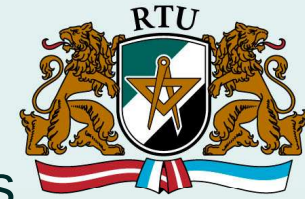


RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE

Būvniecības fakultāte

Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģijas institūts

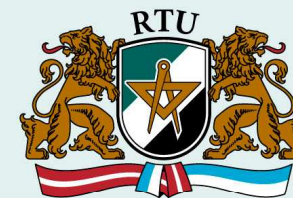


Ventilācijas sistēmu optimizācijas iespējas daudzdzīvokļu ēkās

Doktorante Ilze Dimdiņa

Zinātniskais vadītājs Dr.sc.ing., Prof. A.Lešinskis

Iekštelpu mikroklimats daudzdzīvokļu ēkās



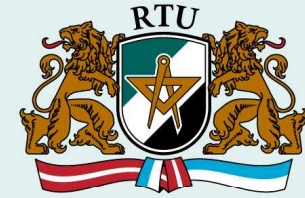
- Maģistra darbs
Ventilācijas sistēmu optimizācija daudzdzīvokļu ēkās
- Promocijas darba nosaukums
Iekštelpu gaisa kvalitātes optimizācija daudzdzīvokļu ēkās
- Pētījums Rīgas domes Baltijas jūras reģiona transnacionālās sadarbības programmas 2007-2013.gadam projekta „Energoefektīva un sabalansēta pilsētas plānošana (*UrbEnergy*)” aktivitātes ietvaros -
„Interneta portāla izveide iekštelpu klimata un patēriņa datu monitoringam tiešsaistes režīmā renovētā un nerenovētā ēkā”



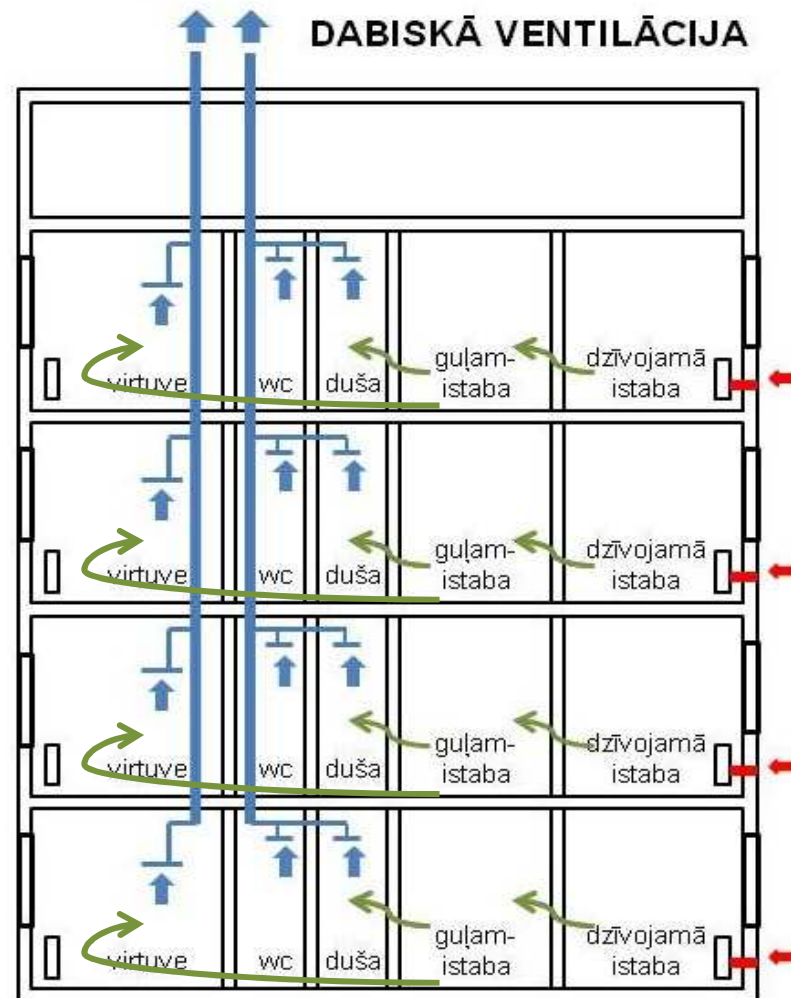
Part-financed by the European Union (European Regional Development Fund and European Neighbourhood and Partnership Instrument).

