



Naročilnica št. 79-2022

**Meritve temperaturne učinkovitosti decentralne prezračevalne
naprave LUNOS e²**

Končno poročilo: COBIS.SI-ID=102289667

NAROČNIK: E-NETSI d. o. o.
Šmartinska 58
1000 Ljubljana

IZVAJALEC: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
Laboratorij za ogrevalno, sanitarno in solarno tehniko ter
klimatizacijo

Izr. prof. dr. Uroš Stritih,
Vodja laboratorija za ogrevalno,
sanitarno in solarno tehniko ter
klimatizacijo

Prof. dr. Mihael Sekavčnik,
dekan

Ljubljana, marec 2022

Štev. naročilnice: 79-2022

Poročilo št.: 1301-2-22-US

Meritve temperaturne učinkovitosti decentralne prezračevalne naprave LUNOS e²

Vsebina:

1. Opis in delovanje naprave
2. Meritve temperaturne učinkovitosti
 - 2.1. Uporabljena merilna oprema
 - 2.2. Postopek preizkušanja
3. Rezultati
4. Zaključki

Sodelujoči:

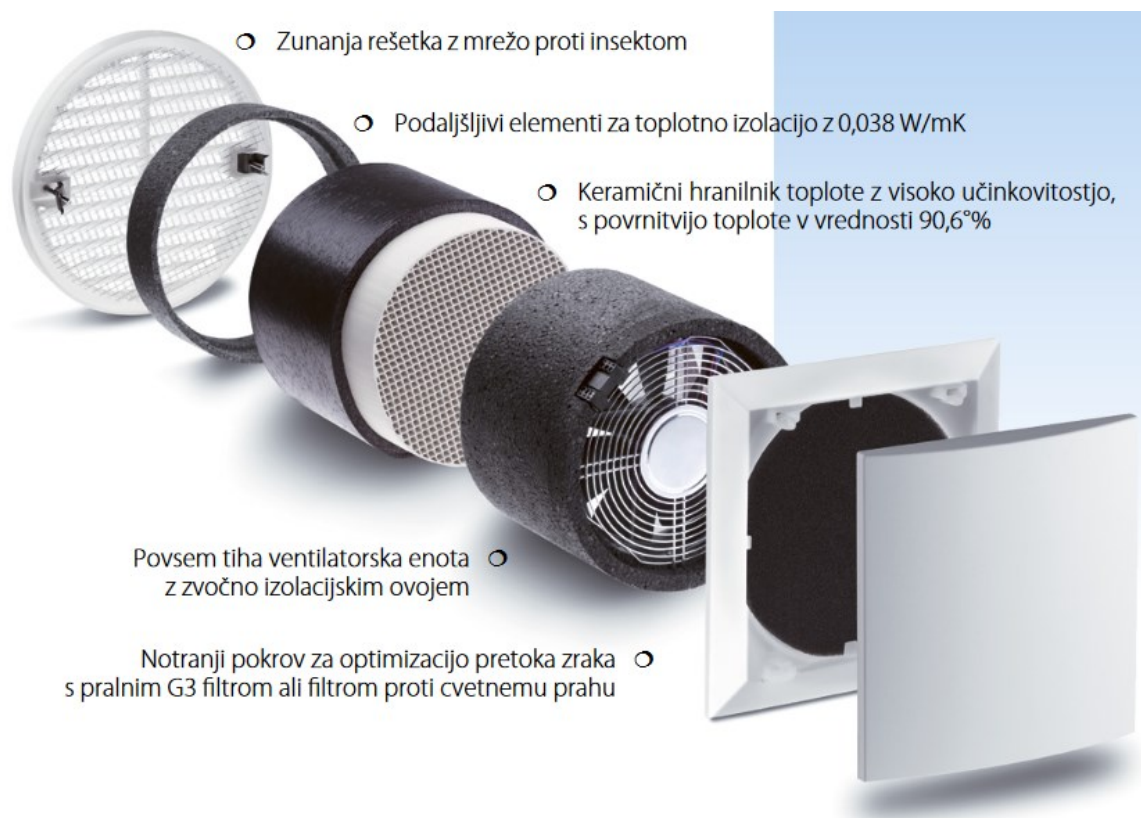
mag. Urška Mlakar, dipl. inž. str.
izr. prof. dr. Matjaž Prek
izr. prof. dr. Uroš Stritih

Poročilo obsega 14 strani

Ljubljana, marec 2022

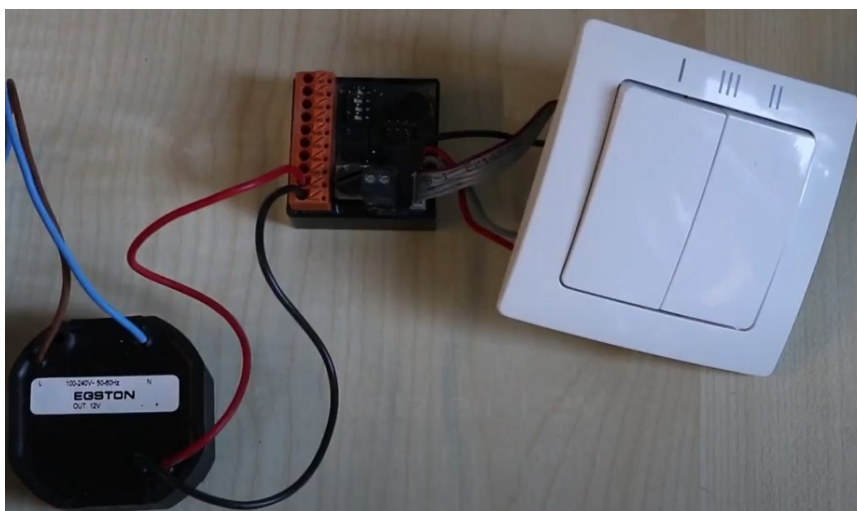
1. Opis in delovanje naprave

Lunos e^2 je decentralna prezračevalna enota, ki je sestavljena iz keramičnega hranilnika toplote, ventilatorske enote, zunanje rešetke, notranjega pokrova s pralnim G3 filtrom in vsemi potrebnimi elektronskimi deli za pravilno vezavo.



