

Maģistra darbs



EUROPAS SAVIENĪBA
Eiropas Savienības
struktūrfondi un
Kohēzijas fonds

NACIONĀLĀS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE

Gudro ēku vadības sistēmu funkcionālo iespēju pilnveidošana energoefektivitātes un termiskā komforta paaugstināšanai

Darbs izstrādāts Eiropas Reģionālās attīstības fonda projekta „Viedo
risinājumu gandrīz nulles enerģijas ēkām izstrāde optimizācija un
ilgtspējas izpēte reāla klimata apstākļos” (Nr. 1.1.1.1/16/A/192) ietvaros

Darba autors: **Kirils Solovjovs**

Darba vadītājs: Dr. Phys. **Andris Jakovičs**



Saturs

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIONĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFEKTIVITĀTES
· U N ·
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE

- ▶ Pētījuma tēma un konteksts
- ▶ Pētījuma mērķi un hipotēzes
- ▶ Ēkas sistēmas, datu savākšana un apstrāde
- ▶ Vizualizācijas un analīzes rīki
- ▶ Analīze, modeļi un algoritmi
- ▶ Kopsavilkums un rezultāti



GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIONĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFKTIVITĀTES
· U N ·
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
**FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE**

Tēma un konteksts

TĒMAS AKTUALITĀTE UN TERMINI



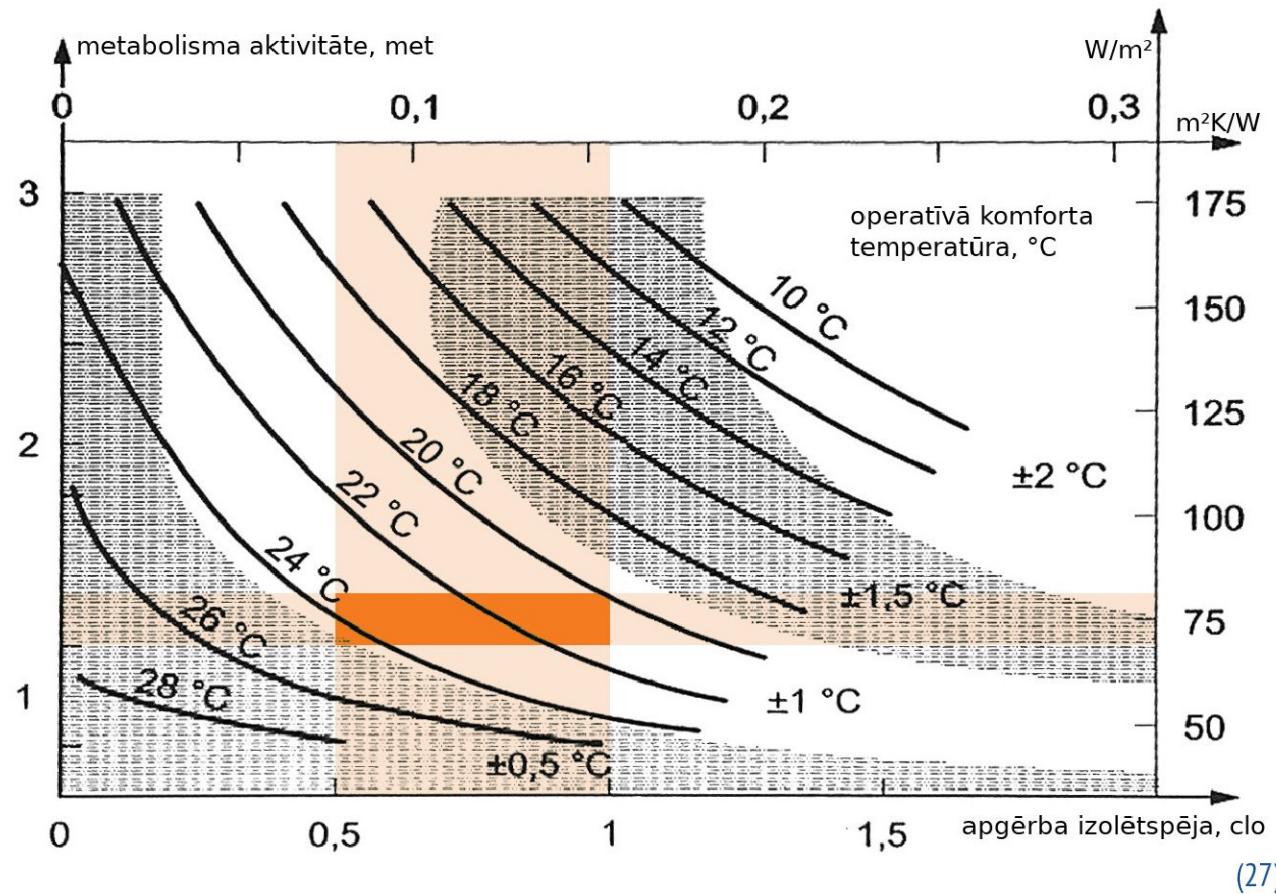
Termiskais komforts

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFKTIVITĀTES
UN
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE



Termiskais komforts

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIONĀLO
IESPĒJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFKTIVITĀTES
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
**FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE**

Telpas veids	Optimālā (pielaujamā) gaisa temperatūra T ($^{\circ}\text{C}$)	Optimālais (maksimālais) gaisa relatīvais mitrums φ (%)	Optimālais (maksimālais) gaisa kustības ātrums v (m s^{-1})
Aukstais gadalaiks			
Vannas istaba	24...26 (18...26)	nav noteikts	0,15 (0,2)
Dzīvojamā istaba	20...22 (18...24)	30-45 (65)	0,15 (0,2)
Virtuve	19...21 (18...26)	nav noteikts	0,15 (0,2)
Kāpņu telpa	16...18 (16...22)	nav noteikts	0,2 (0,3)
Siltais gadalaiks			
Dzīvojamā istaba	22...25 (20...28)	30-60 (65)	0,2 (0,3)

(10)



Ēku energoefektivitāte

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIONĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFEKTIVITĀTES
· U N ·
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE

- Direktīva par ēku energoefektivitāti
 - 2018/844 ← 2010/31/ES, 2012/27/ES
- Termiskā energoefektivitāte $E_e[\%] = \frac{Q_{ou}[J]}{Q_i[J]}$



gNEĒ un PĒ

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFKTIVITĀTES
· U N ·
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE

► Gandrīz nulles enerģijas ēkas

- mikroklimats
- zems patēriņš
- rekuperācijas sistēma 75%+
- atjaunojamā enerģija

► Pasīvās ēkas

- siltumizolējoši materiāli 0,09..0,75 W/(m²K)
 - LV klimatā 0,15..0,35 W/(m²K)
- rekuperācija



GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIONĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFEKTIVITĀTES
· U N ·
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
**FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE**

Pētījuma parametri

MĒRĶI UN HIPOTĒZES



Darba mērķi

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFKTIVITĀTES
UN
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
**FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE**



- ▶ Izstrādāt sistēmu, kas savieno nesavienotu
- ▶ Izstrādāt algoritmus gudrajai gandrīz nulles enerģijas ēkai

Nulles hipotēze

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIONĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFEKTIVITĀTES
· U N ·
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE

- Neatkarīgi no gudro ēku vadības sistēmu komponenšu daudzuma, kvalitātes un konfigurācijas, gandrīz nulles enerģijas ēkās nav iespējams sasniegt energoefektivitātes un termiskā komforta vienlaicīgu uzlabošanu.



Alternatīvā hipotēze

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIONĀLO
IESPĒJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFEKTIVITĀTES
· U N ·
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE

- ▶ Pabeidzot gudro ēku vadības sistēmu komponenšu instalāciju un konfigurāciju gandrīz nulles enerģijas ēkās, ir iespējams nodrošināt sistēmas funkcionēšanu atbilstoši tās iecerētajiem mērķiem.
 - Kvantificējami uzlabojumi gan energoefektivitātē, gan termiskajā komfortā pret ēku bez gudro ēku vadības sistēmas.



Siltuma apmaiņas proc. modelis

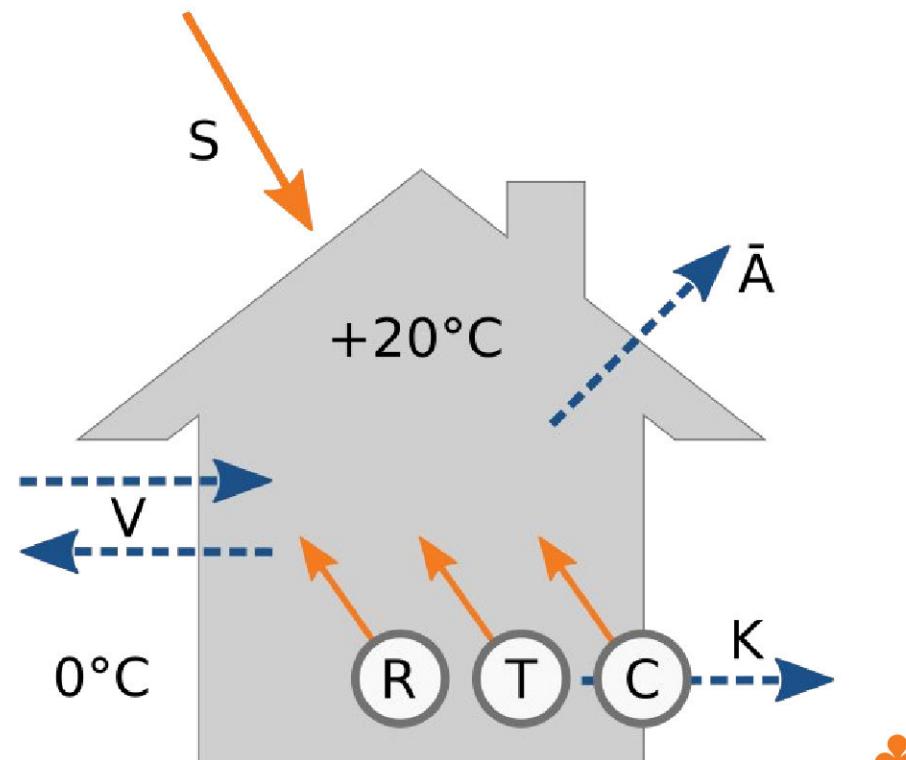
GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFKTIVITĀTES
· U N ·
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE

$$\triangleright S + R + T + C = \bar{A} + V + K$$



GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIONĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFEKTIVITĀTES
· U N ·
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
**FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE**