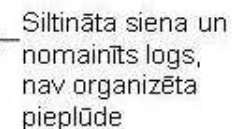


Ventilācija un energoefektivitāte

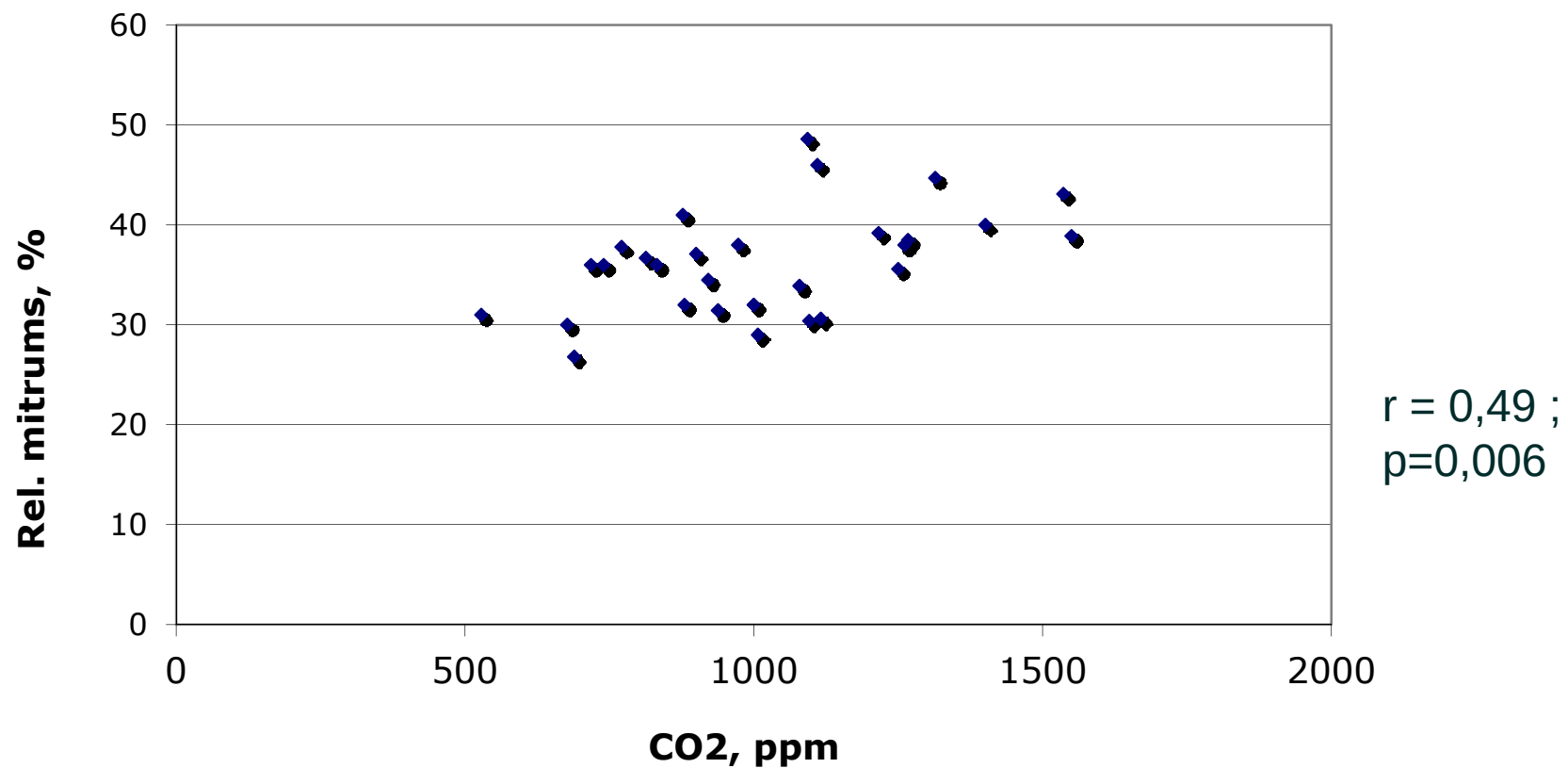
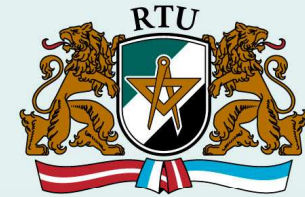


