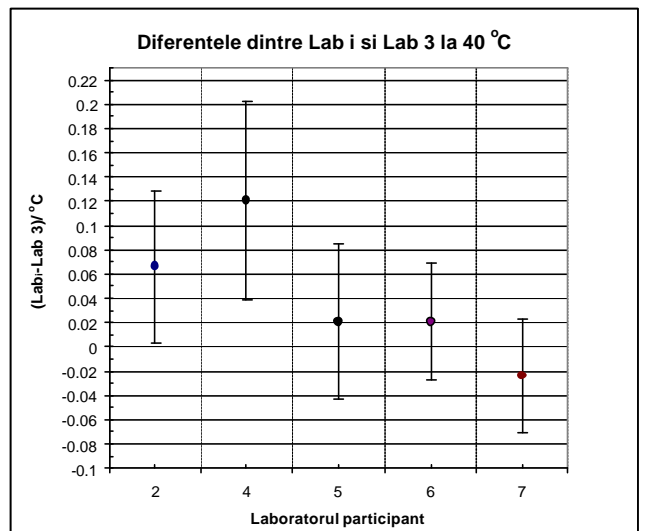
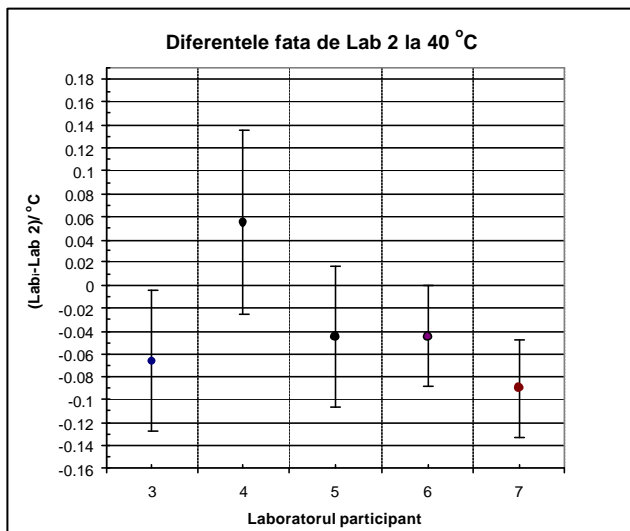


Figura 14 - Diferentele dintre rezultatele obtinute la temperatura de 40 °C de laboratoarele participante. Liniile verticale reprezinta incertitudinile extinse U (pentru $k = 2$) asociate acestor diferente

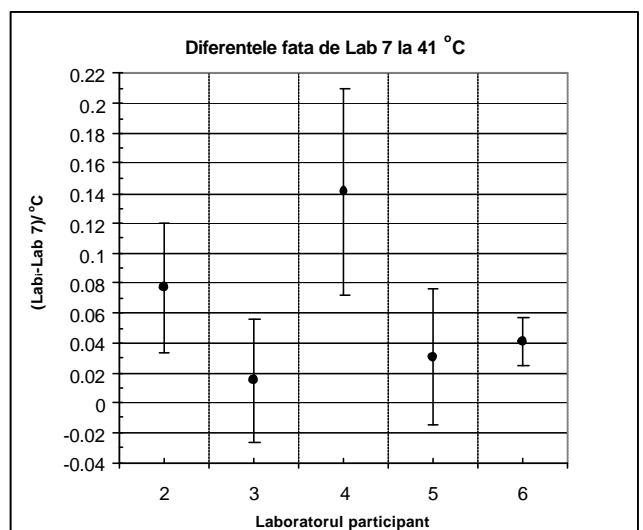
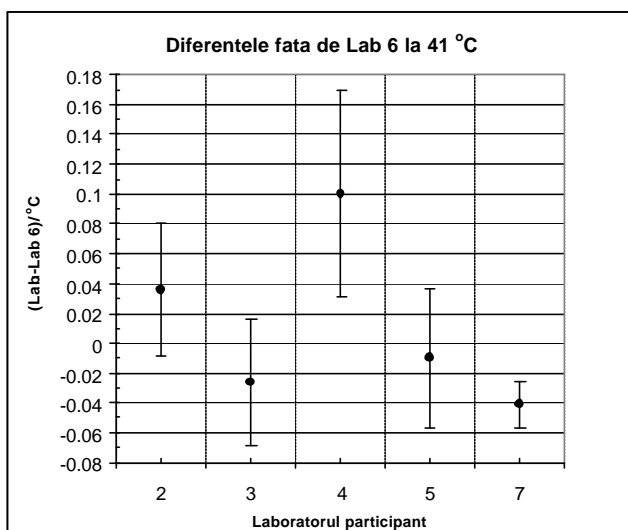
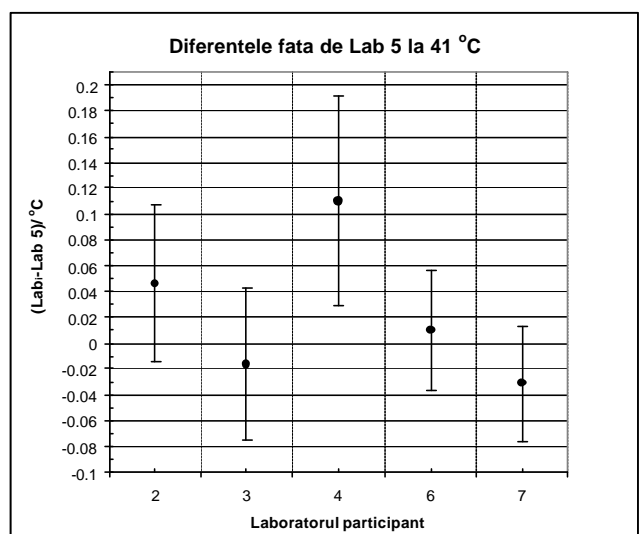
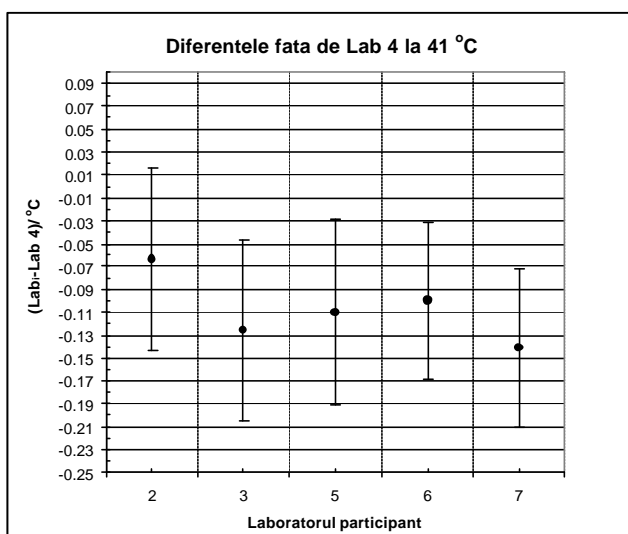
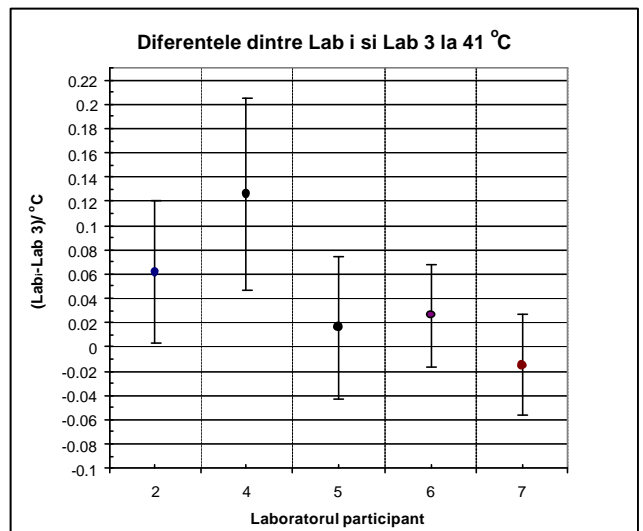
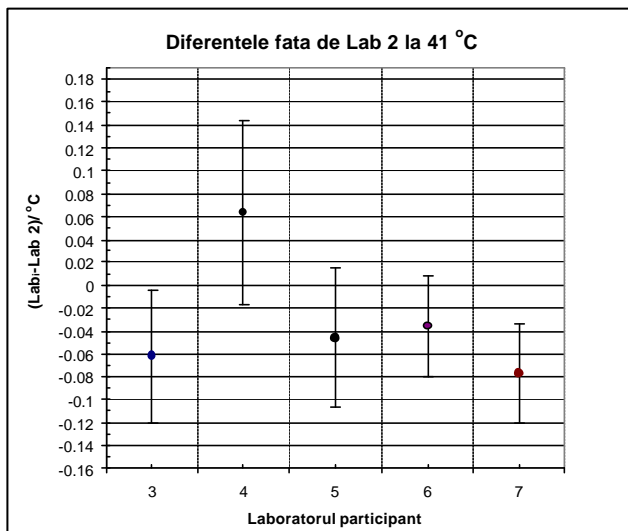