Ēka un dati

ĒKAS SISTĒMAS, TO UZLABOJUMI, ENERĢIJAS PLŪSMAS,
DATU SAVĀKŠANA UN PRIEKŠAPSTRĀDE



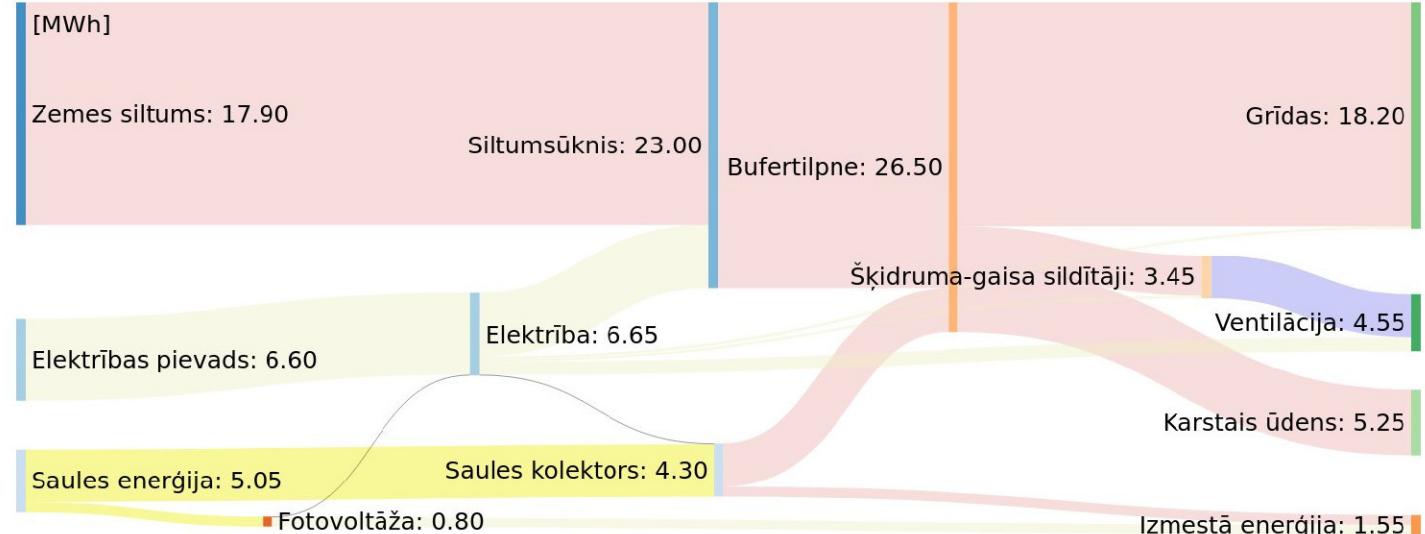
Bibliotēka „SALA”

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFKTIVITĀTES
UN
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE



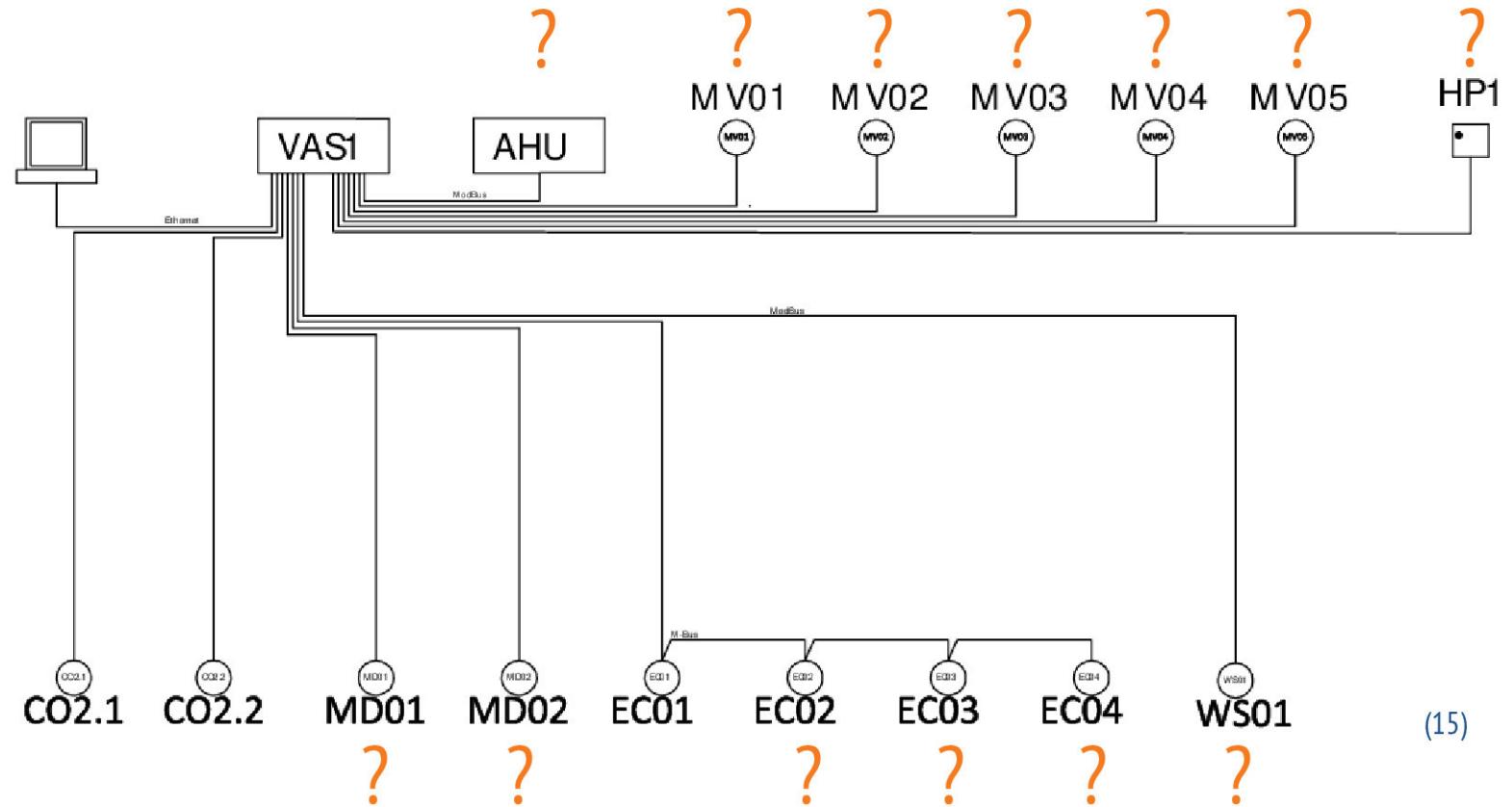
Sistēmu un ĒVS stāvoklis

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFKTIVITĀTES
UN
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE



(15)

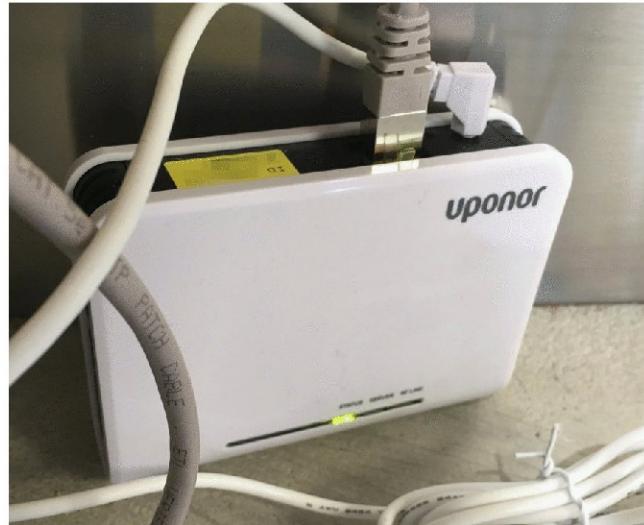
Sistēmu papildinājumi

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJONĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFKTIVITĀTES
UN
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
**FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE**



