

**REZULTATI MJERENJA VREMENSKIH PROMJENA I
PROSTORNIH RAZLIKA TEMPERATURE U MJERNOM PROSTORU**

**THE MEASURING RESULTS OF TEMPERATURE'S TIME CHANGES
AND SPACE DIFFERENCES IN MEASURING SPACE**

**Edhem Seferović, red.prof. dr.
Mašinski fakultet Sarajevo**

**Daut Denjo, mr
Mašinski fakultet Mostar**

Ključne riječi: metrologija, mjerni prostor, temperatura

REZIME

U ovom radu su prikazani metod i rezultati mjerenja vremenskih promjena i prostornih razlika temperature u laboratoriju za proizvodnu mjernu tehniku Mašinskog fakulteta u Sarajevu.

Key words: metrology, measuring space, temperature

ABSTRACT

The method and measuring results of temperature's time changes and space differences in laboratory for production's measuring technique of Faculty of Mechanical Engineering in Sarajevo are presented in this paper.

1. UVOD

Na tačnost mjerenja utiče niz faktora. Jedan od značajnijih faktora je uticaj okoline u kojoj se vrši mjerenje. Sa aspekta okoline dominantan uticaj u tehnici mjerenja dužina ima ponašanje temperature u mjernom prostoru, koje ima za posljedicu promjenu geometrije kako objekta mjerenja tako i mjernog uređaja. Pošto je Laboratorij za proizvodnu mjernu tehniku Mašinskog fakulteta u Sarajevu u statusu ovlaštene laboratorije, u toku su određena istraživanja ponašanja temperature u mjernom prostoru.

2. OPIS PROBLEMA

Temperatura u mjernom prostoru nije konstantna tokom vremena i prostora, i različita je na pojedinim mjestima prostora. Mjenja se prelazom toplote između medija sa različitim temperaturama. Sva tri oblika prelaza toplote su od posebnog značaja na termičke uticaje u mjernom prostoru, a time i na objekte mjerenja, mjerne uređaje i rezultate mjerenja. Ponašanje temperature u prostoru uslovljeno je samom gradnjom prostora, tehničkim uređajima uključujući i rasvjetu, a i od samg osoblja. Opisuje se:

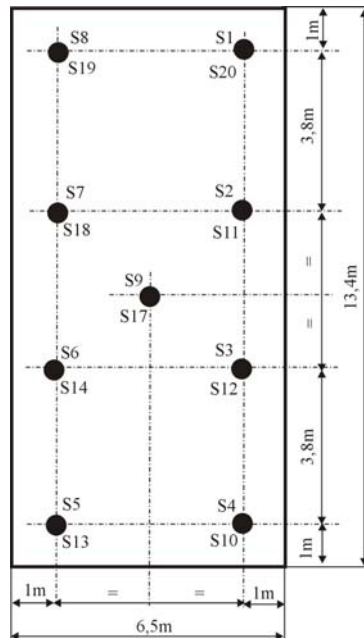
- vremenskim promjenama temperature i
- prostornim razlikama temperature

Vremenske promjene temperature se opisuju kratkim periodičnim promjenama (15 min, 1h, 4h) i dugim periodičnim promjenama (12h, 24h, 7dana) oko srednje temperature, dok se prostorne razlike temperature opisuju raspodjelom temperature u volumenu mjernog prostora.

3. METODOLOGIJA MJERENJA VREMENSKIH PROMJENA I PROSTORNIH RAZLIKA TEMPERATURE

Dimenzije mjernog prostora su 13,4 x 6,5 x 3,45 m, odnosno volumen 300,495 m³. Mjerenje vremenskih promjena i prostornih razlika temperature u takvom mjernom prostoru vršeno je sa 16 senzora raspoređenih u dvije ravni i povezanih na računar. Vremenski interval praćenja temperature je bio 15 min, a samo praćenje se izvodilo 7 dana u vremenskom periodu od 14.04 do 21.04.2005 god.

Senzori su postavljeni na udaljenosti 1 m od zidova prostora, donja ravan senzora je bila udaljena 0,20 m od poda, dok gornja ravan senzora 1,50 m od poda (slika 1).



Slika 1. Raspored senzora u mjernom prostoru.