Figura 15 - Diferentele dintre rezultatele obtinute la temperatura de 41 °C de laboratoarele participante. Linile verticale reprezinta incertitudinile extinse U (pentru $k = 2$) asociate acestor diferente

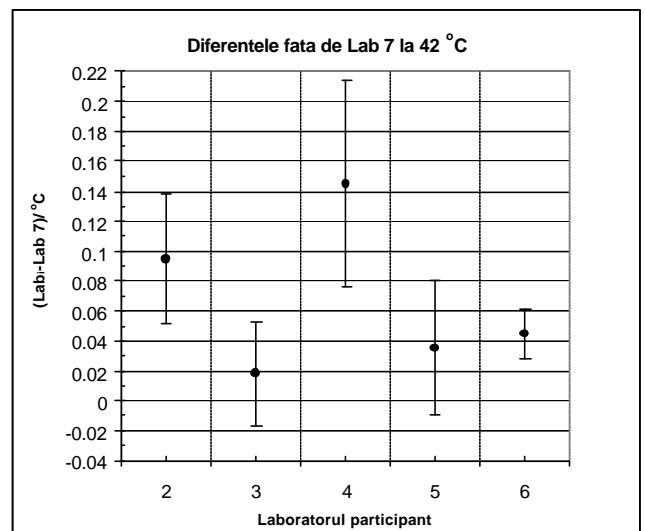
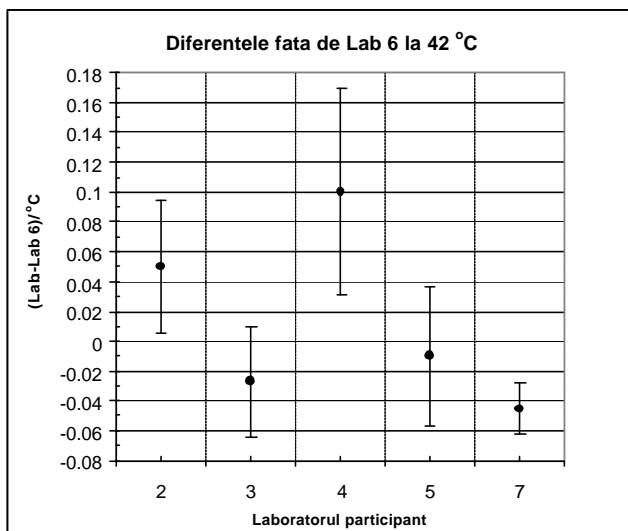
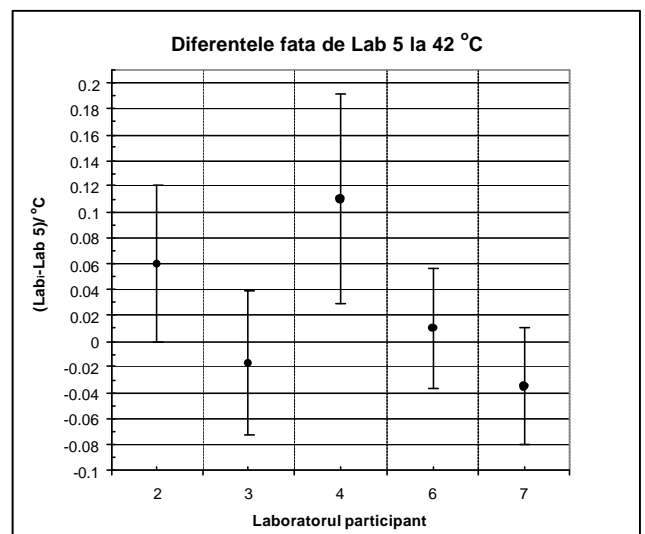
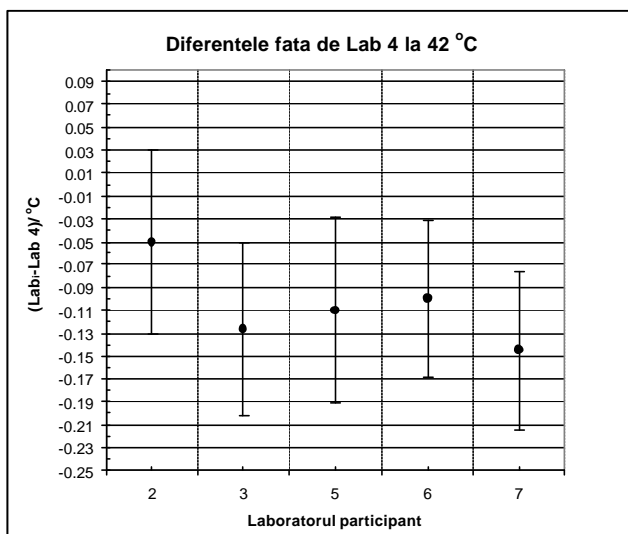
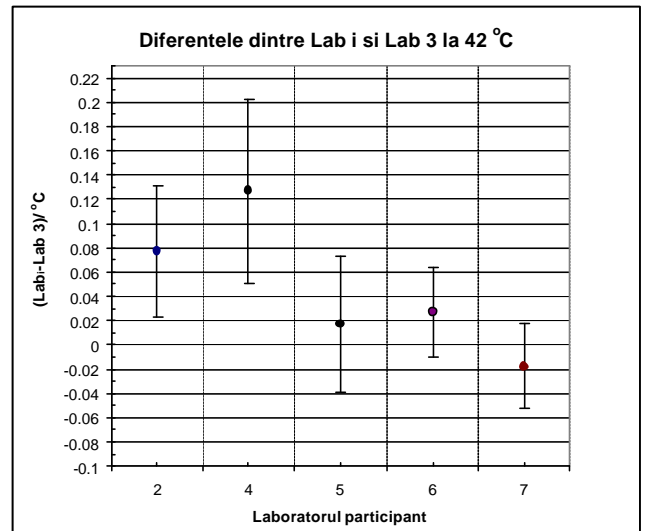
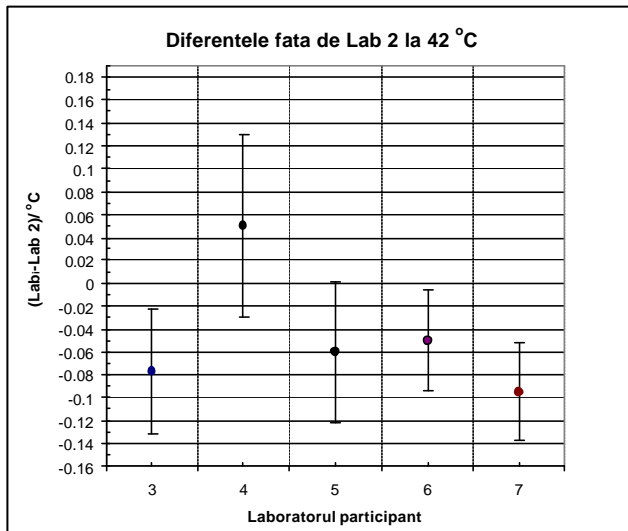


Figura 16 - Diferentele dintre rezultatele obtinute la temperatura de 42 °C de laboratoarele participante. Linile verticale reprezinta incertitudinile extinse U (pentru $k = 2$) asociate acestor diferente