Datu savākšana

Aloja

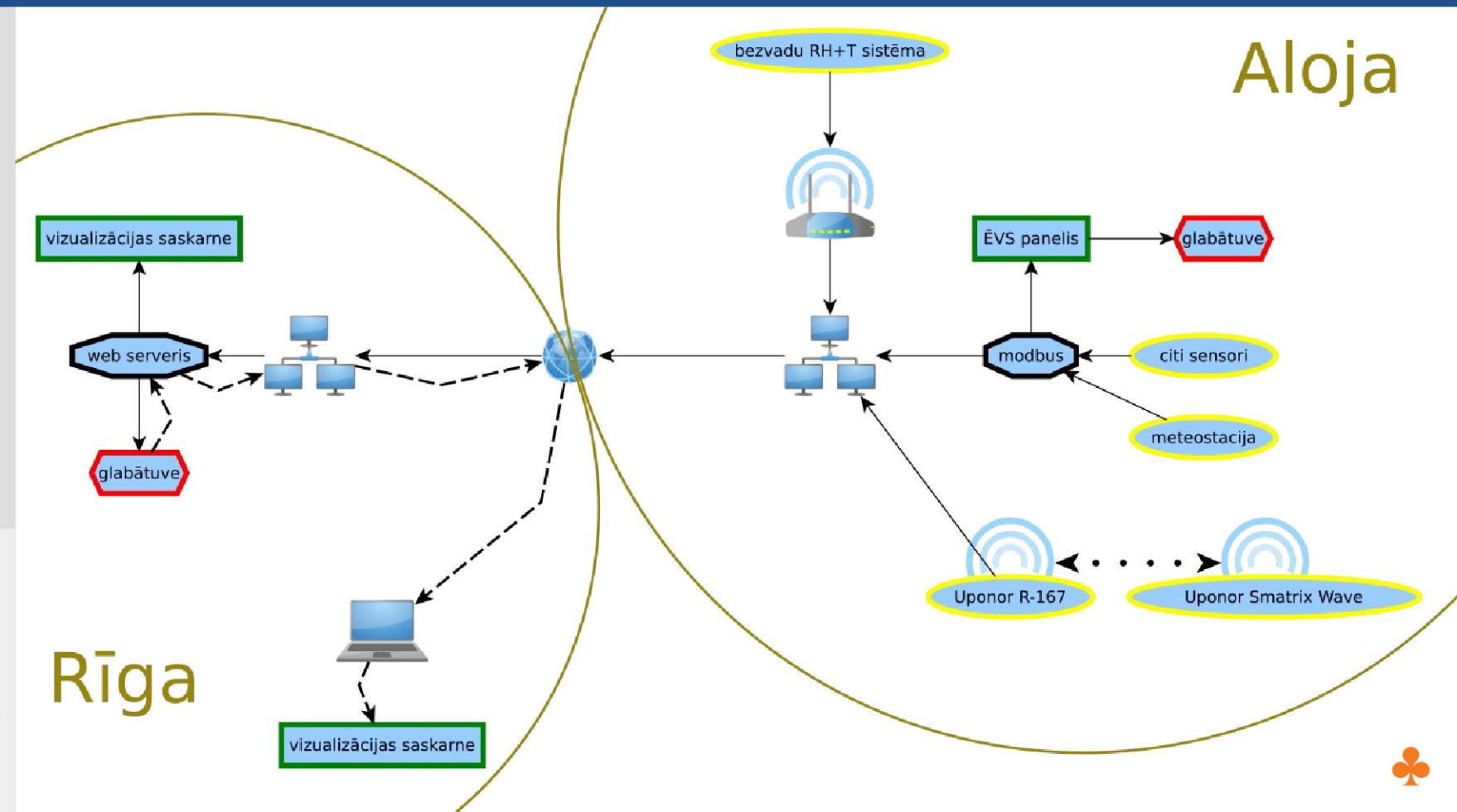
GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFKTIVITĀTES
UN
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE

Rīga



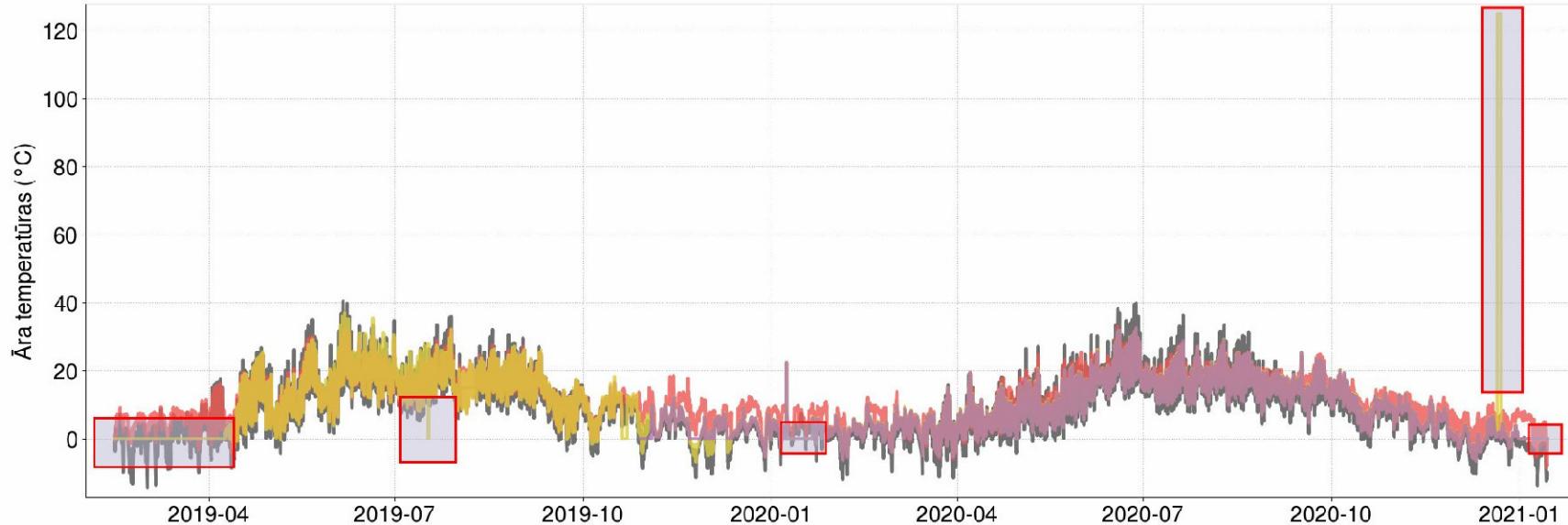
Datu priekšapstrāde

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFKTIVITĀTES
UN
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE



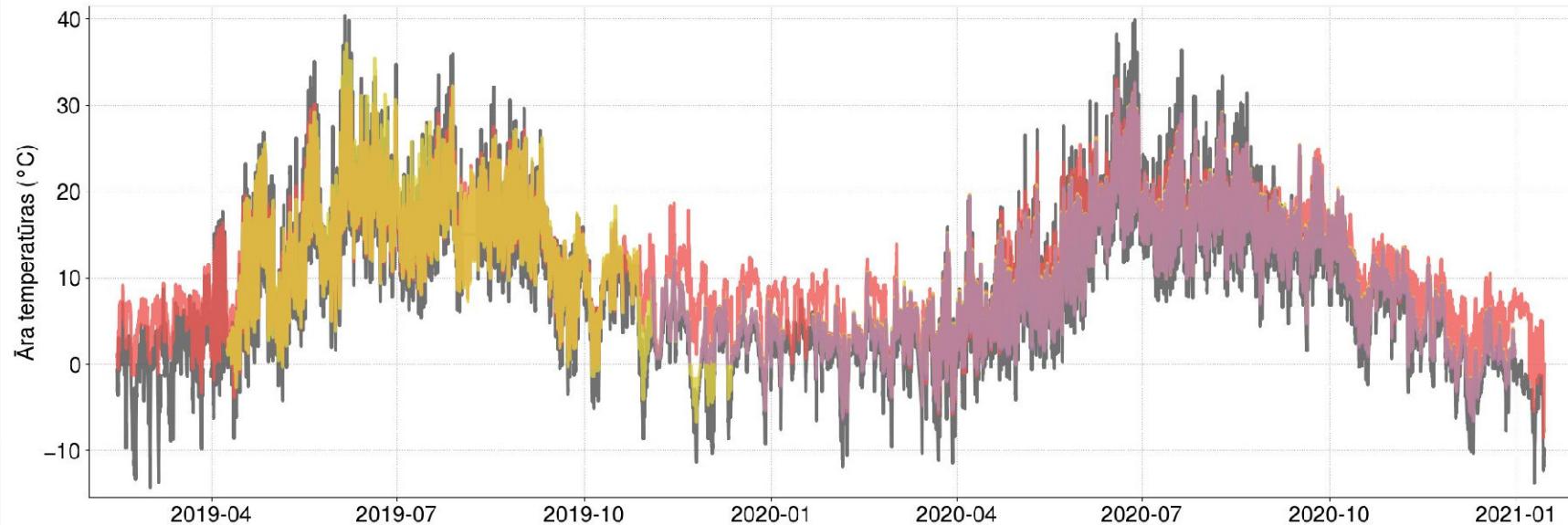
Datu priekšapstrāde

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFKTIVITĀTES
· U N ·
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
**FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE**



GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIONĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFKTIVITĀTES
· U N ·
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
**FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE**

Vizualizācijas un analīzes rīki

IZSTRĀDĀTĀ PROGRAMMATŪRA DATU REĀLLAIKA UN
VĒSTURISKAI VIZUALIZĀCIJAI UN ANALĪZEI



Tiešsaites reāllaika rīks

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IESPĒJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFEKTIVITĀTES
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE



Tiešsaites reāllaika rīks

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFKTIVITĀTES
· U N ·
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE

Pēdējās nedēļas dati. Vētrība katras stundas 30. minūtē.

AHU āra gaisa temperatūra °C

VEN.TEM.I1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
2021-01-12							3.3	3.2	1.4	0	-0.3	-0.3	-0.5	-0.5	-0.7	-1.1	-1.3	-1.3	-1	1.6	2.3	3.3	3.8	4.4
2021-01-13	4	4.2	4.7	4.8	5	5	4.8	4.8	0.4	-1.3	-1	-0.5	-0.3	-0.2	-0.3	-0.6	-1	-1.1	-1	2.4	3.6	4.4	4.8	4.8
2021-01-14	4.8	4.8	4.4	3.9	3.3	2.6	2.4	1.8	-5.3	-8.1	-8.5	-8.2	-7.6	-7.4	-7.5	-7.7	-8	-7.8	-6.9	-2.6	-1.3	-0.9	-0.3	-0.3
2021-01-15	-0.5	-0.4	-0.2	-0.2	-0.4	-1.8	-3.5	-4.5	-11.5	-14.2	-13.2	-12.3	-11.9	-11.4	-11.3	-11.9	-13.3	-14.2	-13.9	-8.6	-7.3	-6.5	-6.3	-6.5
2021-01-16	-6.7	-4.8	-4.4	-3.8	-3.4	-2.4	-1.9	-2.8	-10.6	-13.5	-13.6	-13.5	-13	-13.3	-13.3	-14	-15.2	-15.8	-15.5	-10.1	-8.8	-9.6	-9.3	-9.3
2021-01-17	-9.5	-9.3	-7.8	-7	-6.8	-6.8	-7.8	-8.8	-9	-8.8	-7.4	-6.5	-5	-3.5	-2.1	-1.9	-2	-1.5	-1.1	-1.2	-1.5	-0.9	-0.6	-1.1
2021-01-18	-0.3	0	-0.7	-0.5	-1	-0.4	-1.4	-1.3	-6.3	-7.6	-7	-6.3	-6	-6	-5.9	-6	-6.4	-6.6	-5.9	-3.2	-2.5	-1.9	-1.4	-1.7
2021-01-19	-1.3	-0.8	-0.8	-1.5	-1.1	-1.1																		