Slika 1: Sestavni deli rekuperatorja

Med potrebne elektronske dele spadajo transformator, ki pretvori napetost iz 220V na potrebnih 12V, kontrolna enota, ki poveže stikalo in elektromotor z napetostjo ter med njima pošilja podatke ter stikalo, ki uravnava hitrost vrtenja ventilatorja.



Slika 2: Od leve proti desni: transformator, kontrolna enota, stikalo

Deluje tako, da izrabljen topel zrak iz prostora potuje skozi notranji pokrov in hranilnik toplote, kjer se napolni s toplotno energijo, vgrajeni ventilator pa spremeni smer vrtenja. Svež zrak potuje skozi hranilnik toplote pri čemer se nanj prenese prej shranjena energija. Tako se svež segret in filtriran zrak dovaja v prostor.

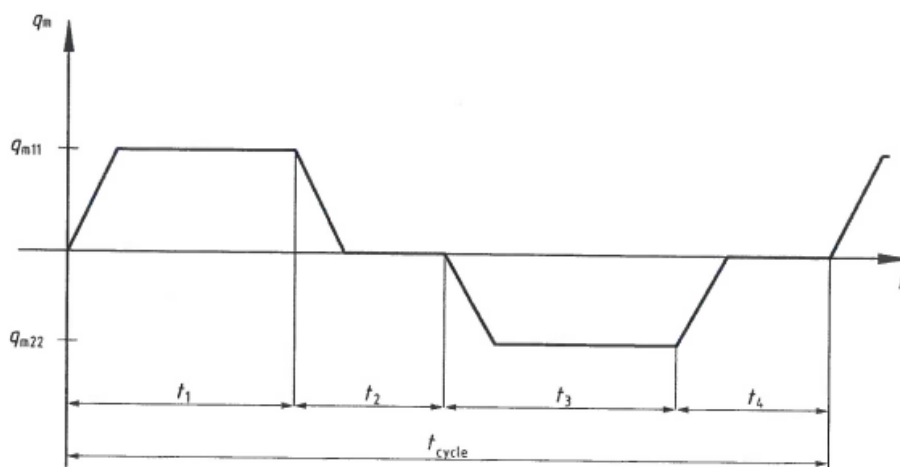
Ima tri različne hitrosti ventilatorja. Različne hitrosti se nastavi s stikalom z dvema tipkama, s katerima lahko napravo ugasnem ali jo nastavimo na I, II ali III stopnjo, kjer je I stopnja najpočasnejša III pa najhitrejša. Lunos e^2 deluje zelo tiho, kar je posledica visoko učinkovitega elektromotorja in posebej izboljšanega ventilatorja. S preračunano porabo 0,08 W/m³/h je okolju zelo prijazen. Prav tako je pomemben filter, saj preprečuje vstop cvetnega prahu in prašnih delcev.

Volumski pretok [m ³ /h]	Raba električne energije [W]	Glasnost [dB]
17	1,4	16,5
32	2,8	19,5
38	3,3	26

Produktdatenblatt / Product data sheet (gem. VO 1254/2014 EU vom 11. Juli 2014)					
Beschreibung / Description			Werte / Data		
a	Lieferant / Supplier's name		LUNOS Lüftungstechnik GmbH		
b	Modellkennung / Supplier's model identifier		e²		
c	SEC-Klasse / Spezifischer Energieverbrauch, SEC class / Specific energy consumption [kWh/m²a]	kalt / cold			-88,336
		durchschnittlich / average	A+		-44,088
		warm / warm			-18,740
d	Lüftungstyp / Typology		BVU		
e	Art des Antriebes / Type of drive installed		2		
f	Art Wärmerückgewinnungssystem / Type of heat recovery system		Regenerativ		
g	Temperaturänderungsgrad η_t / Thermal efficiency of heat recovery [%]		0,88		
h	Höchster Luftvolumenstrom / Maximum flow rate [m³/h]		34		
i	Elektrische Eingangsleistung (inkl. Regelung) / Electric power input [W]		11,00		
j	Schalleistungspegel L_{wa} / Sound power level [dB(A)]		40		
k	Bezugsluftvolumenstrom / Reference flow rate [m³/s]		0,006667		
l	Bezugsdruckdifferenz / Reference pressure difference [Pa]		0		
m	SEL / SPI [W/m³/h]		0,15		
n	Steuerungsfaktor / Control factor		0,65		
o	Innere und äußere Übertragung / Internal and external leakage rate [%]		0,00		
p	Mischquote / Mixing rate [%]		0,00		
q	Lage und Beschreibung der Filterwechselanzeige / Position of visual filter warning Bitte wechseln / reinigen Sie den Filter regelmäßig, um die Geräteeigenschaften zu erhalten / Please clean or replace the filter continuously to preserve the device properties.		Steuerung (optische Anzeige) Control (visual display)		
r	Anweisungen zu regelbaren Zu- und Abluftgittern an der Fassade (nur Ein-Richtungs-LG) / Regulated supply and exhaust grills in the facade		-		
s	Internetadresse / Internet address		www.lunos.de		
t	Druckschwankungsempfindlichkeit / Airflow sensitivity [%]		50		
u	Luftdichtheit innen und außen / indoor and outdoor air tightness [m³/h]		3,9		
v	Jährlicher Stromverbrauch / Annual electricity consumption [kWh/(m²a)]		0,87		
w	Jährliche Einsparung Heizenergie / Annual heating saved [kWh/(m²a)]	kalt / cold			79,41
		durchschnittlich / average			40,60
		warm / warm			18,36

Slika 3: Podatki proizvajalca

Rekuperator deluje ciklično, kar pomeni da ima določene faze, ki se zaporedno ponavljajo. V našem primeru je cikel sestavljen iz 4. faz. V prvi fazi se ventilator vrti in vpihuje zrak v prostor, v drugi fazi ventilator miruje, v tretji fazi se vrti in odvaja zrak iz prostora in v četrti fazi zopet miruje.