4. REZULTATI MJERENJA

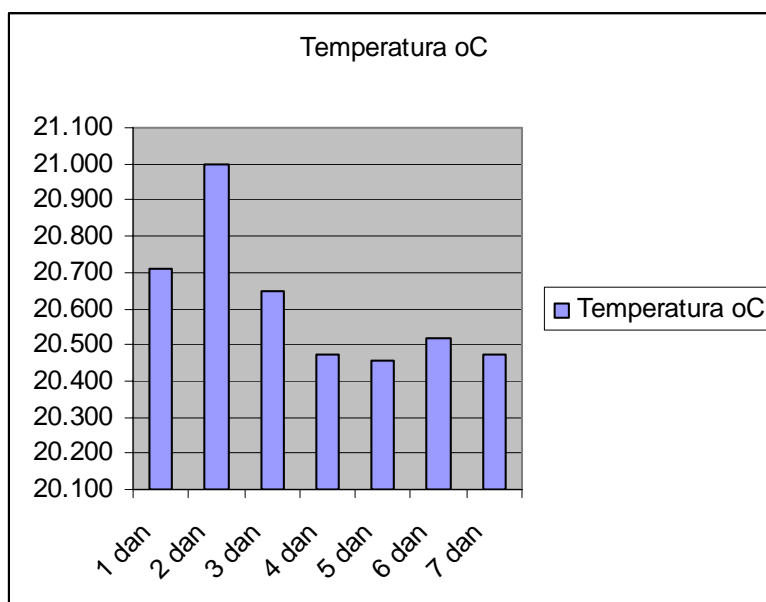
Obrađeno je 11000 podataka, i rezultati mjerenja vremenskih promjena i prostornih razlika temperature su prikazani u tabelama 1 - 14.

Tabela 1. Maksimalne i minimalne vrijednosti temperature u mjernom prostoru po danima.

	1 dan	2 dan	3 dan	4 dan	5 dan	6 dan	7 dan
T_{\max} °C	22.98	23.35	23.32	23.55	22.94	23.07	23.12
T_{\min} °C	19.59	19.71	19.45	18.98	19.02	18.78	19.35

Tabela 2. Srednje vrijednosti temperature sa pridruženim nesigurnostima u mjernom prostoru po danima sa statističkom sigurnosti 99,73%.

	Temperatura °C
1 dan	20.708 ± 0.05
2 dan	21.000 ± 0.05
3 dan	20.647 ± 0.05
4 dan	20.474 ± 0.05
5 dan	20.456 ± 0.04
6 dan	20.517 ± 0.04
7 dan	20.472 ± 0.04



Slika 2. Srednje vrijednosti temperatura u mjernom prostoru po danima

Tabela 3. Maksimalne i minimalne vremenske promjene temperature u mjernom prostoru za vrijeme 1 h po danima.

	1 dan	2 dan	3 dan	4 dan	5 dan	6 dan	7 dan
Max.	2.51	2.55	2.50	3.49	2.69	2.98	3.01
Min.	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01

Tabela 4. Maksimalne i minimalne vremenske promjene temperature u mjernom prostoru za vrijeme 4 h po danima.

	1 dan	2 dan	3 dan	4 dan	5 dan	6 dan	7 dan
Max.	3.37	2.93	3.72	4.31	2.98	3.16	3.77
Min.	0.35	0.16	0.13	0.31	0.11	0.21	0.1

Tabela 5. Maksimalne i minimalne vremenske promjene temperature u mjernom prostoru za vrijeme 12 h po danima.

	1 dan	2 dan	3 dan	4 dan	5 dan	6 dan	7 dan
Max.	3.37	2.91	3.72	3.57	3.30	4.29	3.77
Min.	0.6	0.69	0.52	0.76	0.33	0.4	0.65

Tabela 6. Maksimalne i minimalne vremenske promjene temperature u mjernom prostoru za vrijeme 24 h po danima.

	1 dan	2 dan	3 dan	4 dan	5 dan	6 dan	7 dan
Max.	3.39	3.64	3.87	4.57	3.92	4.29	3.77
Min.	0.68	1.02	0.62	0.89	0.64	0.53	0.75

Tabela 7. Maksimalne i minimalne prostorne razlike temperature u mjernom prostoru za vrijeme 1 h po danima (gornja ravan senzora)..