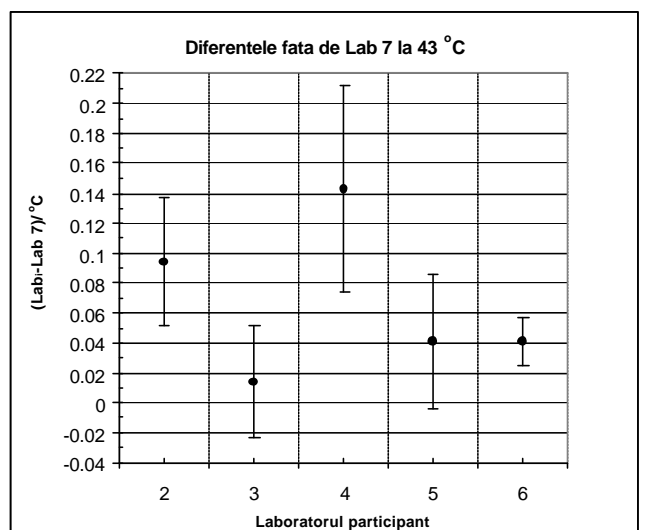
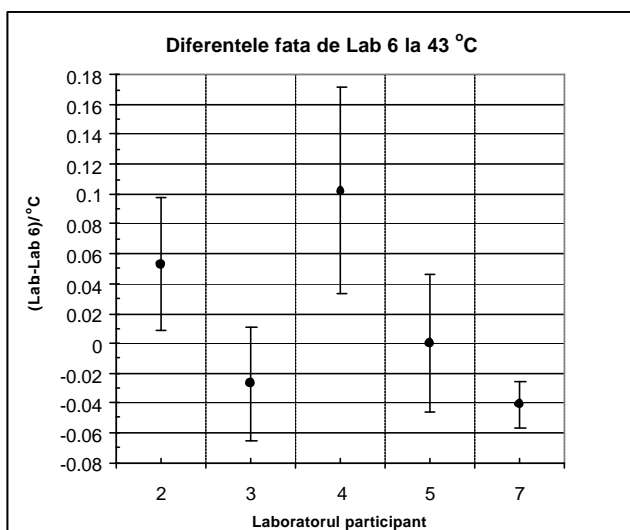
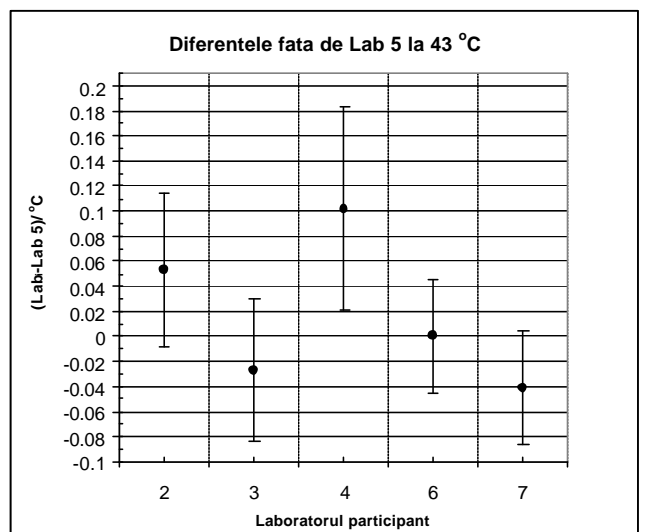
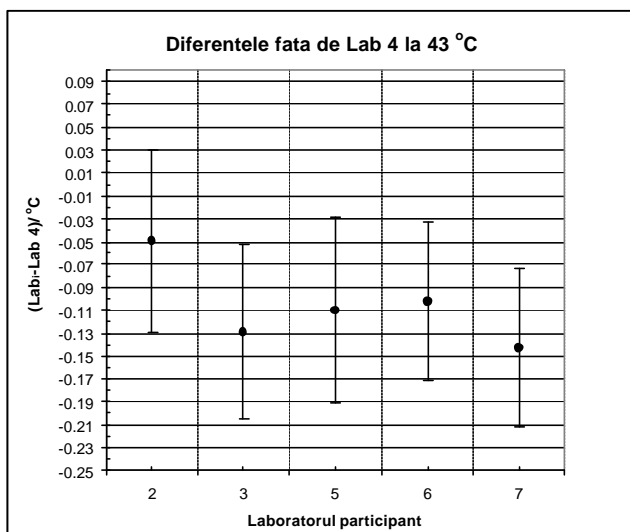
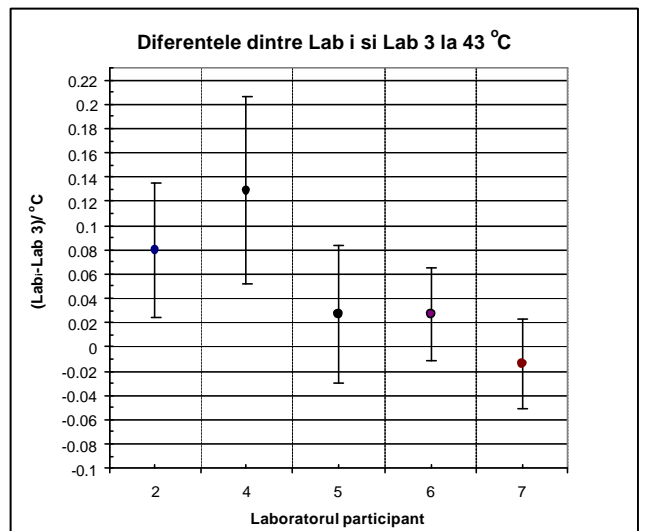
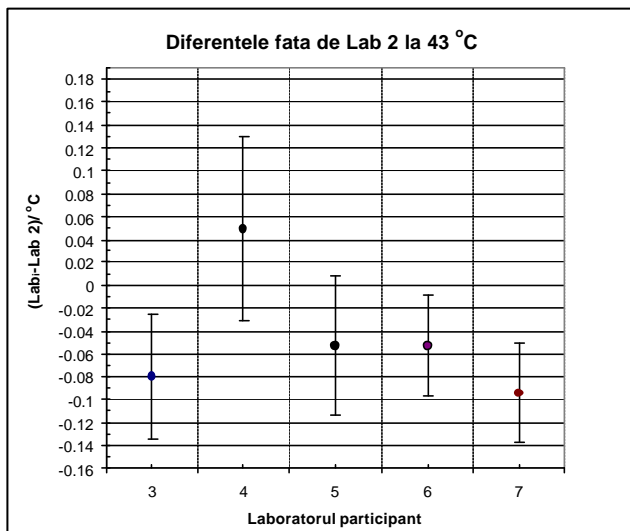


Figura 17 - Diferentele dintre rezultatele obtinute la temperatura de 43 °C de laboratoarele participante. Linile verticale reprezinta incertitudinile extinse U (pentru $k = 2$) asociate acestor diferente