ENE.SIL.SAR.APK(SS)	Apkurei saražotā siltuma daudzums	73.69	MWh
ENE.SIL.SAR.KU(SS)	Karstam ūdenim saražotā siltuma daudzums	42.36	MWh
ENE.ELE.IZL.APK(SS)	Apkurei patērētais elektrības daudzums	15.80	MWh
ENE.ELE.IZL.KU(SS)	Karstam ūdenim patērētais elektrības daudzums	10.40	MWh
GAI.IEK.TEM.SM	Siltumsūkņa telpas temperatūra	20.3	°C
GAI.ARA.TEM(SS)	Siltumsūkņa āra gaisa temperatūra	-16.8	°C
VEN.PEC.TEM.1	Siltumsūkņa ventilācijas (pēcsild.) temperatūra	28.7	°C
UPO.TEM.1	Siltumsūkņa grīdas apkures temperatūra	36.0	°C
SS.EKA.TEM.1.APK	Siltumsūkņa trases uz apkuri temperatūra	43.6	°C
SS.EKA.TEM.1.BUF	Siltumsūkņa trases uz akumulāciju temperatūra	38.5	°C
BUF.TEMP.APA	Siltumsūkņa apakš. akumulatora temperatūra	28.7	°C
BUETEMBAUCIKLTEM	Siltumsūkņa karstā ūdens temperatūra	49.8	°C



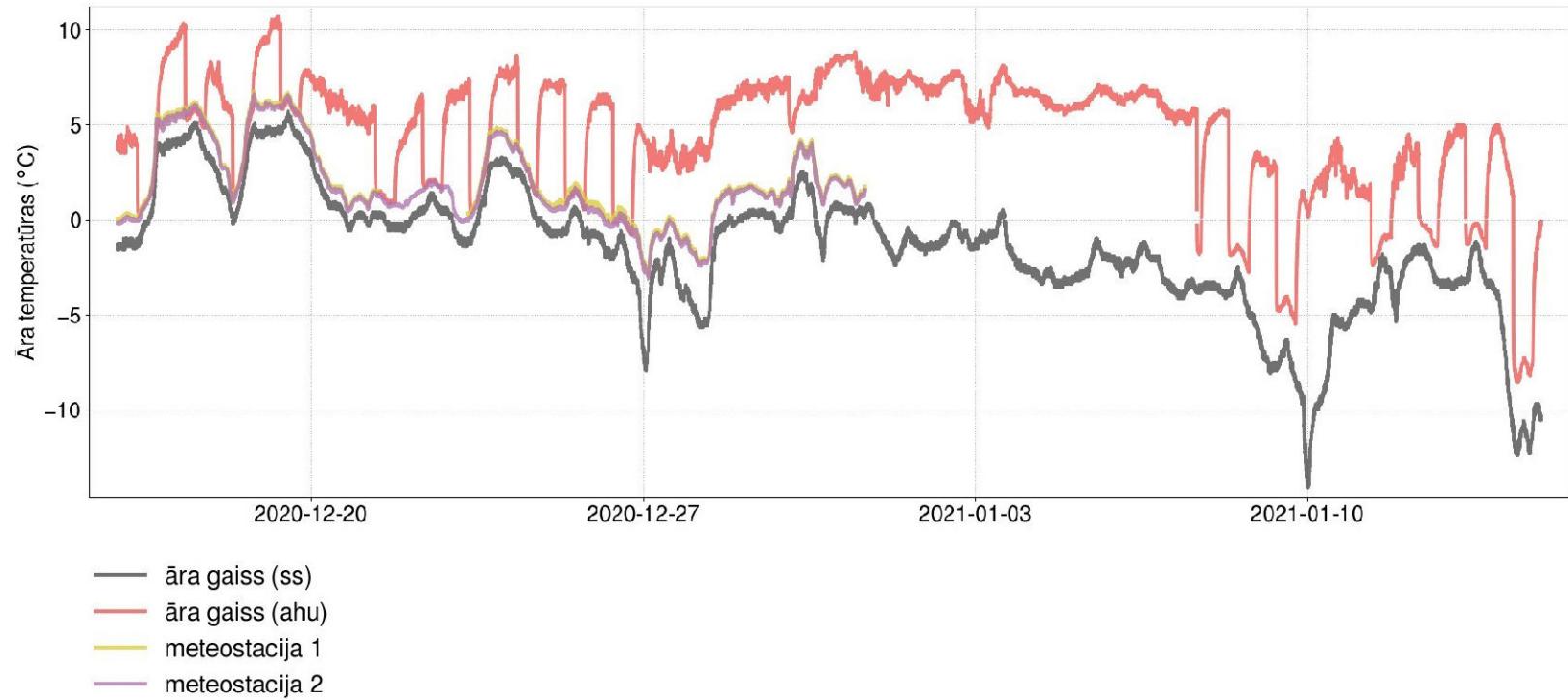
Analītiskais vizualizācijas rīks

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFKTIVITĀTES
· U N ·
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE



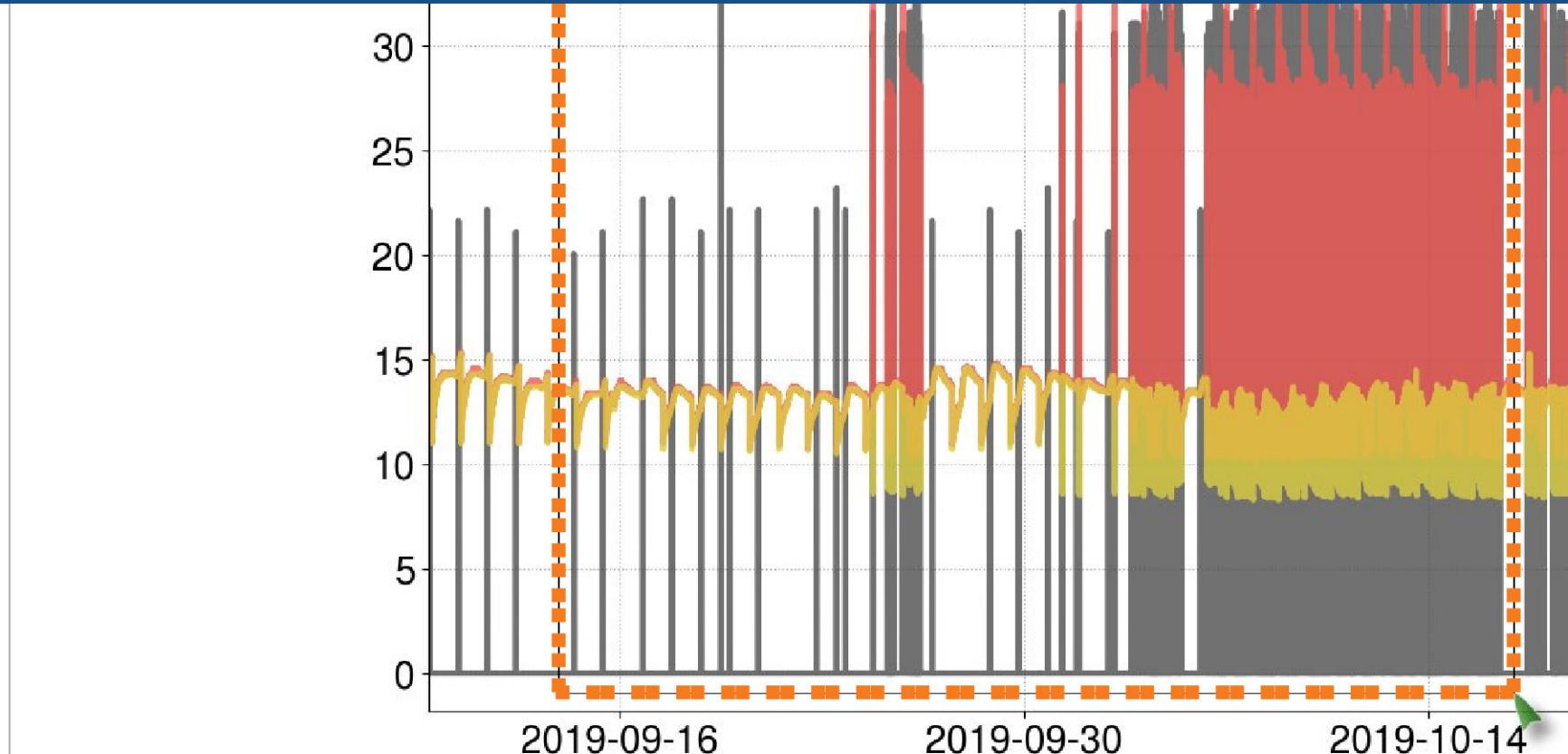
Analītiskais vizualizācijas rīks

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFEKTIVITĀTES
· U N ·
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE



GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIONĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFEKTIVITĀTES
· U N ·
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
**FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE**

Analīze un algoritmi

ATSEVIŠĶU INTERESANTO GADĪJUMU ANALĪZE, MODELI;
ALGORITMU IZLASE UN TO REZULTĀTI



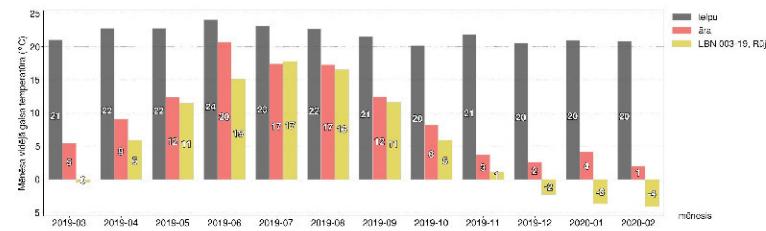
Daži analīzes piemēri

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFKTIVITĀTES
UN
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