- ~70% no visa Latvijas dzīvojamā fonda - tipveida daudzdzīvokļu ēkās, kas celtas laika periodā no 1944.-1993.gadam
- vidējais apkures siltumenerģijas patēriņš sezonā ir 166 kWh/m²
- līdz pat 60% no šī siltumenerģijas patēriņa apkurei tiek patērēta ventilācijai nepieciešamā pieplūdes gaisa uzsildīšanai



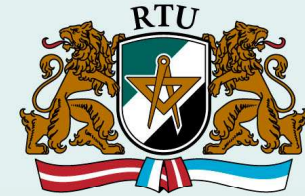


Esošās ventilācijas mērījumi



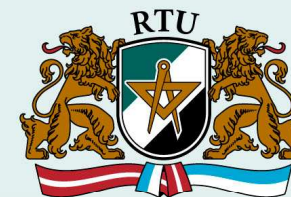
Mērījumi veikti 13 tipveida
daudzdzīvokļu ēkās, kopā 30 dzīvokļi

Normatīvi



- LR Ministru kabinets. Noteikumi Nr.534 no 23.09.2003., Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu **LBN 231-03 „Dzīvojamo un publisko ēku apkure un ventilācija”**. – Rīga: Latvijas Vēstnesis, 2003.
- LR Ministru kabinets. Noteikumi Nr.102 no 02.02.2009., Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu **LBN 211-08 "Daudzstāvu daudzdzīvokļu dzīvojamie nami"**. – Rīga: Latvijas Vēstnesis, 2009.
- LR Ministru kabinets. Noteikumi Nr.1031 no 09.11.2010., Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu **LBN 007-10 “Nekaitīguma prasības būvēm”**. – Rīga: Latvijas Vēstnesis, 2010.
- Latvijas standarts. **LVS CR 1752:2002**, Ēku ventilācija. Iekštelpu vides projektēšanas kritēriji. – Rīga: Latvijas standarts, 2008.
- Latvijas standarts. **LVS EN ISO 7730:2006**, Siltuma vides ergonomika. Termālā komforta analītiska noteikšana un interpretācija, izmantojot paredzamā vidējā balsojuma (PMV) un paredzamā neapmierināto personu procenta (PPD) indeksu kalkulāciju un lokālā termālā komforta kritērijus. – Rīga: Latvijas standarts, 2006.

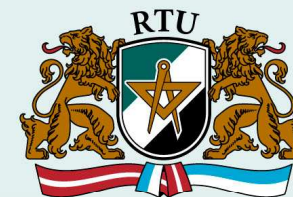
Normatīvi LBN 211-08



Telpa	Iekštelpu gaisa temperatūra aukstajā gadalaikā (°C*)	Izvadāmā gaisa daudzums vai gaisa apmaiņas biežums stundā
1. Dzīvojamā istaba un guļamistaba	18	vismaz 3 m ³ /m ²
2. Virtuve:	18	
2.1. apgādāta ar elektrisko plīti		vismaz 60 m ³
2.2. apgādāta ar gāzes plīti		vismaz 60 m ³ , ja ir divriņķu plīts vismaz 75 m ³ , ja ir trīsrīņķu plīts vismaz 90 m ³ , ja ir četrriņķu plīts
3. Vannas istaba	25	vismaz 25 m ³
4. Tualete	18	vismaz 25 m ³
5. Savietotais sanitārais mezgls	25	vismaz 50 m ³
6. Ēkas koplietošanas vestibils, kāpņu telpa un koridors	16	vismaz 1 m ³ /m ²

Piezīme. * Dzīvokļa stūra telpā temperatūrai jābūt par 2 °C augstākai, nekā norādīts tabulā.