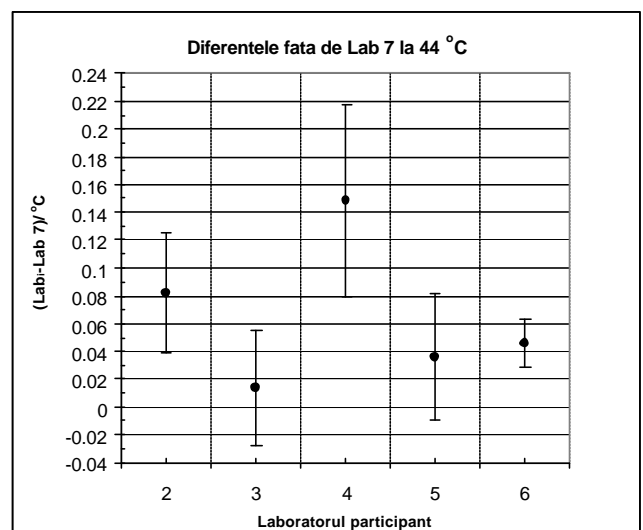
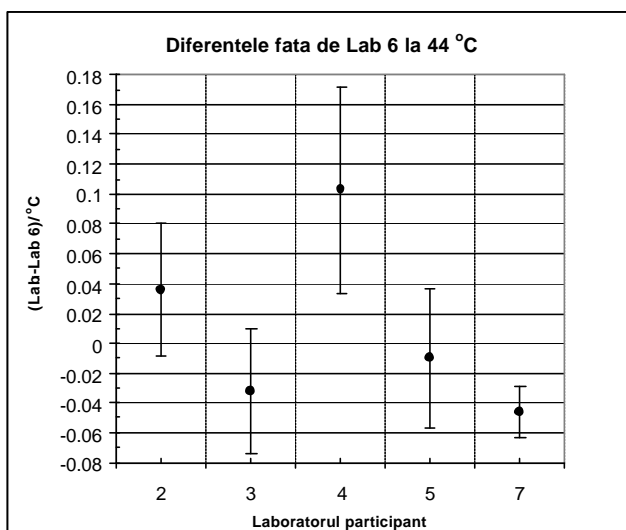
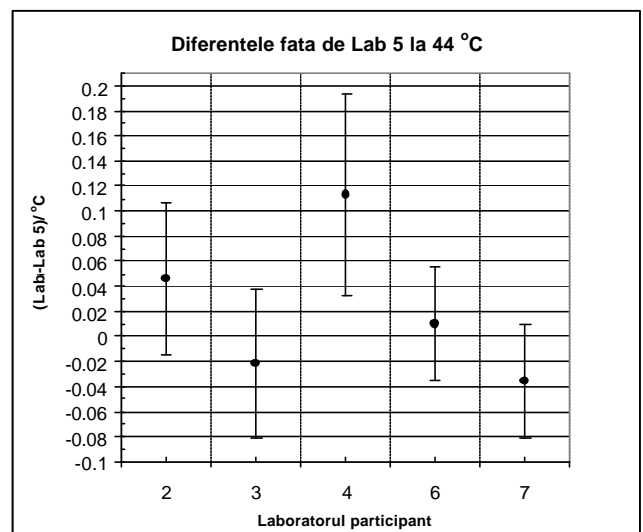
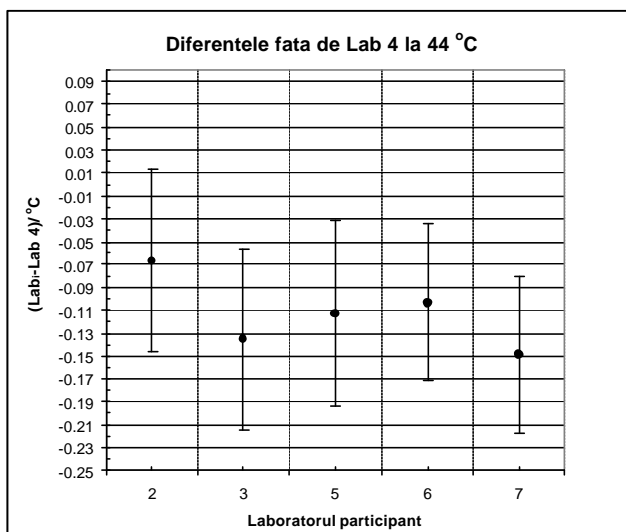
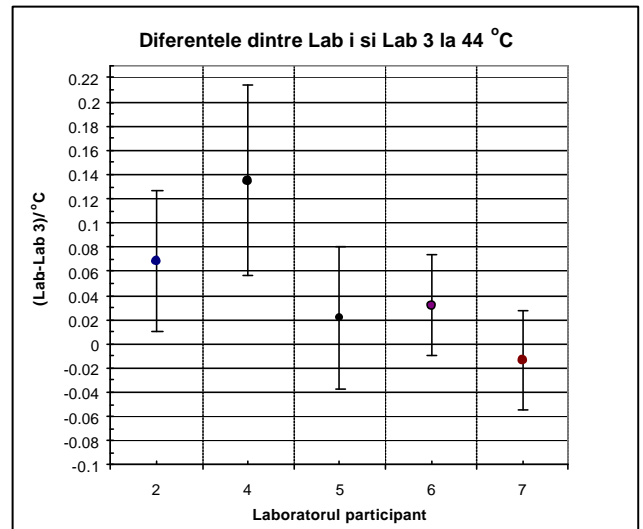
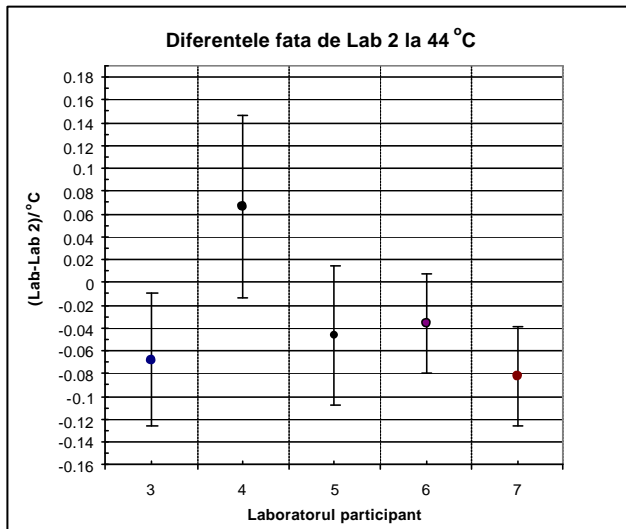


Figura 18 - Diferentele dintre rezultatele obtinute la temperatura de 44 °C de laboratoarele participante. Liniile verticale reprezinta incertitudinile extinse U (pentru $k = 2$) asociate acestor diferente

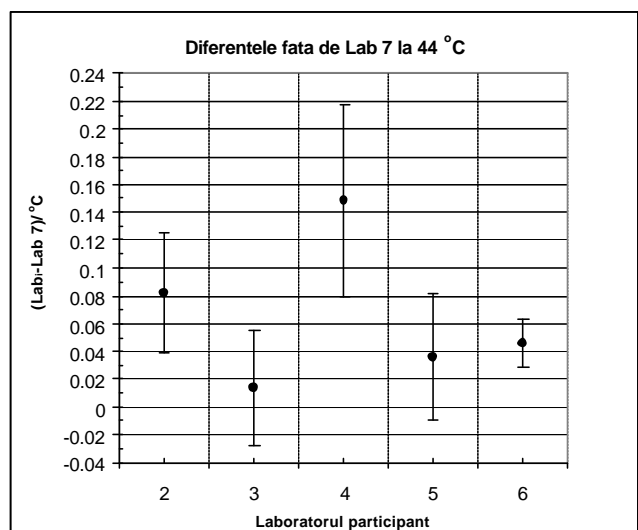
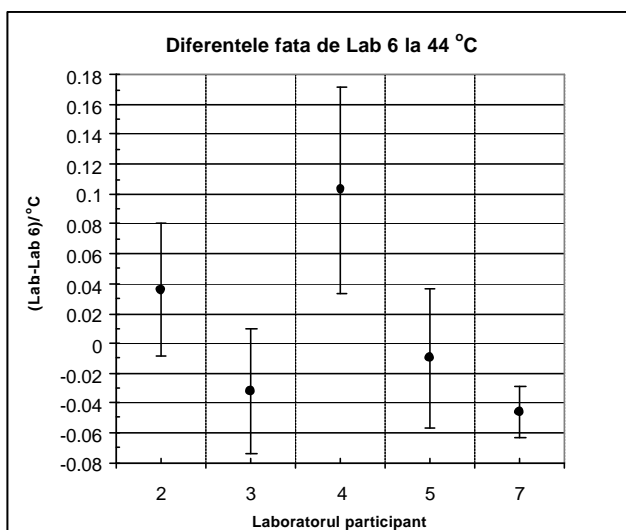
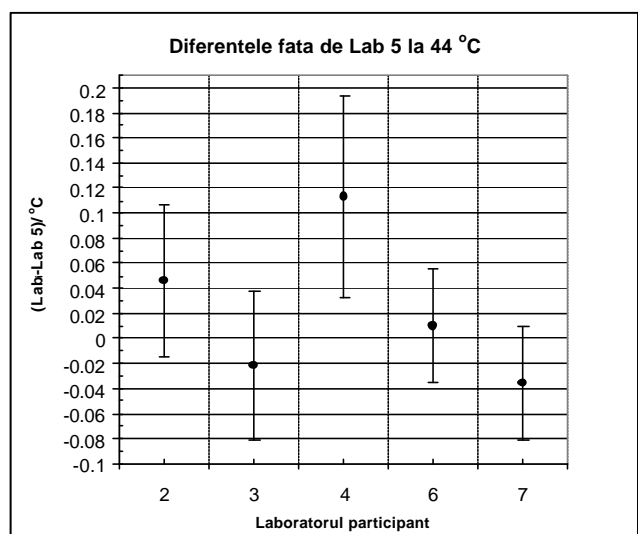
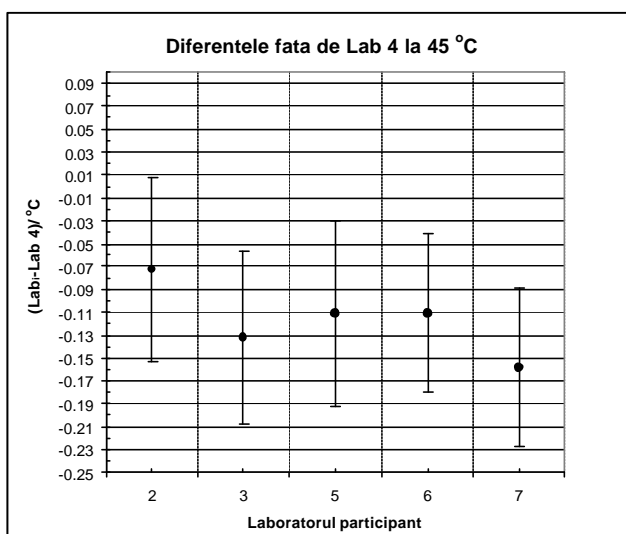
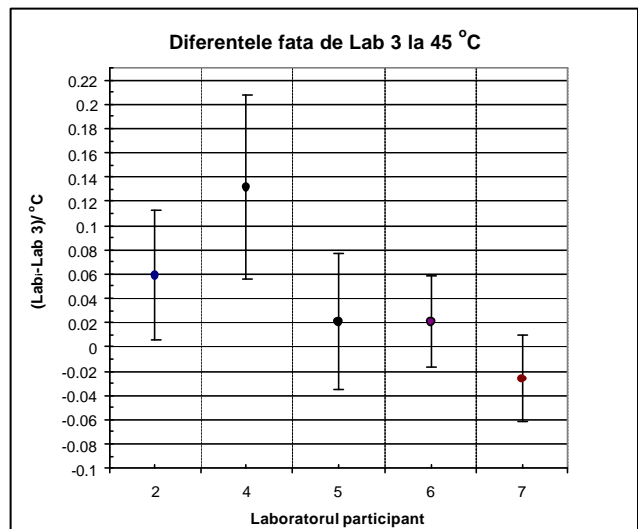
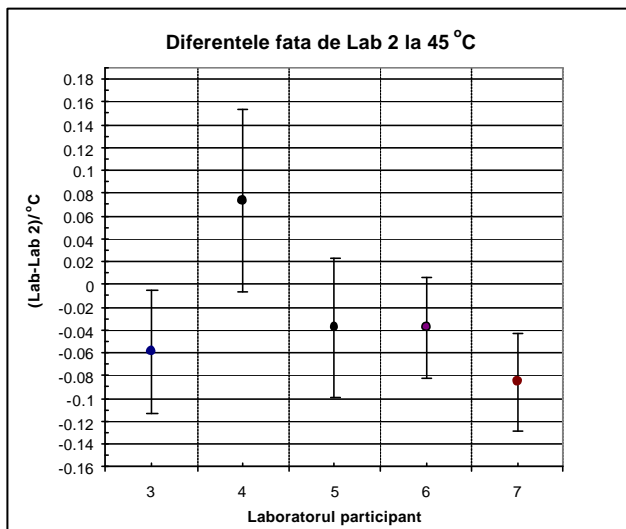