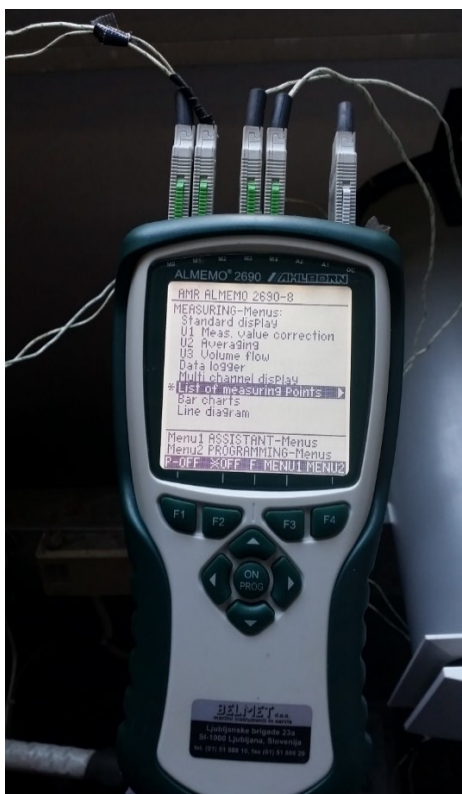
Slika 4: Pretok v enem ciklu

2. Meritve temperaturne učinkovitosti

Meritve so bile izvedene v Laboratoriju za ogrevalno, sanitarno in solarno tehniko ter klimatizacijo – LOSK na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani. Pri opravljanju meritev je bil rekuperator vgrajen v kletnih prostorih 70 cm nad tlemi. Za merjenje in računanje sta bila uporabljena standarda EN 13141-8:2017 in EN 308.

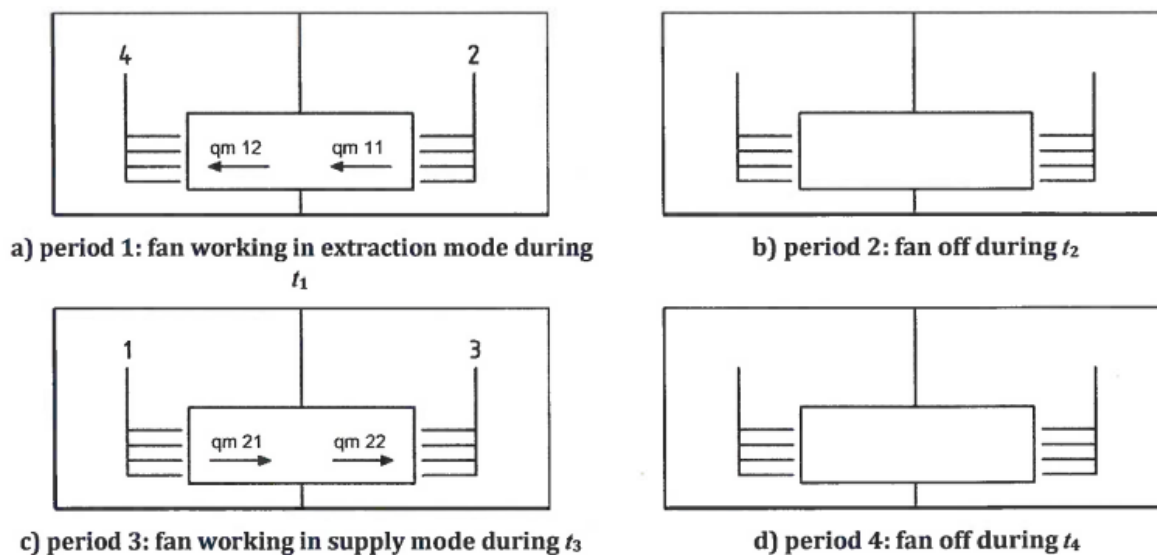
2.1 Uporabljena merilna oprema

Vsa merilna oprema je bila iz laboratorija LOSK. Za merjenje temperatur je bil uporabljen merilni instrument Ahlborn-ov data logger ALMEMO 2690-8, na katerega so bili povezani termopari tipa K (NiCr-Ni).



Slika 5: Merilnik ALMEMO 2690-8 med merjenjem

2.2 Postopek preizkušanja



Slika 6: Opis faz enega cikla

Po uspešni montaži so bili nameščeni termopari. Dva termopara sta bila postavljena v cevi na zunanjo stran hranilnika toplote (slika 7), druga dva pa v cevi na notranji strani (slika 8).



Slika 7: Merilno mesto na notranji strani



Slika 8: Merilno mesto na zunanji strani

Merilni instrument je beležil podatke vsake 0,7 sekund celotna meritev je trajala 90 minut, torej 30 minut pri vsaki stopnji. Meritve so se opravljale pri različnih zunanjih temperaturah. Za prenos podatkov iz merilnega instrumenta na računalnik je bil uporabljen Ahlbornov program AMR Control, iz katerega so bili podatki preneseni v Excel, kjer so bili analizirani.