Gaisa apmaiņa ēkā 119.sērija



Dzīvojamā un guļamistabu skaitu skaits dzīvoklī	Iedzīvotāju skaits dzīvoklī ["2" vai "2"+1]	Dzīvokļa platība, m ²	Minimālais apmaināmais gaisa daudzums dzīvoklī saskaņā ar LBN 211-98	Minimālā gaisa apmaiņas kārtā dzīvoklī, 1/h	Vid. nepieciešamā s gaisa daudzums dzīvoklī pēc CO ₂ ****, m ³ /h	Optimālā gaisa apmaiņas kārtā dzīvoklī pēc CO ₂ , 1/h, korekcija 67%	Siltumenerģijas patēriņš āra gaisa uzsildīšanai bez rekuperācijas, korigēts pēc CO ₂ un klātbūtnes pret normatīvo, %	Siltumenerģijas patēriņš āra gaisa uzsildīšanai ar rekuperāciju (65%), korigēts pēc CO ₂ un klātbūtnes pret normatīvo, %
4	5	85,3	165	0,74	155	0,47	63	41
3	4	72,4	165	0,88	124	0,44	50	33
2	3	55,5	140	0,97	93	0,43	44	29
1	2	40,3	110	1,05	62	0,39	38	24
100	140	2535	5800	0,88	4340	0,44	50	32

CO₂ piesārņojuma aizvadīšanai aprēķinā izmantots 31 m³/h uz personu

Pieņem, ka dzīvoklī personu skaits = istabu skaits +1



20/10/2011

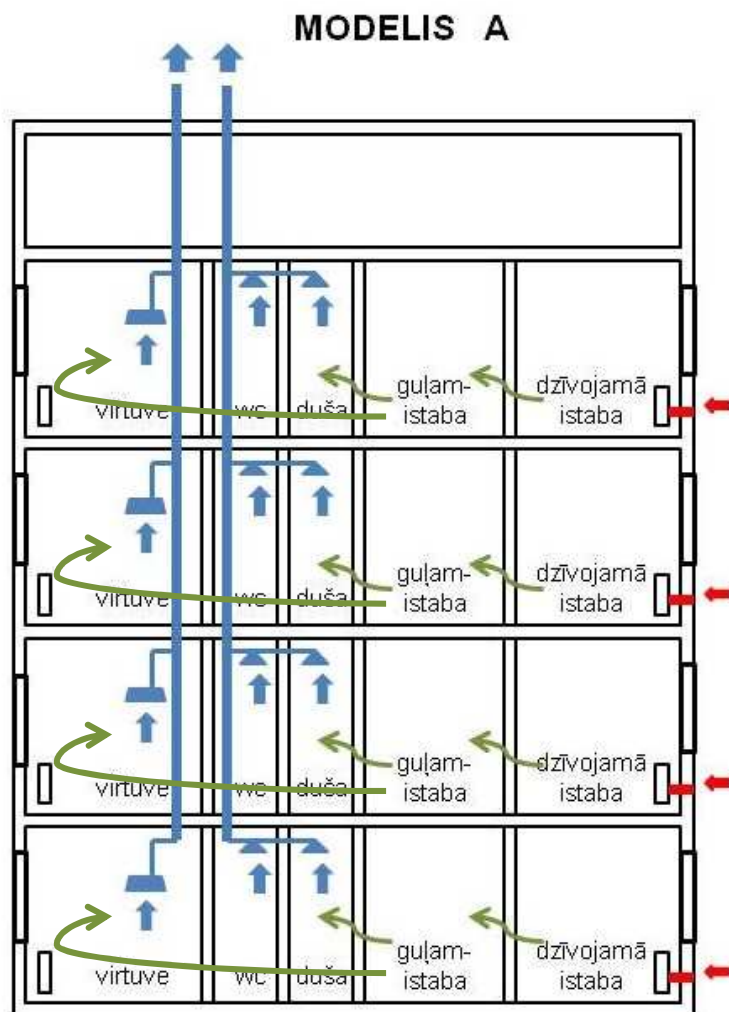
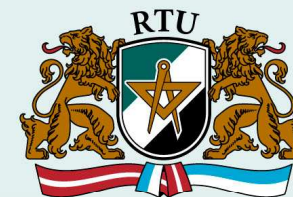
LBN prasības, n=0,88 1/h (5800 m³/h)

DENA ieteikumi, n=0,66 1/h (4400 m³/h)

CO₂ pieprasījums 67%, n=0,44 1/h (2900 m³/h)

119.sērijas tipveida ēka

Modelis A



Lokālās nosūces:
- no sanitārajiem mezgļiem
75 m³/h;
- no virtuvēm 400 m³/h.