Figura 19 - Diferentele dintre rezultatele obtinute la temperatura de 45 °C de laboratoarele participante. Liniile verticale reprezinta incertitudinile extinse U (pentru $k = 2$) asociate acestor diferente

3.2.9 Matricea completa de compatibilitate

Matricea completa de compatibilitate bilaterala si cu VR este prezentata în Tabelele 32-42 pentru fiecare punct de etalonare. În aceste tabele, numerele înscrise în celule reprezinta diferenta dintre corectiile determinate de fiecare pereche de laboratoare (Coloana – Rând) si incertitudinea extinsa ($k = 2$) asociata diferentei. Aceasta analiza reprezinta cea mai completa sinteza a rezultatelor experimentale.

Tabelul 32 – Matricea de compatibilitate la temperatura de 35,00 °C ($?C/^{\circ}C = \text{Coloana} - \text{Rând}$)

	LR		Lab. 2		Lab. 3		Lab. 4		Lab. 5		Lab. 6		Lab. 7	
	$?C/^{\circ}C$	$U/^{\circ}C$	$?C/^{\circ}C$	$U/^{\circ}C$	$?C/^{\circ}C$	$U/^{\circ}C$	$?C/^{\circ}C$	$U/^{\circ}C$	$?C/^{\circ}C$	$U/^{\circ}C$	$?C/^{\circ}C$	$U/^{\circ}C$	$?C/^{\circ}C$	$U/^{\circ}C$
LR			0,051	0,047	-0,001	0,046	0,116	0,072	0,001	0,049	0,001	0,026	-0,041	0,024
Lab. 2	-0,051	0,047			-0,052	0,059	0,065	0,080	-0,050	0,061	-0,050	0,044	-0,092	0,043
Lab. 3	0,001	0,046	0,052	0,058			0,117	0,079	0,002	0,042	0,002	0,042	-0,040	0,041
Lab. 4	-0,116	0,072	-0,065	0,080	-0,117	0,079			-0,115	0,081	-0,115	0,069	-0,157	0,069
Lab. 5	-0,001	0,049	0,050	0,061	-0,002	0,059	0,115	0,081			0,00	0,05	-0,042	0,045
Lab. 6	-0,001	0,026	0,050	0,044	-0,002	0,042	0,115	0,069	0,00	0,05			-0,042	0,017
Lab. 7	0,041	0,024	0,092	0,043	0,040	0,041	0,157	0,069	0,042	0,045	0,042	0,017		

Tabelul 33 - Matricea de compatibilitate la temperatura de 36,00 °C ($?C/^{\circ}C = \text{Coloana} - \text{Rând}$)

	LR		Lab. 2		Lab. 3		Lab. 4		Lab. 5		Lab. 6		Lab. 7	
	$?C/^{\circ}C$	$U/^{\circ}C$	$?C/^{\circ}C$	$U/^{\circ}C$	$?C/^{\circ}C$	$U/^{\circ}C$	$?C/^{\circ}C$	$U/^{\circ}C$	$?C/^{\circ}C$	$U/^{\circ}C$	$?C/^{\circ}C$	$U/^{\circ}C$	$?C/^{\circ}C$	$U/^{\circ}C$
LR			0,047	0,047	-0,004	0,042	0,116	0,072	0,000	0,049	0,010	0,026	-0,054	0,024
Lab. 2	-0,047	0,047			-0,051	0,055	0,069	0,080	-0,047	0,061	-0,037	0,044	-0,101	0,043
Lab. 3	0,004	0,042	0,051	0,055			0,120	0,077	0,004	0,057	0,014	0,039	-0,050	0,037
Lab. 4	-0,116	0,072	-0,069	0,080	-0,120	0,077			-0,116	0,081	-0,106	0,069	-0,170	0,069
Lab. 5	0,000	0,049	0,047	0,061	-0,004	0,057	0,116	0,081			-0,01	0,05	-0,054	0,045
Lab. 6	-0,010	0,026	0,037	0,044	-0,014	0,039	0,106	0,069	-0,01	0,05			-0,064	0,017
Lab. 7	0,054	0,024	0,101	0,043	0,050	0,037	0,170	0,069	0,054	0,045	0,064	0,017		

Tabelul 34 - Matricea de compatibilitate la temperatura de 37,00 °C (?C/°C = Coloana – Rând)

	LR		Lab. 2		Lab. 3		Lab. 4		Lab. 5		Lab. 6		Lab. 7	
	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C
LR			0,054	0,048	0,000	0,044	0,120	0,072	0,002	0,050	0,012	0,027	-0,038	0,025
Lab. 2	-0,054	0,048			-0,054	0,057	0,066	0,080	-0,052	0,061	-0,042	0,044	-0,092	0,043
Lab. 3	0,000	0,044	0,054	0,057			0,120	0,078	0,002	0,058	0,012	0,040	-0,038	0,039
Lab. 4	-0,120	0,072	-0,066	0,080	-0,120	0,078			-0,118	0,081	-0,108	0,069	-0,158	0,069
Lab. 5	-0,002	0,050	0,052	0,061	-0,002	0,058	0,118	0,081			-0,01	0,05	-0,040	0,045
Lab. 6	-0,012	0,027	0,042	0,044	-0,012	0,040	0,108	0,069	-0,01	0,05			-0,050	0,017
Lab. 7	0,038	0,025	0,092	0,043	0,038	0,039	0,158	0,069	0,040	0,045	0,050	0,017		

Tabelul 35 - Matricea de compatibilitate la temperatura de 38,00 °C (?C/°C = Coloana – Rând)

	LR		Lab. 2		Lab. 3		Lab. 4		Lab. 5		Lab. 6		Lab. 7	
	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C
LR			0,051	0,047	-0,002	0,040	0,128	0,072	0,012	0,049	0,022	0,026	-0,032	0,024
Lab. 2	-0,051	0,047			-0,053	0,054	0,077	0,080	-0,039	0,061	-0,029	0,044	-0,083	0,043
Lab. 3	0,002	0,040	0,053	0,054			0,130	0,076	0,014	0,056	0,024	0,037	-0,030	0,035
Lab. 4	-0,128	0,072	-0,077	0,080	-0,130	0,076			-0,116	0,081	-0,106	0,069	-0,160	0,069
Lab. 5	-0,012	0,049	0,039	0,061	-0,014	0,056	0,116	0,081			0,01	0,05	-0,044	0,045
Lab. 6	-0,022	0,026	0,029	0,044	-0,024	0,037	0,106	0,069	-0,01	0,05			-0,054	0,017
Lab. 7	0,032	0,024	0,083	0,043	0,030	0,035	0,160	0,069	0,044	0,045	0,054	0,017		

Tabelul 36 - Matricea de compatibilitate la temperatura de 39,00 °C (?C/°C = Coloana – Rând)