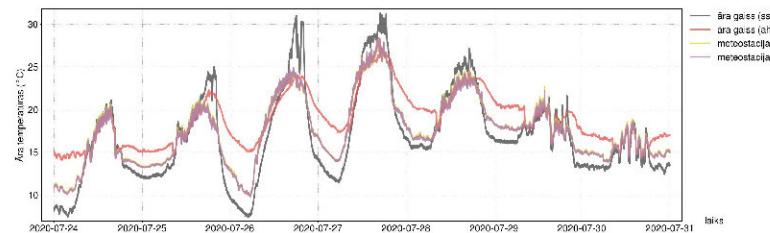
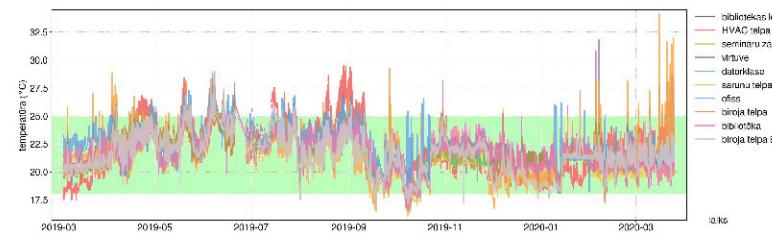
KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE



Skaitītājs	Faktiski, kWh/(m ² .y)	Korīg. faktiski, kWh/(m ² .y)	Sertifikāts, kWh/(m ² .y)	Korīg. faktiskais patēriņš pret plānoto, %
Apkure #1	4,38	5,26	14,91	16,13/14,91 = 108%
Apkure #2	9,06	10,87		
Karstais ūdens		4,68	6,54	4,68/6,54 = 72%
Ventilācija		4,12	3,79	4,12/3,79 = 109%
Apgaismojums		4,57	7,06	4,57/7,06 = 65%
Dzesēšana	iekļauts apkures uzskaite	0,00	iekļauts augstāk	
Papildu	nav daļa no gNEE prasībām	5,80	netiek vērtēts	
Kopā	26,81	29,50	38,10	atbilst sertifikātam



Energosertifikāta validācija

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IE SPĒJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFKTIVITĀTES
UN
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE

<i>Skaitītājs</i>	<i>Faktiski, kWh/(m²·y)</i>	<i>Koriģ. faktiski, kWh/(m²·y)</i>	<i>Sertifikāts, kWh/(m²·y)</i>	<i>Koriģ. faktiskais patēriņš pret plānoto, %</i>
Apkure #1	4,38	5,26	14,91	16,13/14,91 = 108%
Apkure #2	9,06	10,87		
Karstais ūdens		4,68	6,54	4,68/6,54 = 72%
Ventilācija		4,12	3,79	4,12/3,79 = 109%
Apgaismojums		4,57	7,06	4,57/7,06 = 65%
Dzesēšana	iekļauts apkures uzskaitē	0,00		iekļauts augstāk
Papildu	nav daļa no gNEĒ prasībām	5,80		netiek vērtēts
Kopā	26,81	29,50	38,10	atbilst sertifikātam

2019. gada 4. marts – 2020. gada 3. marts



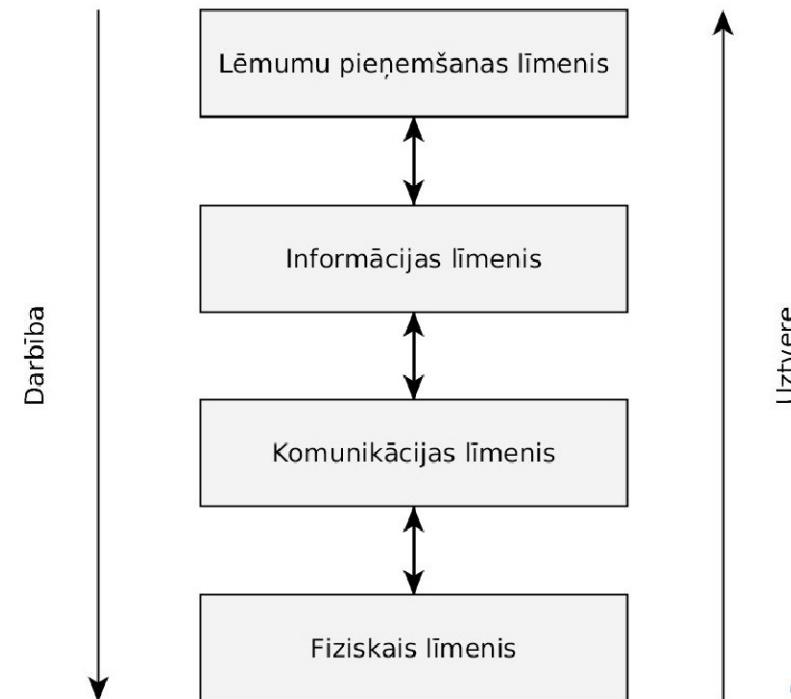
Vadības algoritmi

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIONĀLO
IESPĒJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFEKTIVITĀTES
· U N ·
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
**FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE**



(29)



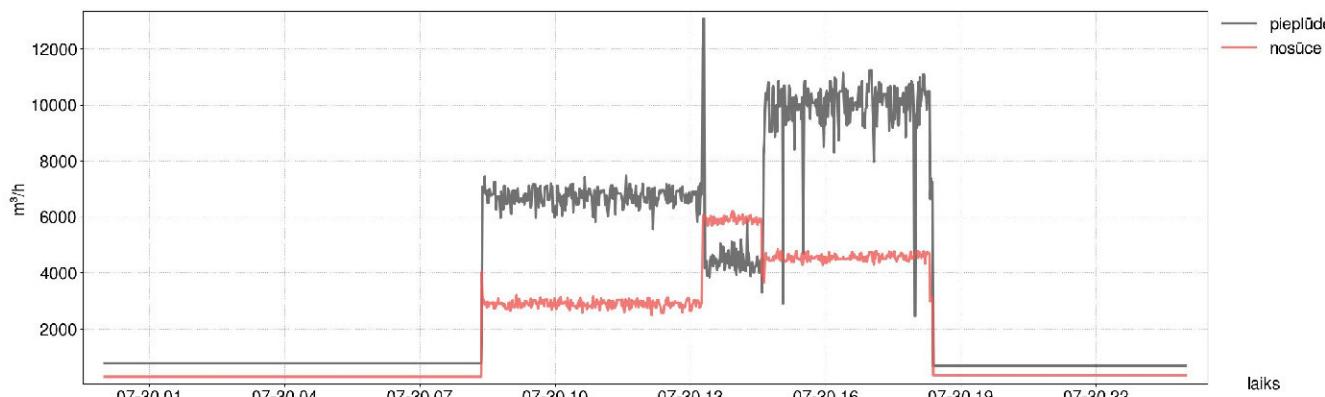
ĒVS 2. klases algoritms (laiks)

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFKTIVITĀTES
UN
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
**FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE**



ĒVS 3. klases algoritms (saule)

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFKTIVITĀTES
UN
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE

$$E_n(t_0)[J] = S_{logi_n}[m^2] \cdot g_n[-] \int_{t_0[s]-3600[s]}^{t_0[s]} G_{saule}(t)[W/m^2] \cdot q_n(t)[-] dt$$

- $E_n > 10\text{MJ}$ un $t_n \geq 25^\circ\text{C} \Rightarrow$ aizvērt žalūzijas, ieslēgt apgaismojumu
- $E_n \geq 6\text{MJ}$ un $t_n \geq 24^\circ\text{C} \Rightarrow$ lēnām atvērt žalūzijas
- $E_n < 6\text{MJ} \Rightarrow$ atvērt žalūzijas
- Potenciālais ietaupījums stundā: 7kW



GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIONĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFKTIVITĀTES
· U N ·
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
**FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE**

Kopsavilkums

REZULTĀTI, SECINĀJUMI UN NĀKOTNES VIRZIENI



Rezultāti

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIONĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFEKTIVITĀTES
· U N ·
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE

- ▶ Papildu sensori
- ▶ Datu savākšanas risinājums
- ▶ Savākti 170+ miljoni datu punktu
 - Vērtīgs informācijas avots ēkas procesu fizikālai analīzei
 - Apjomīga datu analīze
 - Problēmu risinājumi
 - Algoritmi
- ▶ Pētījuma materiāli ir publiskoti ERAF projektā



Secinājumi

- ▶ Ne visas gudrās ēkas ir „gudras”
 - Bet to ir iespējams labot
- ▶ Autora piedāvātie algoritmi
 - verificēti empīriski vai teorētiski
 - uzlabo termiskā komforta (TK) un energoefektivitātes (EE) balansu
- ▶ Gudrās ēkas ļauj laicīgi konstatēt TK un EE problēmas

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFEKTIVITĀTES
· U N ·
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE



Nākotnes virzieni

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFKTIVITĀTES
UN
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE

- ▶ Turpināt vākt datus
- ▶ Izmēģināt ĒVS 4. klases algoritmu (neironu tīklu)
- ▶ Priekšnosacījums: aktuatoru pilnvērtīga ieviešana
 - trūkstošo uzstādīšana
 - esošo pievienošana pie ĒVS
 - iesaistīšana algoritmu izpildē



Klātesošo jautājumi

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFKTIVITĀTES
UN
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
**FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE**



GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIONĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFKTIVITĀTES
· U N ·
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
**FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE**

Atbildes uz jautājumiem

PAPILDINFORMĀCIJA



Literatūras apskats

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFKTIVITĀTES
· U N ·
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
**FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE**

► Metodoloģija:

- izpētes jautājumi → atslēgas vārdi
- meklēšana zinātniskajās datubāzēs un internetā
- atsauču metode



Izpētes jautājumi

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFKTIVITĀTES
· U N ·
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE

- ▶ Kādas prasības eksistē ēku energoefektivitātei un termiskajam komfortam?
- ▶ Kas ir nulles enerģijas ēkas, kā tās iedalās un cik enerģijas tās patērē?
- ▶ Kādi ēku vadības algoritmi jau eksistē?
- ▶ Kā var tikt izmantotas operatīvās prognozes?