Darbība 4 stundas
diennaktī nodrošina*

$n = 0,59 \text{ 1/h}$

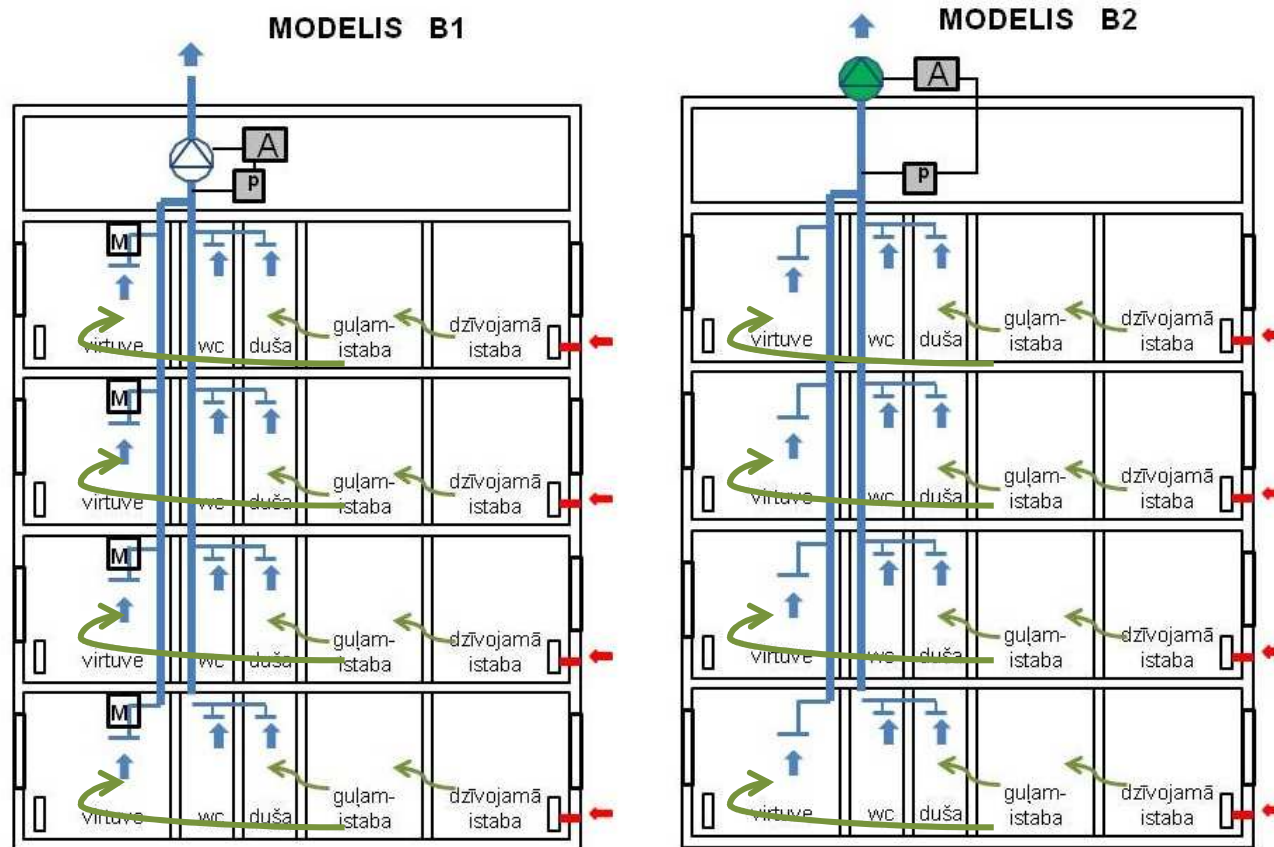
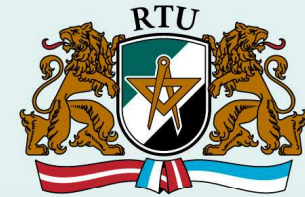
Optimālā
gaisa
apmaiņa*

$n = 0,66 \text{ 1/h}$

$n = 0,44 \text{ 1/h}$
ar CO₂
vadību

*aprēķins
119.sērijas
ēkai;
30 m³/h uz
pers.