	LR		Lab. 2		Lab. 3		Lab. 4		Lab. 5		Lab. 6		Lab. 7	
	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C
LR			0,032	0,048	-0,004	0,046	0,130	0,072	0,006	0,050	0,016	0,027	-0,026	0,025
Lab. 2	-0,032	0,048			-0,036	0,058	0,098	0,080	-0,026	0,061	-0,016	0,044	-0,058	0,043
Lab. 3	0,004	0,046	0,036	0,058			0,134	0,079	0,010	0,059	0,020	0,042	-0,022	0,041
Lab. 4	-0,130	0,072	-0,098	0,080	-0,134	0,079			-0,124	0,081	-0,114	0,069	-0,156	0,069
Lab. 5	-0,006	0,050	0,026	0,061	-0,010	0,059	0,124	0,081			0,01	0,05	-0,032	0,045
Lab. 6	-0,016	0,027	0,016	0,044	-0,020	0,042	0,114	0,069	-0,01	0,05			-0,042	0,017
Lab. 7	0,026	0,025	0,058	0,043	0,022	0,041	0,156	0,069	0,032	0,045	0,042	0,017		

Tabelul 37 - Matricea de compatibilitate la temperatura de 40,00 °C (?C/°C = Coloana – Rând)

	LR		Lab. 2		Lab. 3		Lab. 4		Lab. 5		Lab. 6		Lab. 7	
	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C
LR			0,064	0,047	-0,002	0,051	0,119	0,072	0,019	0,049	0,019	0,026	-0,026	0,024
Lab. 2	-0,064	0,047			-0,066	0,062	0,055	0,080	-0,045	0,061	-0,045	0,044	-0,090	0,043
Lab. 3	0,002	0,051	0,066	0,062			0,121	0,082	0,021	0,064	0,021	0,048	-0,024	0,047
Lab. 4	-0,119	0,072	-0,055	0,080	-0,121	0,082			0,100	0,081	-0,100	0,069	-0,145	0,069
Lab. 5	-0,019	0,049	0,045	0,061	-0,021	0,064	0,100	0,081			0,00	0,05	-0,045	0,045
Lab. 6	-0,019	0,026	0,045	0,044	-0,021	0,048	0,100	0,069	0,00	0,05			-0,044	0,017
Lab. 7	0,026	0,024	0,090	0,043	0,024	0,047	0,145	0,069	0,045	0,045	0,044	0,017		

Tabelul 38 - Matricea de compatibilitate la temperatura de 41,00 °C (?C/°C = Coloana – Rând)

	LR		Lab. 2		Lab. 3		Lab. 4		Lab. 5		Lab. 6		Lab. 7	
	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C
LR			0,044	0,047	-0,018	0,046	0,108	0,072	-0,002	0,049	0,008	0,026	-0,033	0,024
Lab. 2	-0,044	0,047			-0,062	0,058	0,064	0,080	-0,046	0,061	-0,036	0,044	-0,077	0,043
Lab. 3	0,018	0,046	0,062	0,058			0,126	0,079	0,016	0,059	0,026	0,042	-0,015	0,041
Lab. 4	-0,108	0,072	-0,064	0,080	-0,126	0,079			-0,110	0,081	-0,100	0,069	-0,141	0,069
Lab. 5	0,002	0,049	0,046	0,061	-0,016	0,059	0,110	0,081			0,01	0,05	-0,031	0,045
Lab. 6	-0,008	0,026	0,036	0,044	-0,026	0,042	0,100	0,069	-0,01	0,05			-0,041	0,017
Lab. 7	0,033	0,024	0,077	0,043	0,015	0,041	0,141	0,069	0,031	0,045	0,041	0,017		

Tabelul 39 - Matricea de compatibilitate la temperatura de 42,00 °C (?C/°C = Coloana – Rând)

	LR		Lab. 2		Lab. 3		Lab. 4		Lab. 5		Lab. 6		Lab. 7	
	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C
LR			0,074	0,047	-0,003	0,040	0,124	0,072	0,014	0,049	0,024	0,026	-0,021	0,024
Lab. 2	-0,074	0,047			-0,077	0,054	0,050	0,080	-0,060	0,061	-0,050	0,044	-0,095	0,043
Lab. 3	0,003	0,040	0,077	0,054			0,127	0,076	0,017	0,056	0,027	0,037	-0,018	0,035
Lab. 4	-0,124	0,072	-0,050	0,080	-0,127	0,076			-0,110	0,081	-0,100	0,069	-0,145	0,069
Lab. 5	-0,014	0,049	0,060	0,061	-0,017	0,056	0,110	0,081			0,01	0,05	-0,035	0,045
Lab. 6	-0,024	0,026	0,050	0,044	-0,027	0,037	0,100	0,069	-0,01	0,05			-0,045	0,017
Lab. 7	0,021	0,024	0,095	0,043	0,018	0,035	0,145	0,069	0,035	0,045	0,045	0,017		

Tabelul 40 - Matricea de compatibilitate la temperatura de 43,00 °C (?C/°C = Coloana – Rând)

	LR		Lab. 2		Lab. 3		Lab. 4		Lab. 5		Lab. 6		Lab. 7	
	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C
LR			0,074	0,047	-0,006	0,042	0,123	0,072	0,021	0,049	0,021	0,026	-0,020	0,024
Lab. 2	-0,074	0,047			-0,070	0,055	0,049	0,080	-0,053	0,061	-0,053	0,044	-0,094	0,043
Lab. 3	0,006	0,042	0,070	0,055			0,129	0,077	0,027	0,057	0,027	0,039	-0,014	0,037
Lab. 4	-0,123	0,072	-0,049	0,080	-0,129	0,077			-0,102	0,081	-0,102	0,069	-0,143	0,069
Lab. 5	-0,021	0,049	0,053	0,061	-0,027	0,057	0,102	0,081			0,00	0,05	-0,041	0,045
Lab. 6	-0,021	0,026	0,053	0,044	-0,027	0,039	0,102	0,069	0,00	0,05			-0,041	0,017
Lab. 7	0,020	0,024	0,094	0,043	0,014	0,037	0,143	0,069	0,041	0,045	0,041	0,017		

Tabelul 41 - Matricea de compatibilitate, la temperatura de 44,00 °C (?C/°C = Coloana – Rând)

	LR		Lab. 2		Lab. 3		Lab. 4		Lab. 5		Lab. 6		Lab. 7	
	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C
LR			0,066	0,047	-0,002	0,046	0,133	0,072	0,020	0,049	0,030	0,026	-0,016	0,024
Lab. 2	-0,066	0,047			-0,068	0,058	0,067	0,080	-0,046	0,061	-0,036	0,044	-0,082	0,043
Lab. 3	0,002	0,046	0,068	0,058			0,135	0,079	0,022	0,059	0,032	0,042	-0,014	0,041
Lab. 4	-0,133	0,072	-0,067	0,080	-0,135	0,079			-0,113	0,081	-0,103	0,069	-0,149	0,069
Lab. 5	-0,020	0,049	0,046	0,061	-0,022	0,059	0,113	0,081			0,01	0,05	-0,036	0,045
Lab. 6	-0,030	0,026	0,036	0,044	-0,032	0,042	0,103	0,069	-0,01	0,05			-0,046	0,017
Lab. 7	0,016	0,024	0,082	0,043	0,014	0,041	0,149	0,069	0,036	0,045	0,046	0,017		

Tabelul 42 - Matricea de compatibilitate la temperatura de 45,00 °C (?C/°C = Coloana – Rând)

LR	LR		Lab. 2		Lab. 3		Lab. 4		Lab. 5		Lab. 6		Lab. 7	
	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C	?C/°C	U/°C
LR			0,049	0,047	-0,010	0,040	0,122	0,072	0,011	0,049	0,011	0,026	-0,036	0,024
Lab. 2	-0,049	0,047			-0,059	0,054	0,073	0,080	-0,038	0,061	-0,038	0,044	-0,085	0,043
Lab. 3	0,010	0,040	0,059	0,054			0,132	0,076	0,021	0,056	0,021	0,037	-0,026	0,035
Lab. 4	-0,122	0,072	-0,073	0,080	-0,132	0,076			-0,111	0,081	-0,111	0,069	-0,158	0,069
Lab. 5	-0,011	0,049	0,038	0,061	-0,021	0,056	0,111	0,081			0,00	0,05	-0,042	0,045
Lab. 6	-0,011	0,026	0,038	0,044	-0,021	0,037	0,111	0,069	0,00	0,05			-0,047	0,017
Lab. 7	0,036	0,024	0,085	0,043	0,026	0,035	0,158	0,069	0,042	0,045	0,047	0,017		

3.3 Analiza rezultatelor

Pentru o analiza cât mai obiectivă a rezultatelor măsurărilor, s-a determinat, pentru fiecare laborator participant, **indicele de valoare** $E_i, i = 2, 3, 4, 5, 6$ și 7 , exprimat prin relația

$$E_i = \frac{x_i - x_{ref}}{U(\Delta C_i)} \quad (3)$$

unde

x_i – valoarea etalonului itinerant la un punct de etalonare dat, obținută de laboratorul „i”;

x_{ref} – valoarea de referință;

$U(\Delta C_i)$ – incertitudinea extinsă asociată abaterii ΔC_i , incertitudine calculată cu ajutorul funcției de modelare (1).