Tehnikas izaicinājumi

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIONĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFEKTIVITĀTES
UN
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE

- Mitrums
- Meteostacijas stiprinājumi
- Lokālo savienojumu stabilitāte



Izstrādātā programmatūra

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFKTIVITĀTES
· U N ·
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE

- ▶ Konfigurācija
 - sensori
- ▶ Pārsūtīšana
 - push
 - fetch modbus
 - fetch uponor
- ▶ Uzkrāšana
 - logger
- ▶ Attīrīšana
 - autoclean
- ▶ Vizualizācija
 - genimage
 - datatable
 - build graphs
- ▶ Analīze
 - build graphs + GNU/FSF



Signāla kvalitāte

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIONĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFEKTIVITĀTES
UN
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
**FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE**



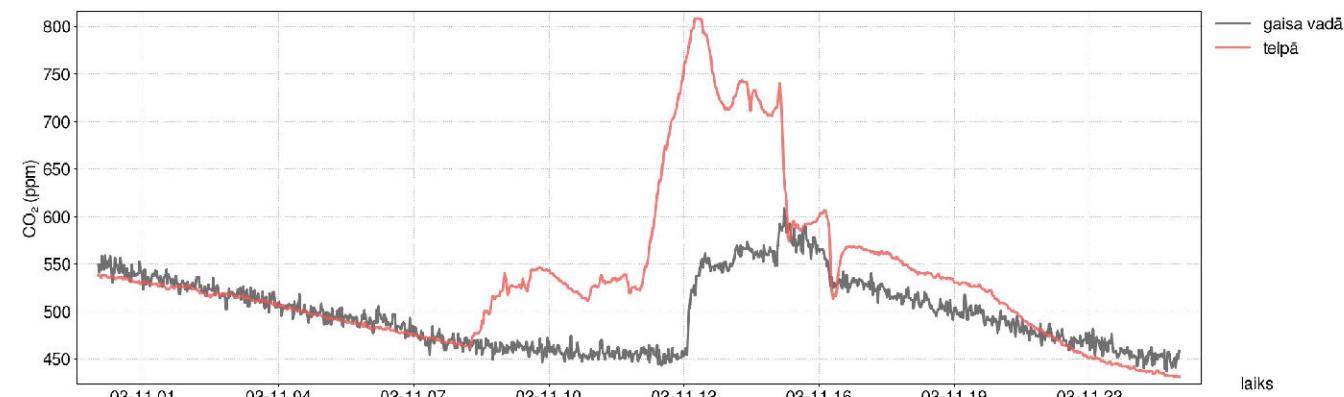
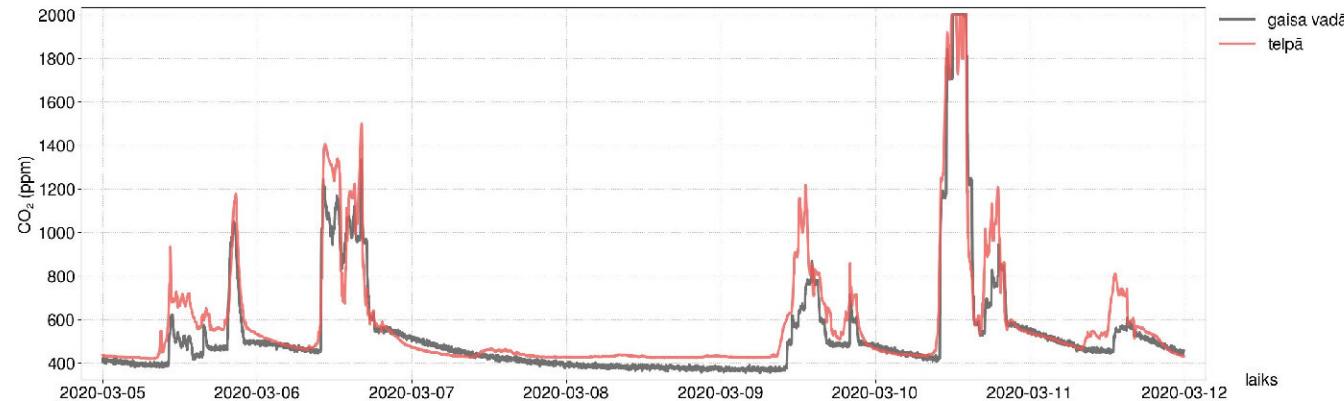
Nepietiekama CO₂ evakuācija

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFEKTIVITĀTES
UN
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
**FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE**



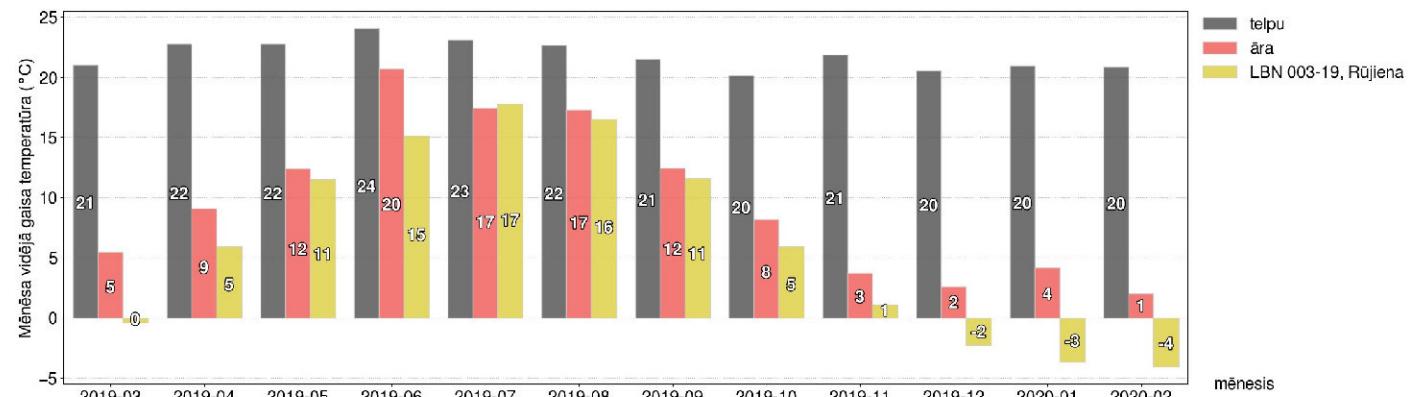
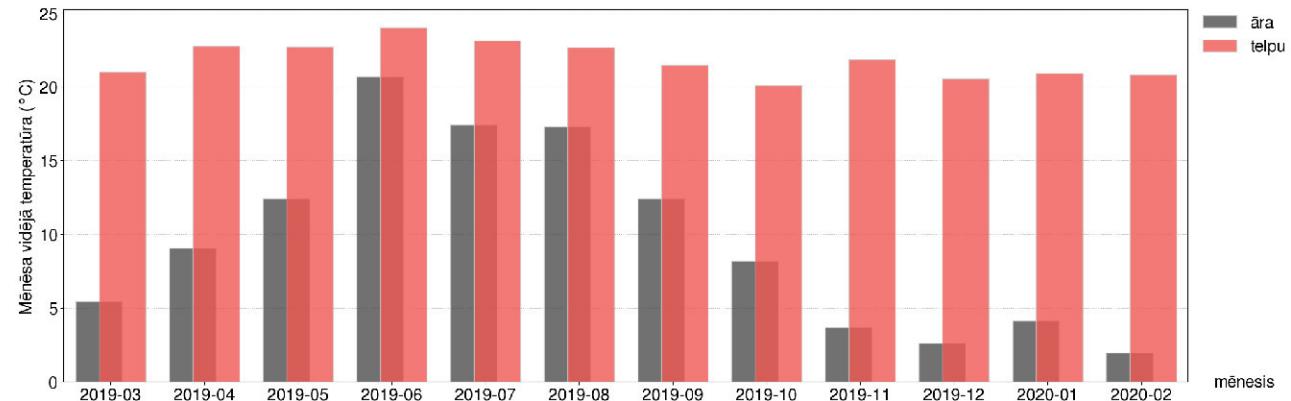
Vidējās temp. un normas

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFKTIVITĀTES
UN
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
**FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE**