	1 dan	2 dan	3 dan	4 dan	5 dan	6 dan	7 dan
Max.	2.99	3.20	3.20	3.52	3.32	3.24	3.59
Min.	0.87	0.87	1.03	0.67	0.88	0.80	0.98

Tabela 8. Maksimalne i minimalne prostorne razlike temperature u mjernom prostoru za vrijeme 1 h po danima (donja ravan senzora).

	1 dan	2 dan	3 dan	4 dan	5 dan	6 dan	7 dan
Max.	3.21	2.76	2.74	2.89	2.54	2.66	2.59
Min.	0.61	0.47	0.56	0.49	0.44	0.46	0.34

Tabela 9. Maksimalne i minimalne prostorne razlike temperature u mjernom prostoru za vrijeme 4 h po danima (gornja ravan senzora).

	1 dan	2 dan	3 dan	4 dan	5 dan	6 dan	7 dan
Max.	3.37	3.20	3.72	4.31	3.39	3.32	3.77
Min.	1.98	1.57	1.72	2.92	1.50	2.18	1.95

Tabela 10. Maksimalne i minimalne prostorne razlike temperature u mjernom prostoru za vrijeme 4 h po danima (donja ravan senzora).

	1 dan	2 dan	3 dan	4 dan	5 dan	6 dan	7 dan
Max.	3.21	3.02	2.76	2.98	2.68	2.64	2.80
Min.	1.26	0.81	1.06	1.12	0.91	0.96	0.81

Tabela 11. Maksimalne prostorne razlike temperature u mjernom prostoru za vrijeme 12 h po danima (gornja ravan senzora).

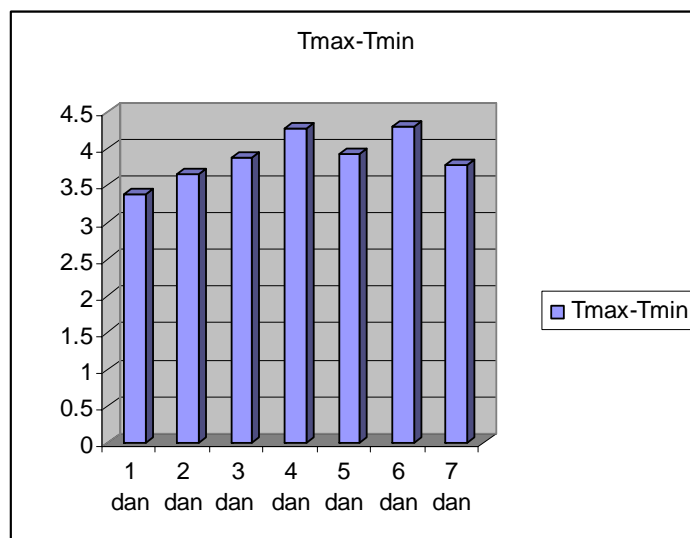
	1 dan	2 dan	3 dan	4 dan	5 dan	6 dan	7 dan
9 – 21h	2.94	3.22	3.32	3.24	2.98	4.29	3.03
21 – 9h	3.37	3.20	3.72	4.32	3.39	3.32	3.77

Tabela 12. Maksimalne i minimalne prostorne razlike temperature u mjernom prostoru za vrijeme 12 h po danima (donja ravan senzora).

	1 dan	2 dan	3 dan	4 dan	5 dan	6 dan	7 dan
9 – 21h	3.23	2.05	2.86	2.73	1.24	1.47	1.66
21 – 9h	3.03	3.02	2.77	2.98	2.69	2.71	2.82

Tabela 13. Prostorne razlike temperature u mjernom prostoru za vrijeme 24 h po danima (gornja ravan senzora).