Pentru valori ale indicelui de valoare cuprinse în intervalul $[-1, +1]$, laboratorul i este compatibil cu laboratorul de referință și se consideră că este capabil să efectueze măsurări în acest domeniu cu incertitudinea de măsurare declarată.

Indicii de valoare ai celor 6 laboratoare participante sunt prezentați în Tabelul 43, pentru cazul în care se păstrează 2 cifre semnificative din valorile obținute cu relația (3).

Tabelul 43 – Indicii de valoare ai laboratoarelor participante (cu două cifre semnificative)

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Lab.2	Lab.3	Lab.4	Lab.5	Lab.6	Lab.7
35,00	1,1	0,0	1,6	0,0	0,0	-1,7
36,00	1,0	-0,1	1,6	0,0	0,4	--2,2
37,00	1,1	0,0	1,7	0,0	0,5	-1,5
38,00	1,1	0,0	1,8	0,2	0,8	-1,3
39,00	0,7	-0,1	1,8	0,1	0,6	-1,0
40,00	1,4	0,0	1,7	0,4	0,8	-1,0
41,00	0,9	-0,4	1,5	0,0	0,3	-1,4
42,00	1,6	-0,1	1,7	0,3	0,9	-0,9
43,00	1,6	-0,1	1,7	0,4	0,8	-0,8
44,00	1,4	0,0	1,8	0,4	1,2	-0,7
45,00	1,0	-0,2	1,7	0,2	0,4	-1,5

Celulele închise la culoare marchează indicii de valoare care depășesc limitele $-1,0$ și $+1,0$. Compatibilitatea laboratoarelor participante cu Laboratorul de referință, după acest criteriu, este evidențiată grafic în Figura 20.

Deoarece limitele intervalului de acceptare $[-1, +1]$ sunt date cu o singură cifră semnificativă, vom rotunji valorile din Tabelul 43 la o singură cifră semnificativă; indicii de valoare rezultați sunt înscrși în Tabelul 44. Compatibilitatea laboratoarelor participante cu Laboratorul de referință, după acest criteriu, este evidențiată grafic în Figura 21.

Tabelul 44 – Indicii de valoare ai laboratoarelor participante (cu o cifră semnificativă)

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Lab.2	Lab.3	Lab.4	Lab.5	Lab.6	Lab.7
35,00	1	0	2	0	0	-2
36,00	1	0	2	0	0	-2
37,00	1	0	2	0	0	-2

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Lab.2	Lab.3	Lab.4	Lab.5	Lab.6	Lab.7
38,00	1	0	2	0	1	-1
39,00	1	0	2	0	1	-1
40,00	1	0	2	0	1	-1
41,00	1	0	2	0	0	-1
42,00	2	0	2	0	1	-1
43,00	2	0	2	0	1	-1
44,00	1	0	2	0	1	-1
45,00	1	0	2	0	0	-2

INDICII DE VALOARE AI LABORATOARELOR PARTICIPANTE

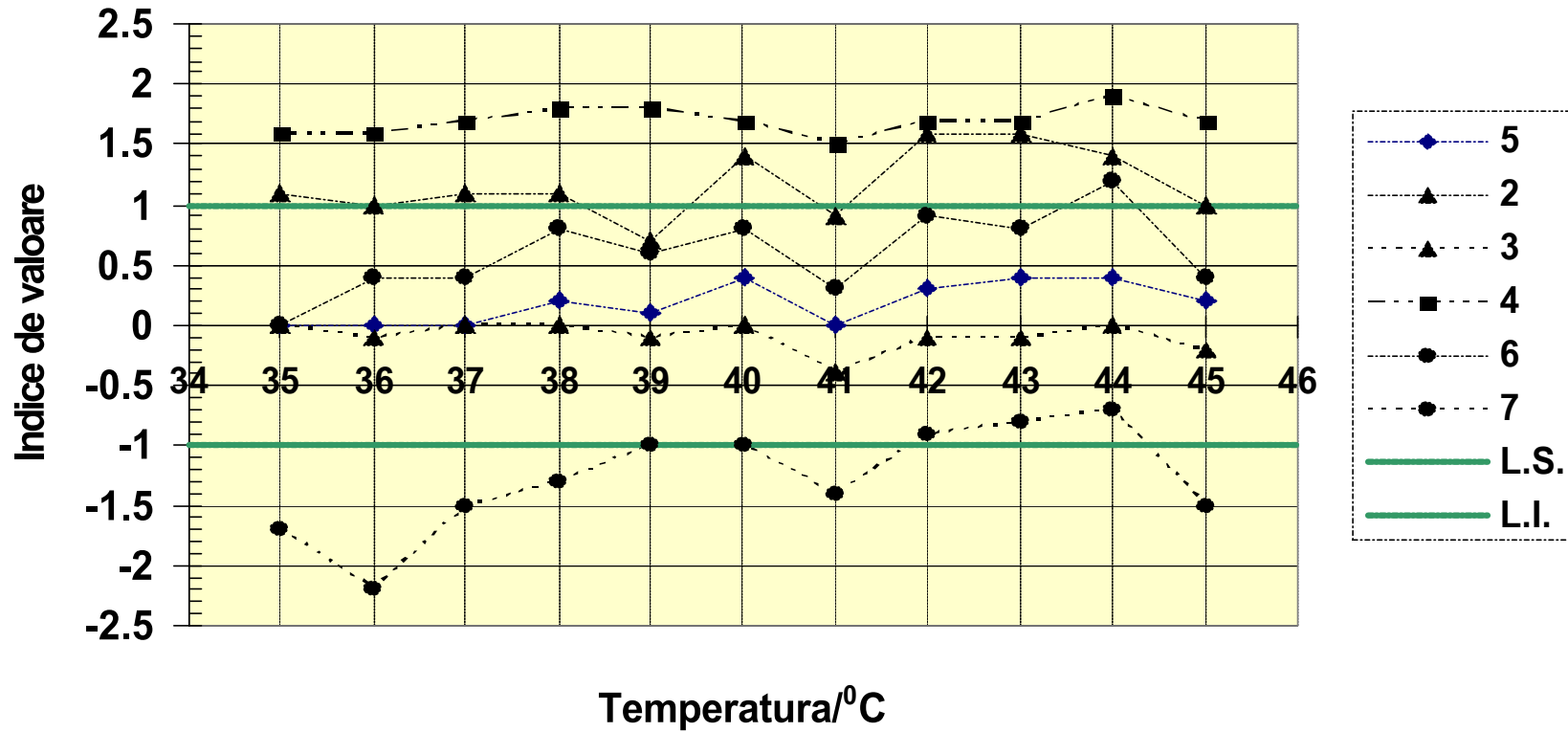


Figura 20 – Încadrarea indicilor de valoare ai laboratoarelor participante între limita inferioara admisa (LI), egala cu -1,0 si limita superioara admisa (LS), egala cu + 1,0