3. REZULTATI

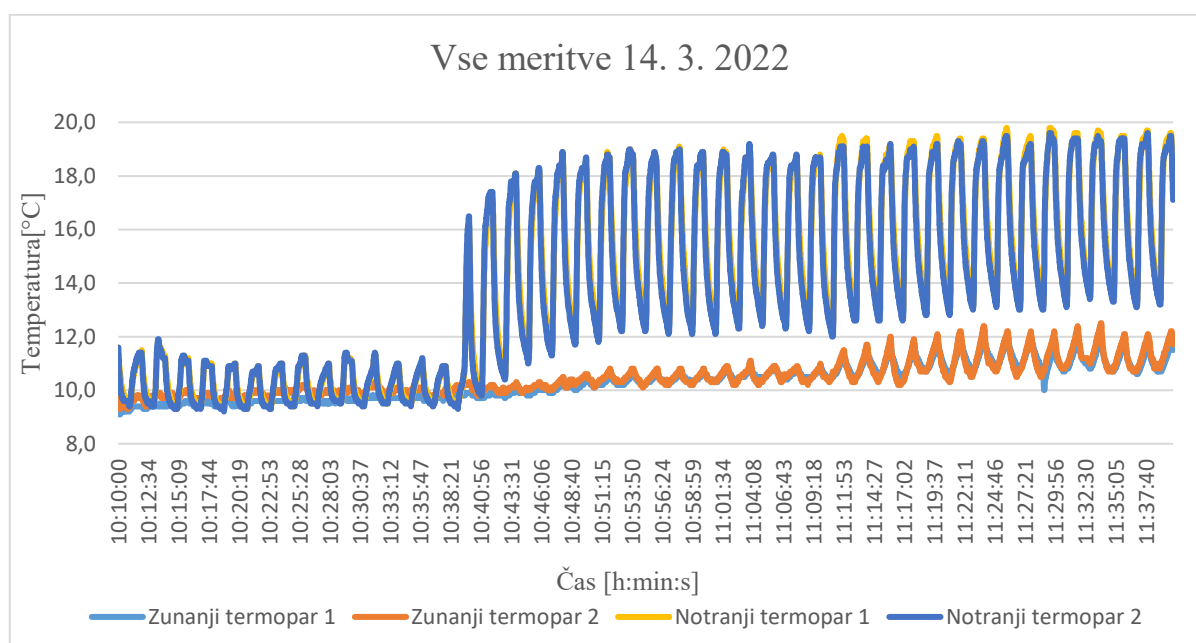
Tabela 1: Oznake in pomen posameznih členov enačbe za izračun temperaturne učinkovitosti

Oznaka	Pomen oznake
θ_{11}	Notranja temperatura izstopnega zraka
θ_{21}	Zunanja temperatura
θ_{22}	Notranja temperatura vstopnega zraka

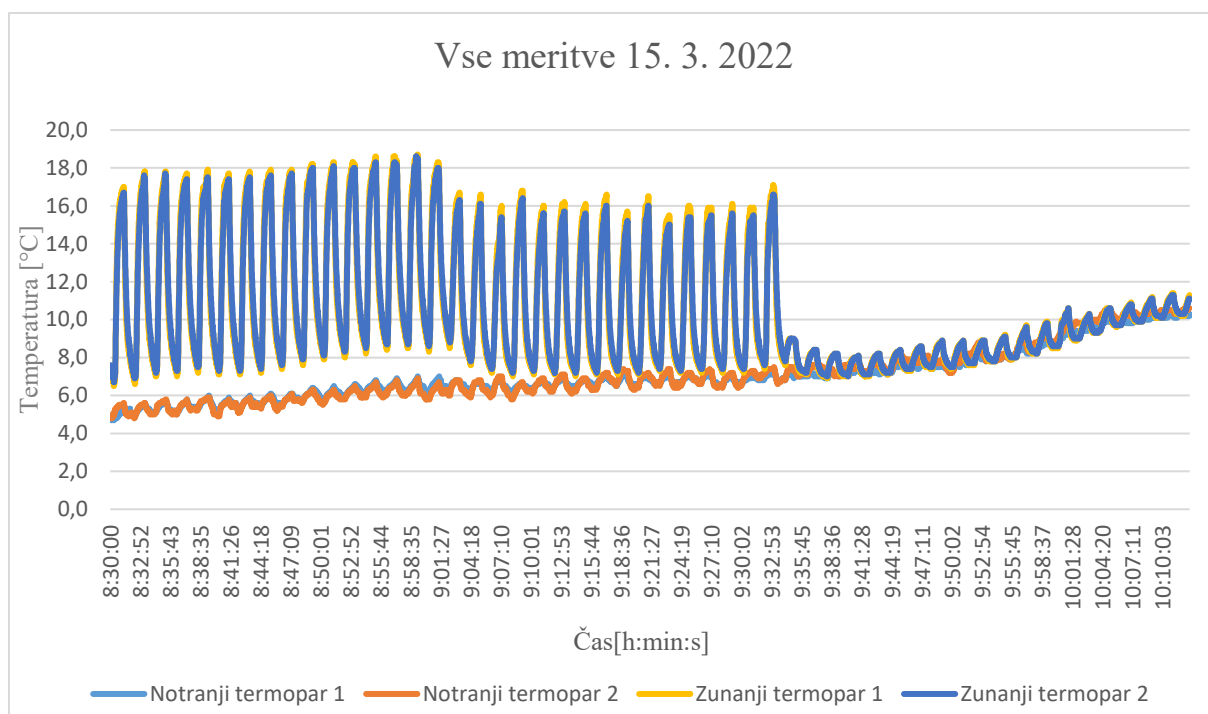
Temperatura θ_{22} je srednja vrednost meritev v fazi dovajanja zraka.