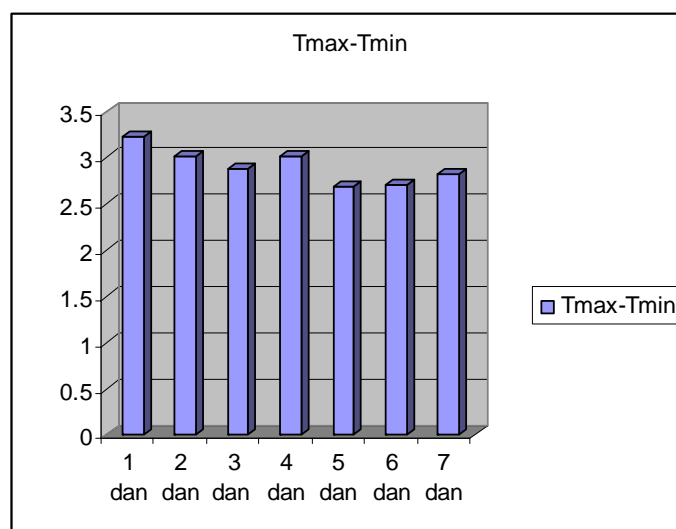
	1 dan	2 dan	3 dan	4 dan	5 dan	6 dan	7 dan
$T_{\max}-T_{\min}$	3.37	3.64	3.87	4.27	3.92	4.29	3.77



Slika 3. Dijagramski prikaz prostornih razlika temperature u mjernom prostoru za vrijeme 24 h po danima (gornja ravan senzora).

Tabela 14. Prostorne razlike temperature u mjernom prostoru za vrijeme 24 h po danima (donja ravan senzora).

	1 dan	2 dan	3 dan	4 dan	5 dan	6 dan	7 dan
$T_{\max}-T_{\min}$	3.23	3.02	2.87	3.01	2.69	2.71	2.82



Slika 4. Dijagramski prikaz prostornih razlika temperature u mjernom prostoru za vrijeme 24 h po danima (donja ravan senzora).

5. ANALIZA REZULTATA MJERENJA

Mjerenja ponašanja temperature u mjernom prostoru su rađena u uslovima u kojima su se vanjske temperature zraka kretale u intervalu 3,4 – 20,6 °C. Analizom rezultata je uočena sistematska greška, direktno opstrujavanje zrakom dva senzora u gornjoj ravni (senzori 1 i 8), što je imalo značajnog uticaja na ovako velike vremenske promjene i prostorne razlike temperature u mjernom prostoru. Otklanjanjem sistematske greške i ponovnim mjerenjem očekujemo mnogo povoljnije ponašanje temperature u mjernom prostoru.

Pored mjerenja ponašanja temperature, mjerene su i vremenske promjene relativne vlažnosti zraka u mjernom prostoru, a kretale su se u granicama 42 – 49,5 %.

6. ZAKLJUČAK

Prema smjernicama VDI 2627 definisano je na osnovu zadataka mjerenja i dozvoljene mjerne nesigurnosti šest klasa kvaliteta mjernih prostora. Za svaku klasu kvaliteta mjernih prostora date su i dozvoljene vrijednosti uticajnih veličina (temperatura, vlažnost, vibracije, brzina strujanja zraka i čistoća zraka). Zbog toga i ova istraživanja imaju za cilj utvđivanje vrijednosti uticajnih veličina i određivanje klase kvaliteta mjernog prostora.

Radi dobijanja što realnije slike ponašanja temperature u mjernom prostoru, mjerenja će se raditi i u uslovima ekstremno niskih vanjskih temperatura. Također dalja istraživanja će obuhvatiti i mjerenja vibracija u mjernom prostoru.

7. REFERENCE

- [1] Lindenlauf F.: Charakterisierung und Planung von Messräumen – Eine Übersicht über die Richtlinie VDI/VDE 2627, VDI – Berichte 1727, VDI Verlag, Düsseldorf, 2002.
- [2] Neumann H. und 15 Mitautoren: Kordinatenmesstechnik – neue Aspekte und Anwendungen, allgemeine und physikalische Grundlagen, neue Tehnologien, Messunsicherheit, Einsatzerfahrungen, Auswahlkriterien, Exspert Verlag, Ehningen bei Böblingen, 1993.
- [3] Neumann H. und 16 Mitatoren: Präzisionsmesstechnik in der Fertigung mit Kordinatenmessgeräten, Exspert Verlag, Renningen, 2004.
- [4] Hüttinger W: Internationale Aspekte der Auslegung von Messräumen, VDI/VDE – Gesellschaft Mess – und Regelungstechnik, GMR – Beicht 10, Stuttgart, 1986.