INDICII DE VALOARE AI LABORATOARELOR PARTICIPANTE

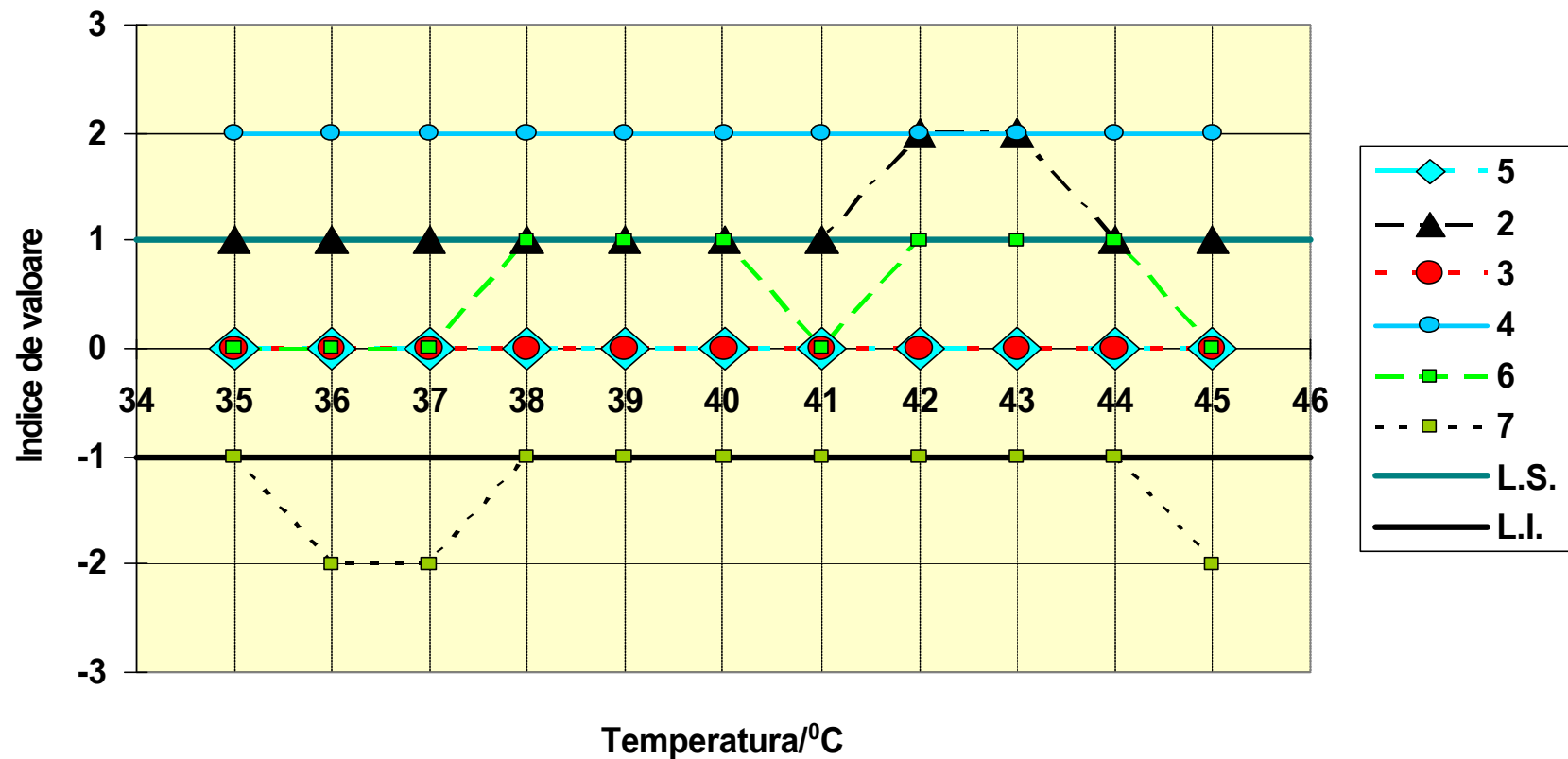


Figura 22 – Încadrarea indicilor de valoare ai laboratoarelor participante între limita inferioara admisa (LI), egala cu -1 si limita superioara admisa (LS), egala cu +

Concluzii

Analiza rezultatelor masurarilor si a incertitudinilor asociate furnizate de laboratoarele participante precum si a indicilor de valoare rezultati ne conduce la urmatoarele concluzii:

- o Laboratorul 6 satisface criteriile de acceptare la toate punctele de etalonare, cu abateri ceva mai mici sau comparabile cu incertitudinea de masurare. Aceasta evidentiaza o data în plus ***rigoarea si corectitudinea cu care Laboratorul 6 a evaluat incertitudinea de masurare*** (asa cum s-a mentionat si la pct. 3.2.5) si a efectuat masurarile.
- o Laboratoarele 3 si 5 au indicii de valoare egali cu zero la toate punctele de etalonare.
- o Laboratoarele 2 si 7 au indicii de valoare mai mari decât limitele admise la unele puncte de etalonare (2 si, respectiv, 4 puncte de etalonare). Pentru a elimina aceste deficiente se impune o reanalizare a metodologiei de evaluare a incertitudinii de masurare precum si o noua caracterizare metrologica a etaloanelor si utilajelor folosite; este posibil ca aceasta caracterizare sa conduca la necesitatea achizitionarii unor echipamente mai performante.
- o Aceleasi recomandari se cuvin si Laboratorului 4, ai carui indici de valoare au depasit limitele admise la toate cele 11 puncte de etalonare.

Consideram utila, în final, formularea unor aprecieri generale privind aceasta comparare:

- ◆ Compararea ofera prima imagine obiectiva, solid fundamentata, a starii de compatibilitate între laboratoarele participante si a uniformitatii masurarilor de temperatura în România;
- ◆ Atât la nivel metodologic, cât si din punctul de vedere al participarii, proiectul a avut un caracter experimental, pilot;
- ◆ Prin efortul si competenta profesionale demonstrate, cele 6 laboratoare care s-au angajat în acest proiect s-au evidentiat si distins în cadrul comunitatii laboratoarelor BRML. Acest gen de exercitii sunt cele care caracterizeaza, pe plan international, metrologia moderna si competitiva. Nu numai rezultatele, dar chiar experienta ducerii la bun sfârșit a unor astfel de proiecte colective vor reprezenta - în anii urmatori din ce în ce mai mult si la noi în tara - nota distinctiva a performantei profesionale în metrologie;
- ◆ Modul în care vor fi diseminate si valorizate rezultatele acestei comparari va avea o importanta hotarâtoare pentru motivarea participantilor în viitoare proiecte similare.

Întocmit,

Sonia GAITA
Coordonator comparatie

Metodologie de evaluare a influenței temperaturii mediului ambiant asupra coloanei emergente

dT₄ – Corectia influenței temperaturii mediului ambiant asupra coloanei emergente

- i) Termometrele cu imersie totală trebuie să fie imersate până la nivelul coloanei de lichid din capilarele termometrelor. Dacă acest lucru nu este posibil, indicația termometrului trebuie să fie corectată. Corectia erorii datorate coloanei neimersate se calculează cu formula:

$$x_4 = C_m = n g (t_e - t_i)$$

unde:

g este coeficientul de dilatare aparentă a mercurului față de sticlă (0,000 158...0,000 175, conform Tabelului 10 din NTM 5 -18 - 83);

n - numărul de grade Celsius corespunzător coloanei neimersate;

t_e - temperatura mediului în care este imersat termometrul de etalonat, determinată cu termometrul etalon (de referință);

t_i - temperatura medie a coloanei de lichid neimersate, care se determină cu ajutorul unui termometru auxiliar plasat la jumătatea înălțimii coloanei neimersate.

Incertitudinea standard asociată acestei corecții se poate considera

$$u(dT_4) = (n^2 g^2 u^2(t_i) + n^2 g^2 u^2(t_e) + g (t_e - t_i) u^2(n))^{1/2} ,$$

unde

$u(t_i) = U_{e1}/2$, U_{e1} fiind incertitudinea extinsă dată în certificatul de etalonare al termometrului auxiliar;

$u(t_e) = U_{e2}/2$, U_{e2} fiind incertitudinea extinsă dată în certificatul de etalonare al termometrului de referință;

$u(n)$ este incertitudinea asociată estimății numărului de grade Celsius corespunzător coloanei neimersate.

- ii) Termometrele cu imersie parțială trebuie să fie imersate până la adâncimea de imersie prevăzută, iar temperatura coloanei neimersate trebuie să fie egală cu temperatura de gradare. Dacă acestea sunt diferite, indicația termometrului trebuie să fie corectată.

Corectia erorii datorate diferenței dintre temperatura coloanei neimersate și temperatura de gradare se calculează cu formula:

$$x_4 = C_m = n g (t' - t'')$$

unde:

g - coeficientul de dilatare aparentă a mercurului față de sticlă (conform Tabelului 10 din NTM 5 -18 -83);

n - numărul de grade Celsius corespunzător coloanei de lichid până la valoarea temperaturii la care se face etalonarea termometrului;

t - temperatura coloanei de lichid neimersate în momentul gradării termometrului, ce este înscrisă pe termometru;

t' - temperatura medie a coloanei de lichid neimersate, care se determină cu ajutorul unui termometru auxiliar plasat la jumătatea înălțimii coloanei neimersate.

Incertitudinea standard asociată acestei corecții se poate considera

$$u(dT_4) = (n^2 g^2 u^2(t') + g^2 (t' - t'')^2 u^2(n))^{1/2} ,$$

unde

$u(t'') = U_e/2$, U_e fiind incertitudinea extinsă dată în certificatul de etalonare al termometrului auxiliar;

$u(n)$ este incertitudinea asociată estimării numărului de grade Celsius corespunzător coloanei de lichid până la valoarea temperaturii la care se face etalonarea termometrului.

Întocmit,

Sonia GAITA
Coordonator comparație
6 mai 2004