Temperaturno učinkovitost dobimo po naslednji enačbi:

$$\eta_{\theta, su} = \frac{\theta_{22} - \theta_{21}}{\theta_{11} - \theta_{21}}$$



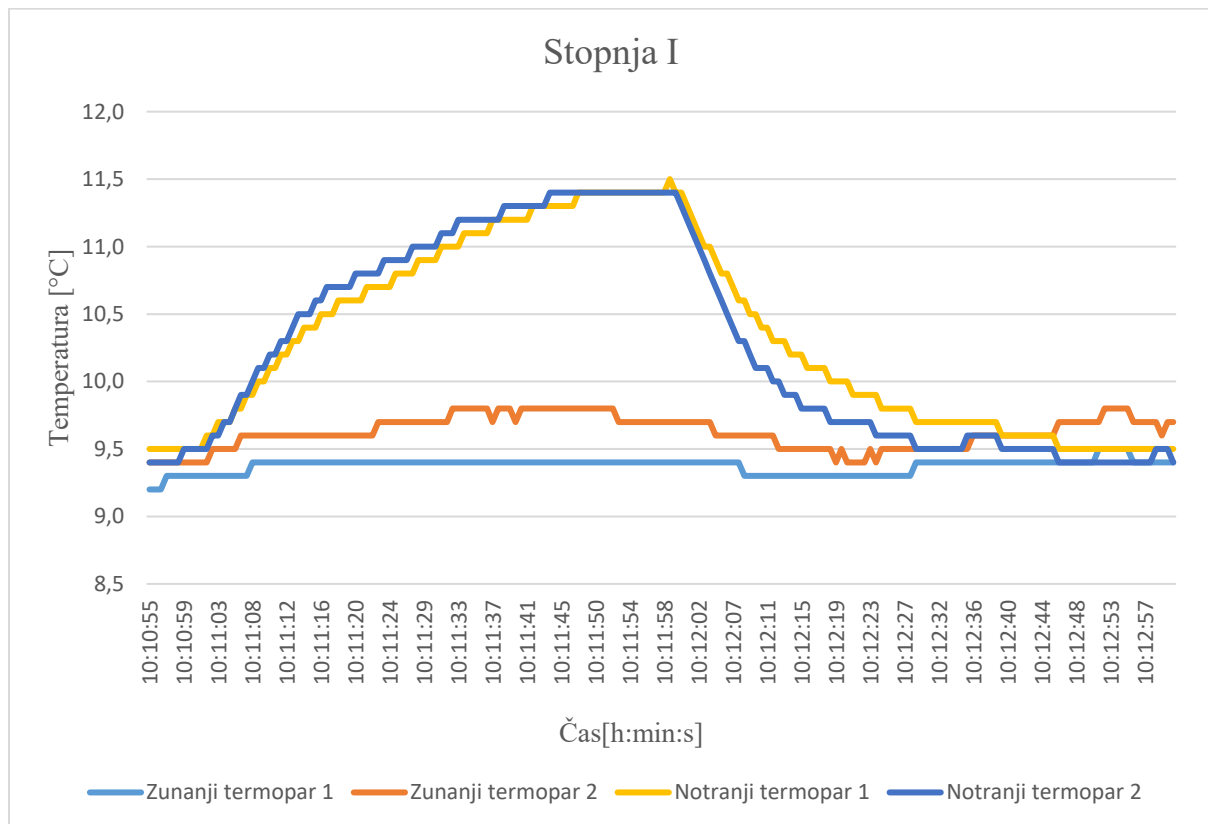
Slika 9: Prikaz rezultatov meritev z dne 14. 3. 2022