Modelis B1; B2



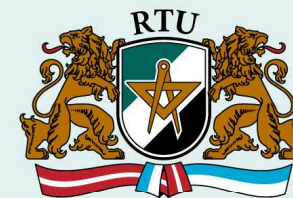
Optimālā gaisa
apmaiņa*

$n = 0,66 \text{ 1/h}$

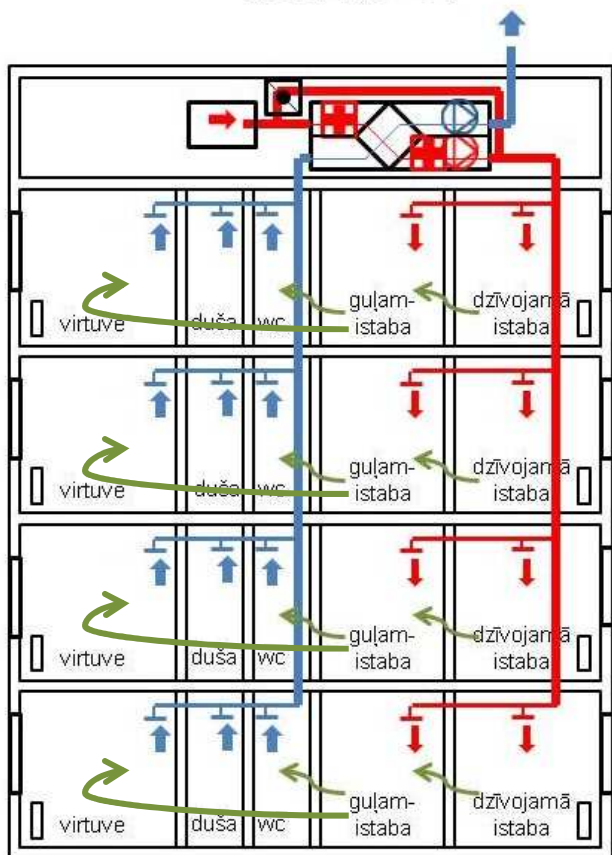
$n = 0,44 \text{ 1/h}$
ar CO_2 vadību

*aprēķins 119.sērijas ēkai;
 $30 \text{ m}^3/\text{h}$ uz pers.