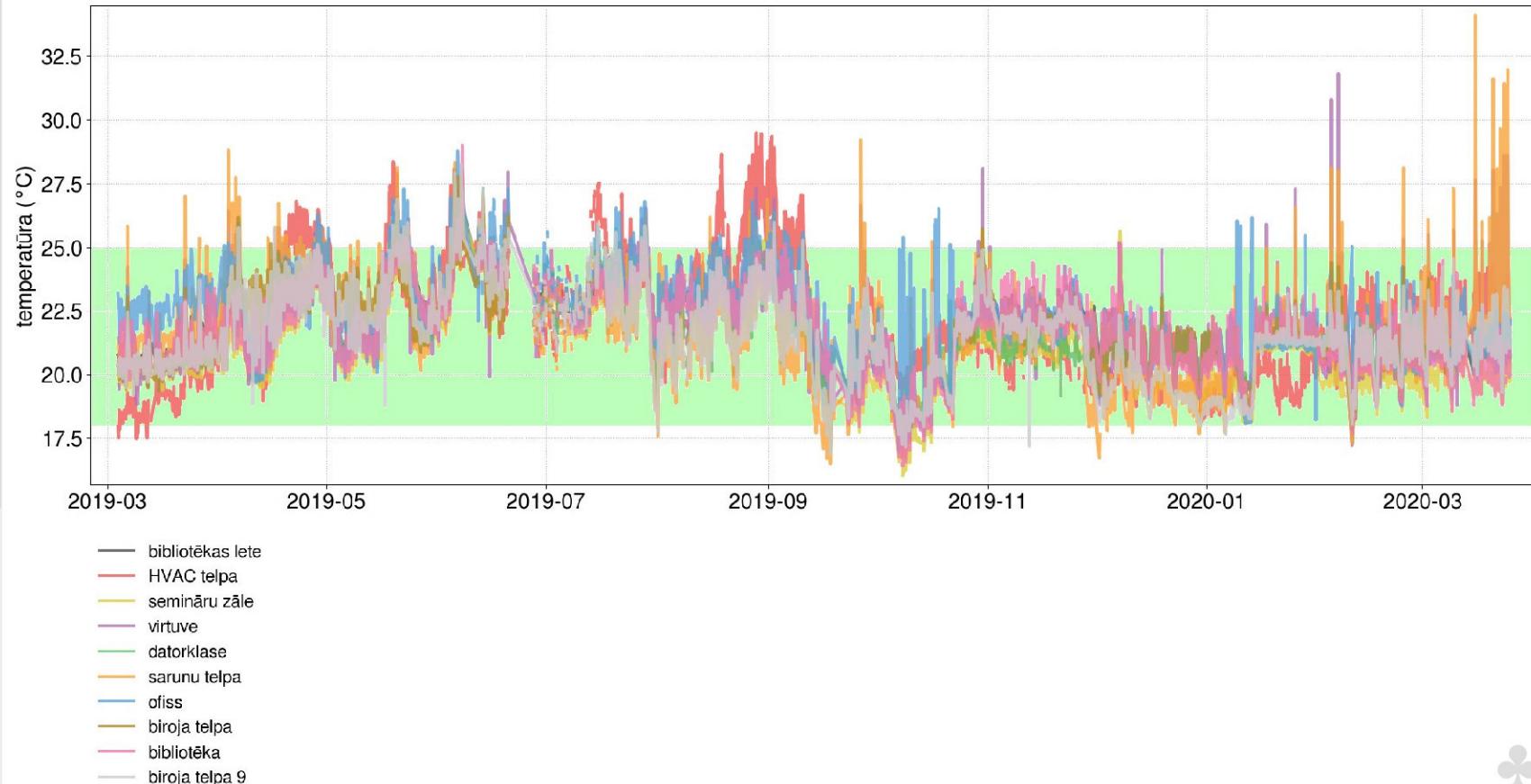
lekštelpu temperatūras

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFKTIVITĀTES
· U N ·
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
**FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE**



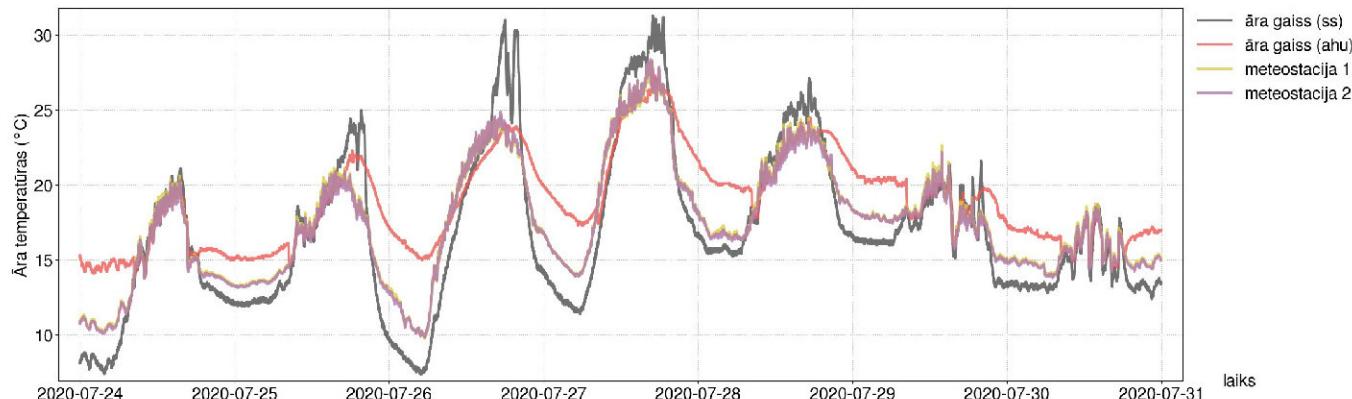
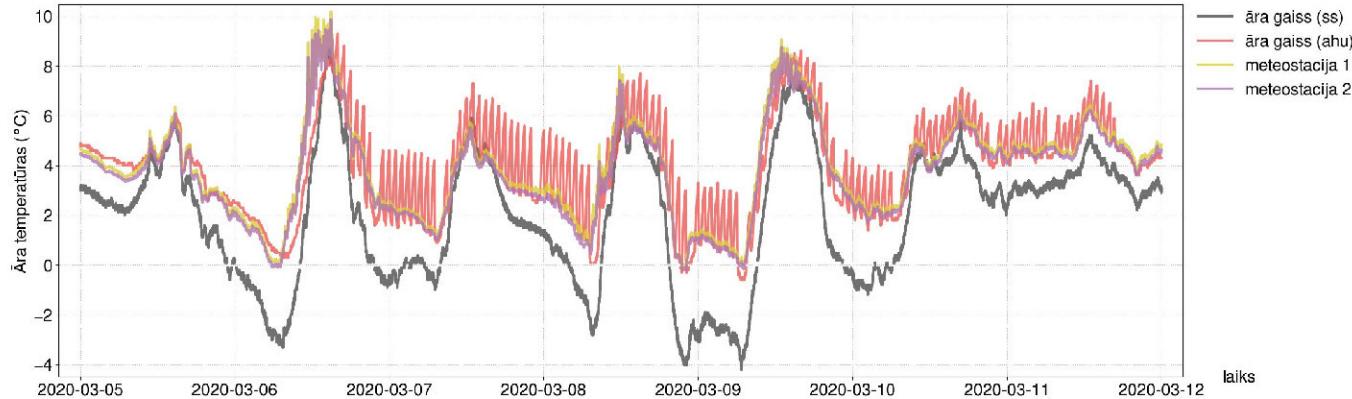
Mērījums ≠ fizikālais lielums

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFEKTIVITĀTES
UN
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE



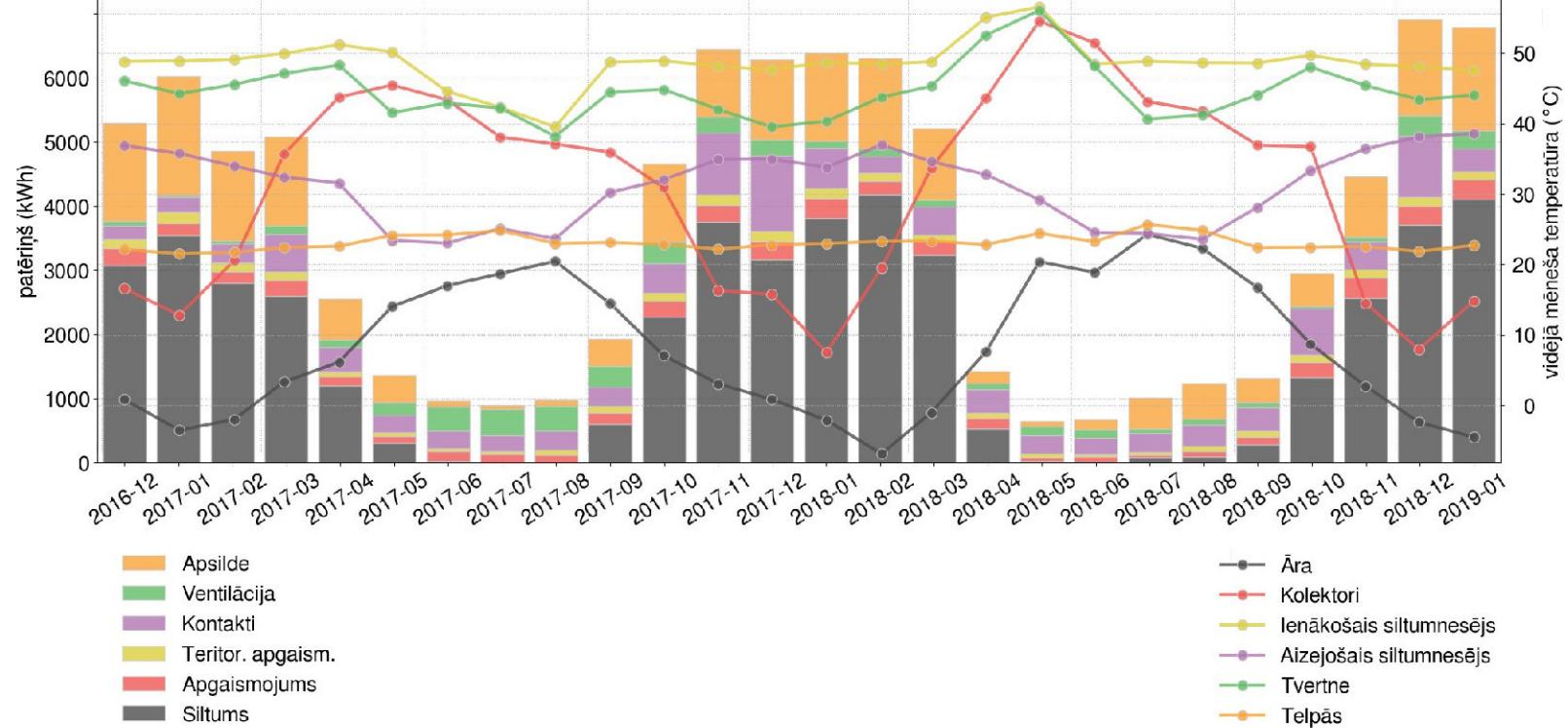
Temperatūra vs enerģija

GUDROĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIONĀLO
IESPĒJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFEKTIVITĀTES
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTĒ



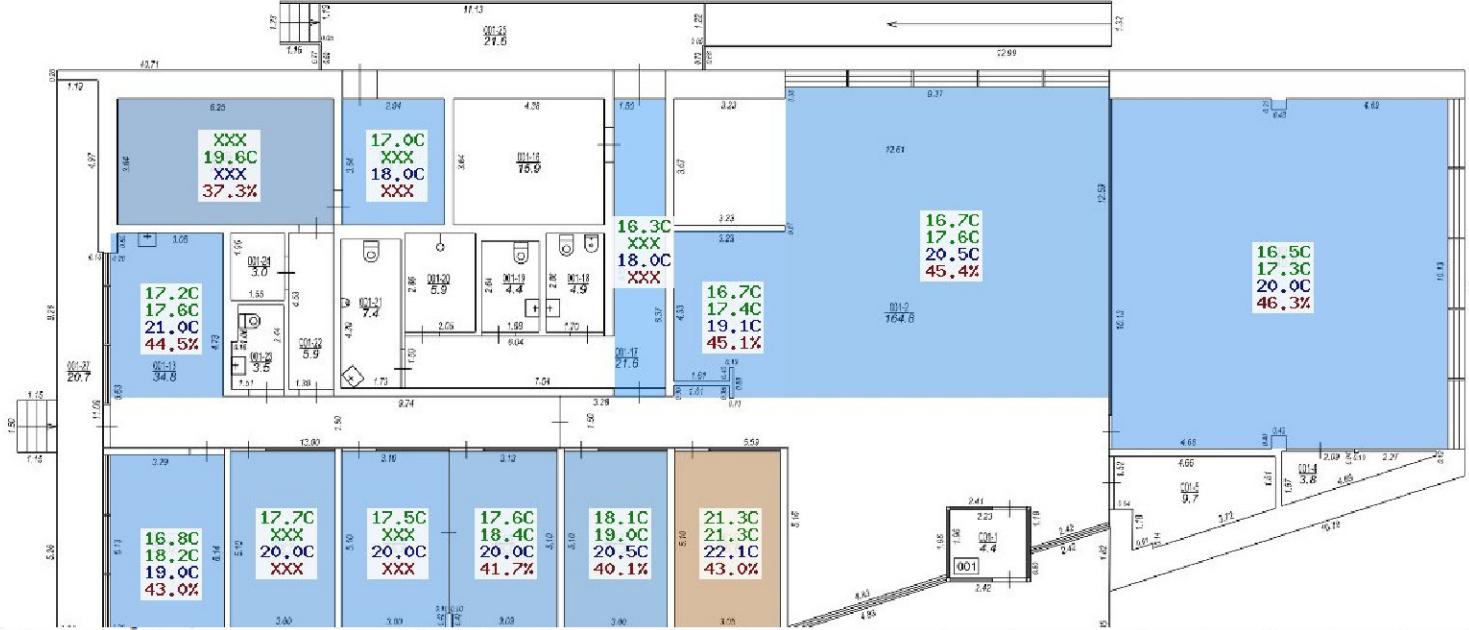
„Siltuma sala”

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIONĀLO
IESPĒJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFEKTIVITĀTES
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
**FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE**



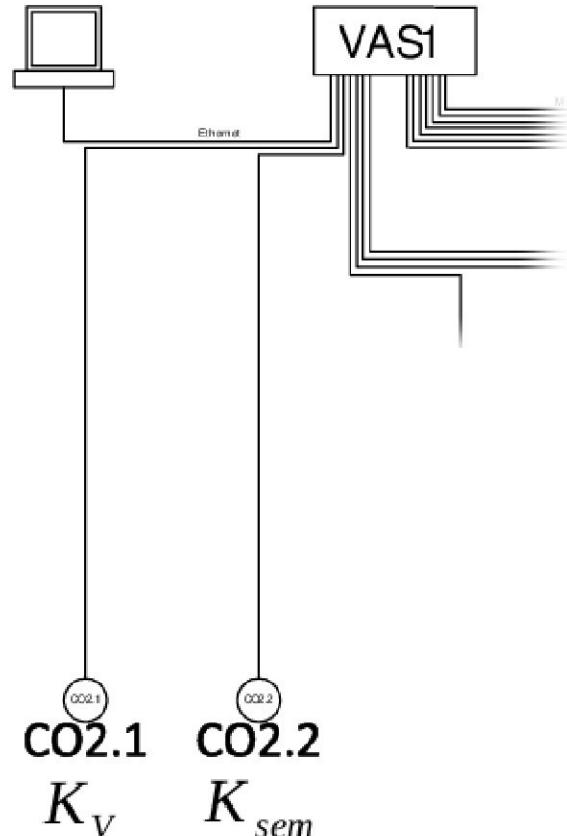
CO₂ līmeņa netiešā novērtēšana

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFEKTIVITĀTES
UN
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE



$$K_{V-sem} = \frac{K_V \cdot S - S_{sem} \cdot K_{sem}}{S - S_{sem}} = 1,32 \cdot K_V - 0,24 \cdot K_{sem}$$



ĒVS 4. klases algoritms

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIONĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFEKTIVITĀTES
UN
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



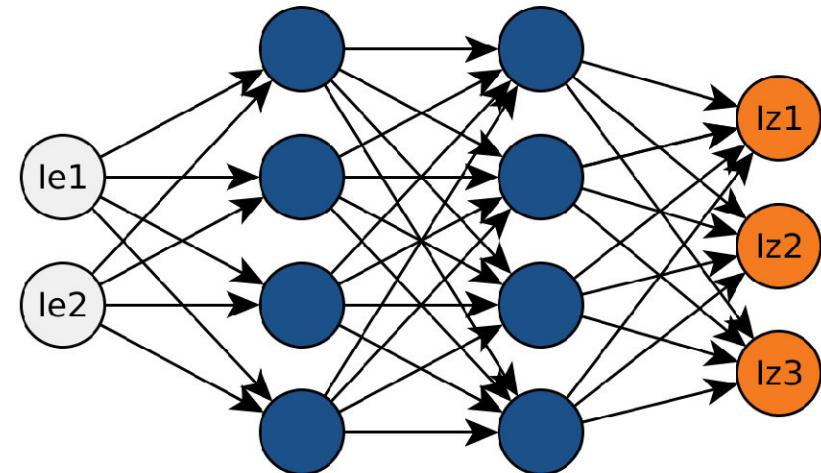
LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE

► levadi:

- iekšelpas temp.
- mērķa temp.
- āra temp.
- vēja ātrums
- laiks
- utt.

► Izvades:

- vēlamā siltumnesēju temperatūra
- vēlamais plūsmas ātrums



► Kontroles (apmācīšanas) kritēriji:

- enerģiju patēriņš
- termiskais komforts
- u.c.



Ēkas ārējās konstrukcijas (S)

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFKTIVITĀTES
UN
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
**FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE**

NR.	TIPS	APZ.	ZĪMĒJUMS	APRAKSTS
1.	SILTINĀTA KOKA KARKASA ĀRSIENA 800 mm	Ās-1		<ol style="list-style-type: none">Dekoratīvs koka ītu opšuvums $S=157\text{mm}$ $41x130\text{mm}$Terauda profils "Omega" $S=1200\text{mm}$ (precizēt) $35x50\text{mm}$Vertikālais ītojums $S=1200\text{mm}$Fasādes audums "KONAK" (1mm) Zem šuvju vietām paredzēt horizontālu dēļojuma joslu, spundētu vienā plaknē ar kokšiedras plēksni.Kokšiedras plēksne $\lambda=0.053 \text{ W}/(\text{mK})$Siltumizolācija EKOVATE $\lambda=0.039 \text{ W}/(\text{mK})$Koka/OSB U-profila karkass $S=600\text{mm}$, apstr. ar antipirēnuNesošais koka statsSaplāksnis – (šuves nolimētas)Fibrolīts –Māla apmetums – (lai precīzētu materiālu un apdari skatīt interjēra projektu) Telpa Nr. 14 paredzēt dēļu apdari (A-4)

(15)



Ēkas ārējās konstrukcijas (G)

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFEKTIVITĀTES
UN
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE

GRĪDAS				
NR.	TIPS	APZ.	ZĪMĒJUMS	APRĀKSTS
1.	BETONA GRĪDA Tips F-1	F-1 F-1*		<p>1. Slīpēta betona grīda (bezšūju) 20mm saskaņot autoruzaudzības līkā ar arhitektu/pasūtītāju 2. Betona pamatnes slānis/Apsildes caurules 80mm 3. PE plēve 0.2mm 4. SPU siltumizolācija $\lambda=0.023\text{ W}/(\text{mK})$ 2x150mm 5. PE plēve 0.2mm 6. Dzelzsbetona plātnē 250mm 7. Betona sagataves kārtā C8/10 100mm 8. Polietilēna plēve t=0.2mm 9. Blietētās šķembas, frakcija 20...40, or smilšu izlīdzinošo slāni 100mm 10. Geotekstils 11. Grunti ieblietētās šķembas ($t=150$) 100mm 12. Pieberto, blietēta minerālgrunts</p>

* Grīda virs konsoles. Skat. apz. grīdu plānā G-1*.
Konsoles dzelzbetona plātnes biezums 300mm

** Kabelu trase siltumizolācijas slāni.

Ēkas ārējās konstrukcijas (J)

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IE SPĒJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFKTIVITĀTES
UN
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE

J U M T I				
NR.	TIPS	APZ.	ZĪMĒJUMS	APRAKSTS
1.	EKSTENSIĀVIS ZALĀIS JUMTS	J-1		1. Seduma paklājs 15mm 2. Augsnes substrāts ND DGS-E 60-78mm 3. Drenāžas kompozīts ND 6+1 26mm 4. Hidroizolācija - "COSMOFIN" 20mm 5. OSB jumta klājs 70-250mm 6. Slipumu veidojoša ventiļējama šķirkārtā Lāgos 50x150mm 7. Kokšķiedras plāksne $\lambda=0.053 \text{ W}/(\text{mK})$ 34mm 8. Siltumizolācija EKOVATE $\lambda=0.039 \text{ W}/(\text{mK})$ 700mm 9. Nesošo kopņu karkass apstr. ar antipirēnu 20mm Saplēksnis (hermētiskais slānis) –



Noslēguma vārds

GUDRO ĒKU
VADĪBAS SISTĒMU
FUNKCIJĀLO
IESPEJU
PILNVEIDOŠANA
ENERGOEFKTIVITĀTES
· U N ·
TERMISKĀ KOMFORTA
PAAUGSTINĀŠANAI

KIRILS SOLOVJOVS
- 2 0 2 1 -



LATVIJAS UNIVERSITĀTE
**FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE**