Slika 10: Prikaz rezultatov meritev z dne 15. 3. 2022

3.1 Stopnja I

- Rezultati meritev pri zunanji temperaturi 9 °C

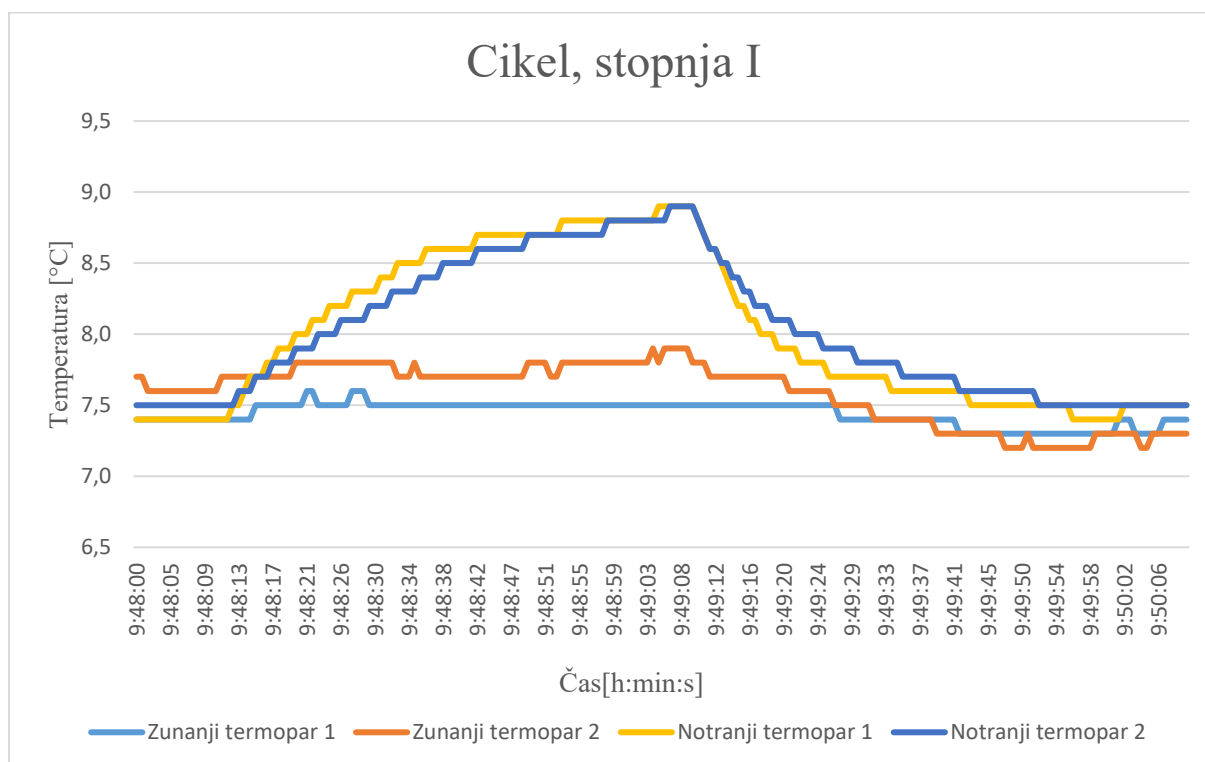


Slika 11: Rezultati meritev za stopnjo delovanja I pri 9 °C

Oznaka	Temperatura [°C]
θ_{11}	$11,4 \pm 0,4$
θ_{21}	$9,5 \pm 0,4$
θ_{22}	$9,9 \pm 0,4$

$$\eta_{\theta, su, I} = \frac{9,9 - 9,5}{11,4 - 9,5} \cdot 100 \% = 21 \% \pm 6 \%$$

- Rezultati meritev pri zunanji temperaturi 7 °C



Slika 12: Rezultati meritev za stopnjo delovanja I pri 7 °C

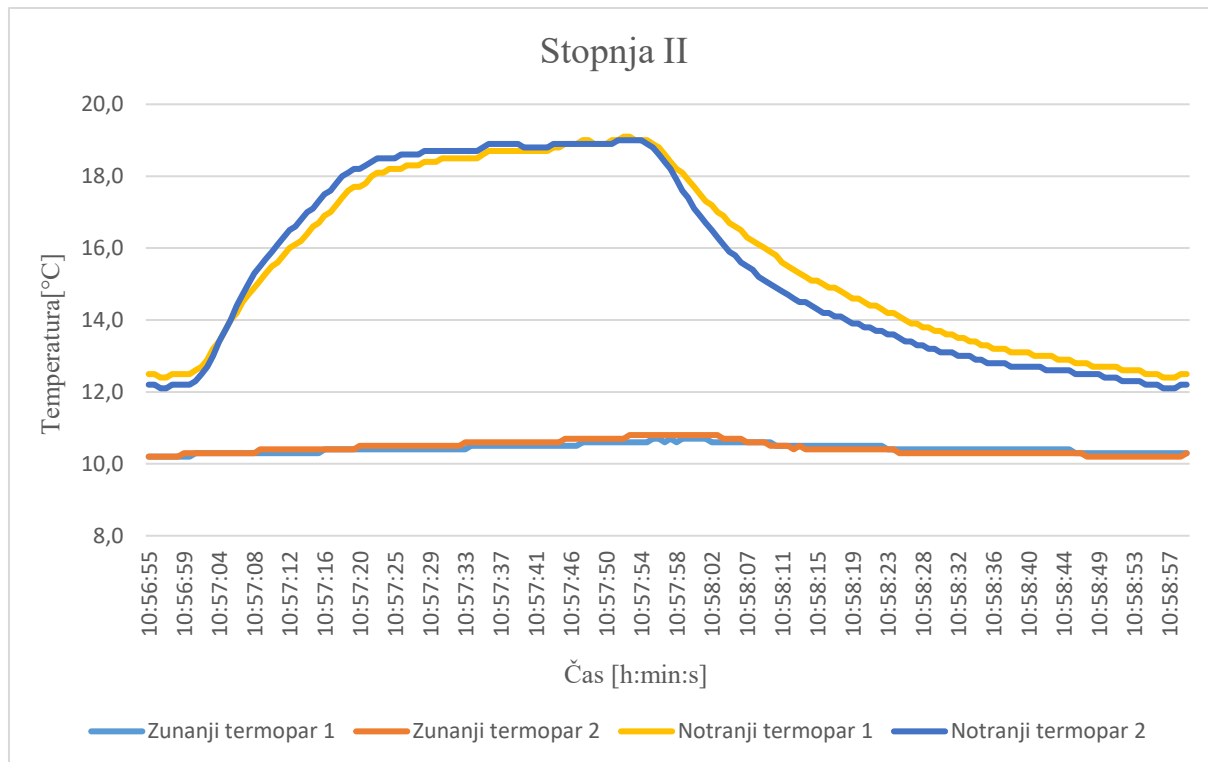
Oznaka	Temperatura [°C]
θ_{11}	$8,9 \pm 0,4$
θ_{21}	$7,4 \pm 0,4$
θ_{22}	$7,8 \pm 0,4$

$$\eta_{\theta, su, I} = \frac{7,8 - 7,4}{8,9 - 7,4} \cdot 100 \% = 27 \% \pm 8 \%$$

Pri merjenju temperature pri najnižjem pretoku zraka so temperaturne razlike tako majhne, da je izračunana vrednost netočna in v prvem primeru tudi nerealna.

3.2 Stopnja II

- Rezultati meritev pri zunanji temperaturi 10 °C

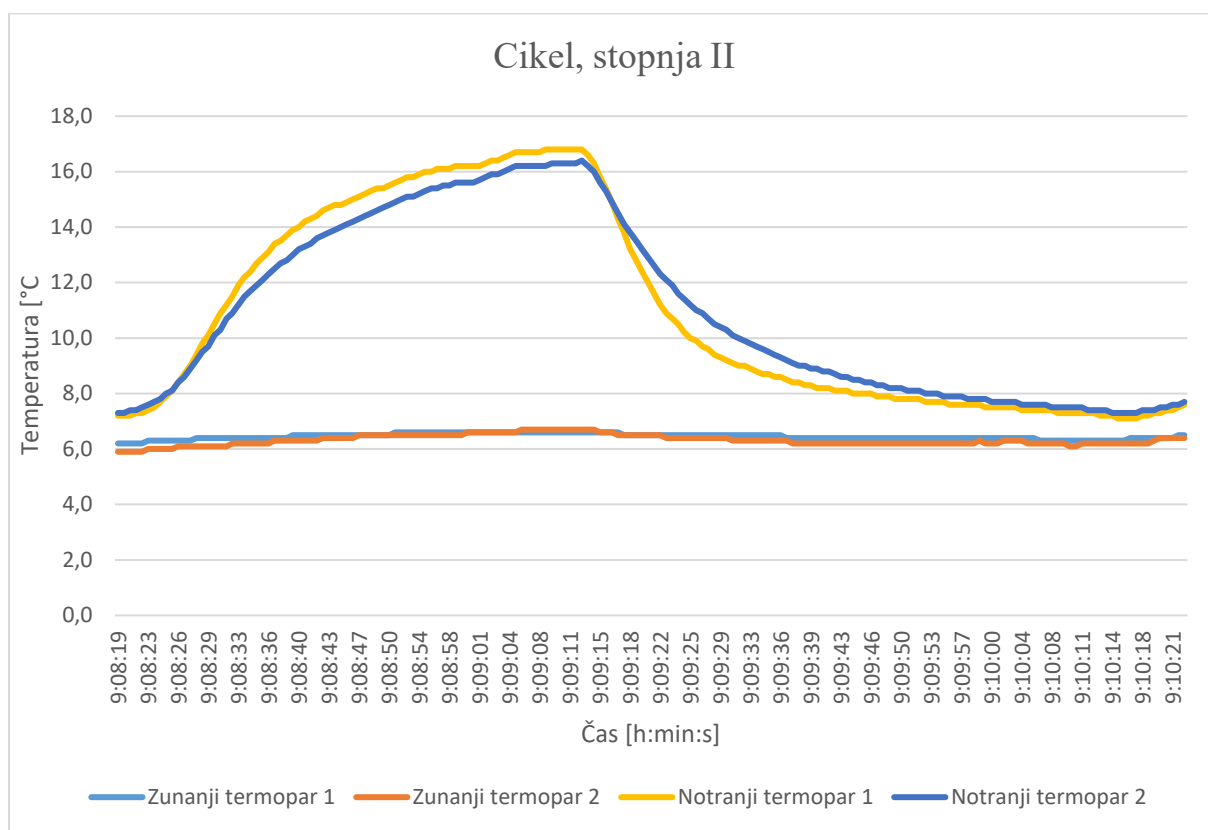


Slika 13: Rezultati meritev za stopnjo delovanja II pri 10 °C

Oznaka	Temperatura [°C]
θ_{11}	19,0 ± 0,4
θ_{21}	10,2 ± 0,4
θ_{22}	13,8 ± 0,4

$$\eta_{\theta, su, II} = \frac{13,8 - 10,2}{19 - 10,2} \cdot 100 \% = 41 \% \pm 6 \%$$

- Rezultati meritev pri zunanji temperaturi 6 °C



Slika 14: Rezultati meritev za stopnjo delovanja II pri 6 °C

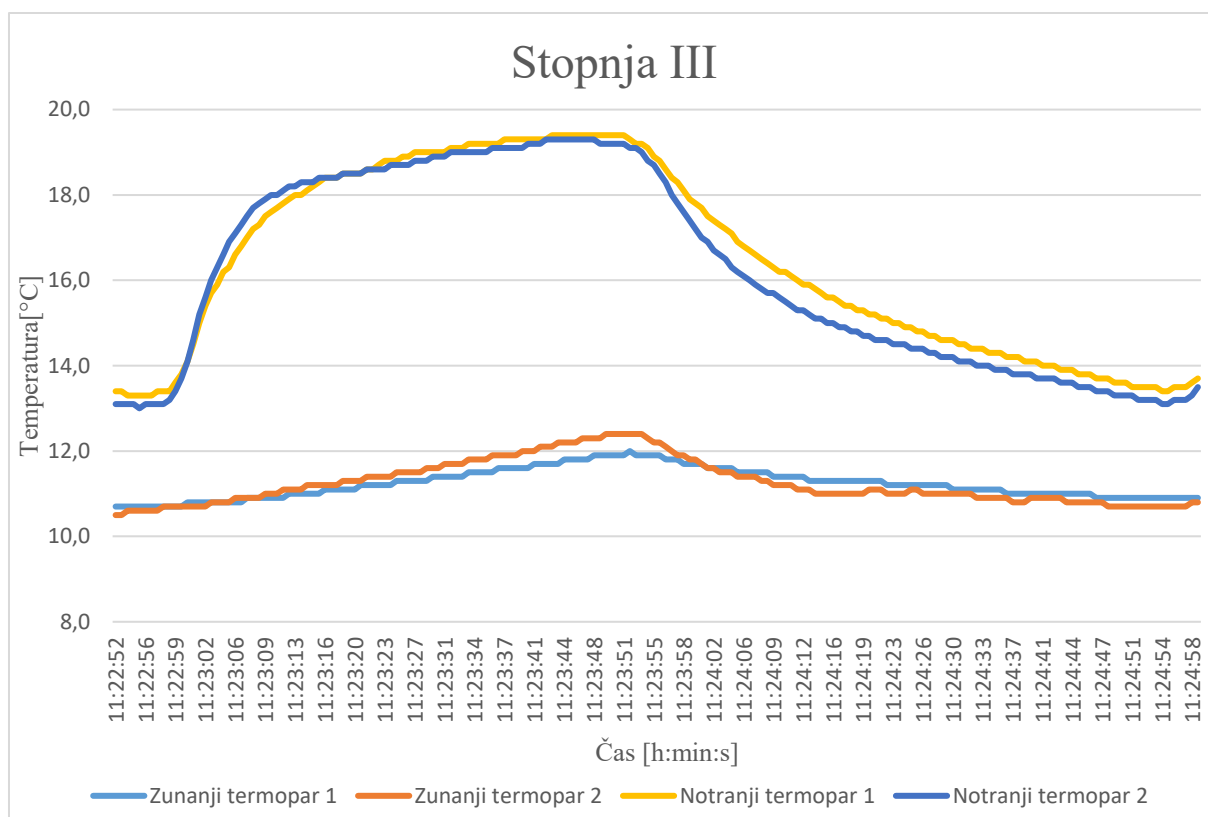
Oznaka	Temperatura [°C]
θ_{11}	$16,5 \pm 0,4$
θ_{21}	$6,1 \pm 0,4$
θ_{22}	$9,2 \pm 0,4$

$$\eta_{\theta, su, II} = \frac{9,2 - 6,1}{16,5 - 6,1} \cdot 100 \% = 30 \% \pm 10 \%$$

Za drugo stopnjo delovanja je razvidno, da je temperaturno razmerje večje.

3.3 Stopnja III

- Rezultati meritev pri zunanji temperaturi 10 °C

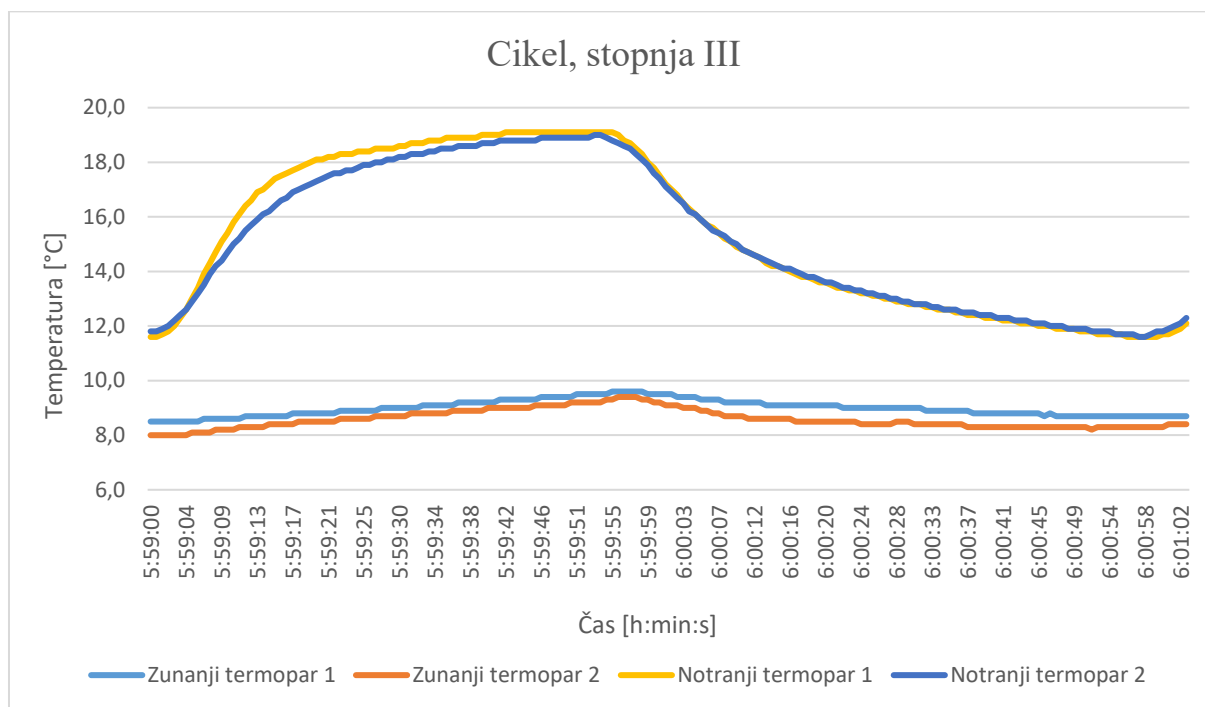


Slika 15: Rezultati meritev za stopnjo delovanja III pri 10 °C

Oznaka	Temperatura [°C]
θ_{11}	$19,3 \pm 0,4$
θ_{21}	$10,7 \pm 0,4$
θ_{22}	$15,1 \pm 0,4$

$$\eta_{\theta, su, III} = \frac{15,1 - 10,7}{19,3 - 10,7} \cdot 100 \% = 51 \% \pm 7 \%$$

- Rezultati meritev pri zunanji temperaturi 8 °C



Slika 16 - Rezultati meritev za stopnjo delovanja III pri 8 °C

Oznaka	Temperatura [°C]
θ_{11}	$19,0 \pm 0,4$
θ_{21}	$8,5 \pm 0,4$
θ_{22}	$13,6 \pm 0,4$

$$\eta_{\theta, su, III} = \frac{13,6 - 8,5}{19 - 8,5} \cdot 100 \% = 49 \% \pm 7 \%$$

4. ZAKLJUČEK

Skupni rezultati meritev so podani v naslednji tabeli.

Tabela 2: Rezultati meritev za izračun učinkovitosti rekuperatorja

Stopnja	Povprečna učinkovitost rekuperatorja
I	25 % $\pm$ 10 %
II	34 % $\pm$ 14 %
III	50 % $\pm$ 8 %