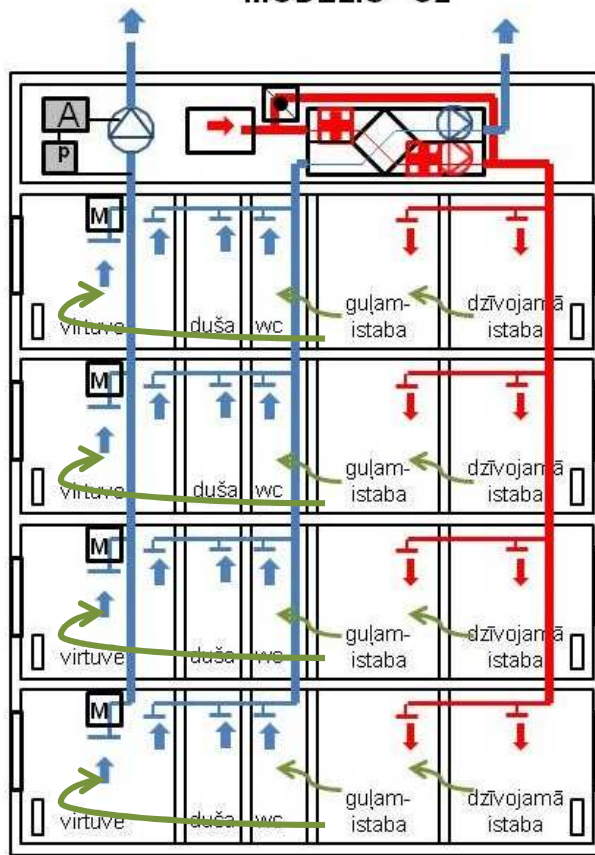
Modelis C1; C2



MODELIS C1



MODELIS C2



Optimālā gaisa
apmaiņa*

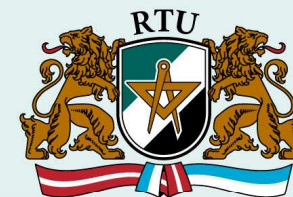
$n = 0,66 \text{ 1/h}$

un
siltuma atguve 65%

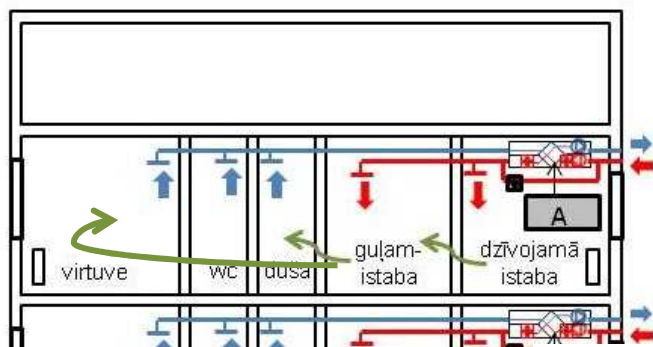
nodrošina
siltumenerģijas
ekonomiju ~ 50
 kWh/m^2 jeb 50%
sāļdzinot ar LBN
ventilāciju

*aprēķins 119.sērijas
ēkai;
 $30 \text{ m}^3/\text{h}$ uz pers.

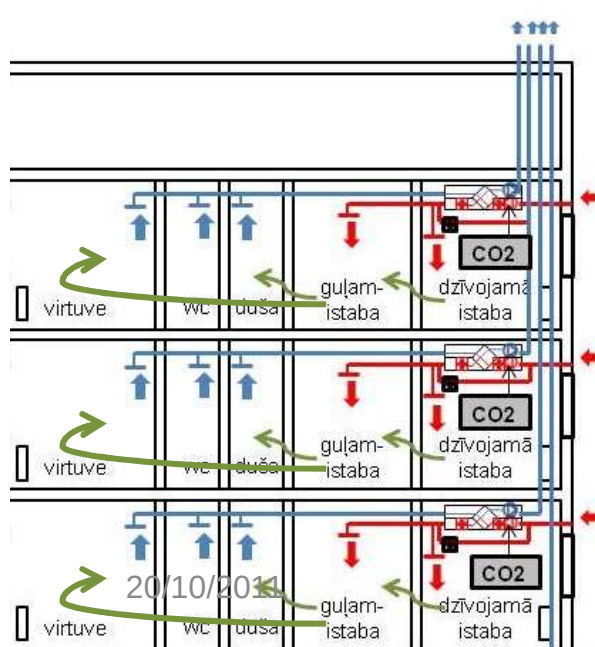
Modelis D1; D2; D3; D4



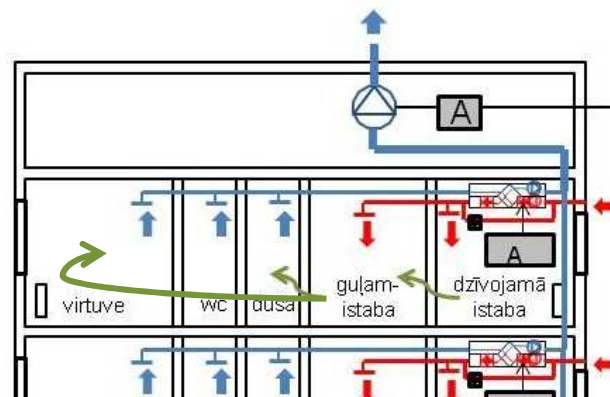
MODELIS D1



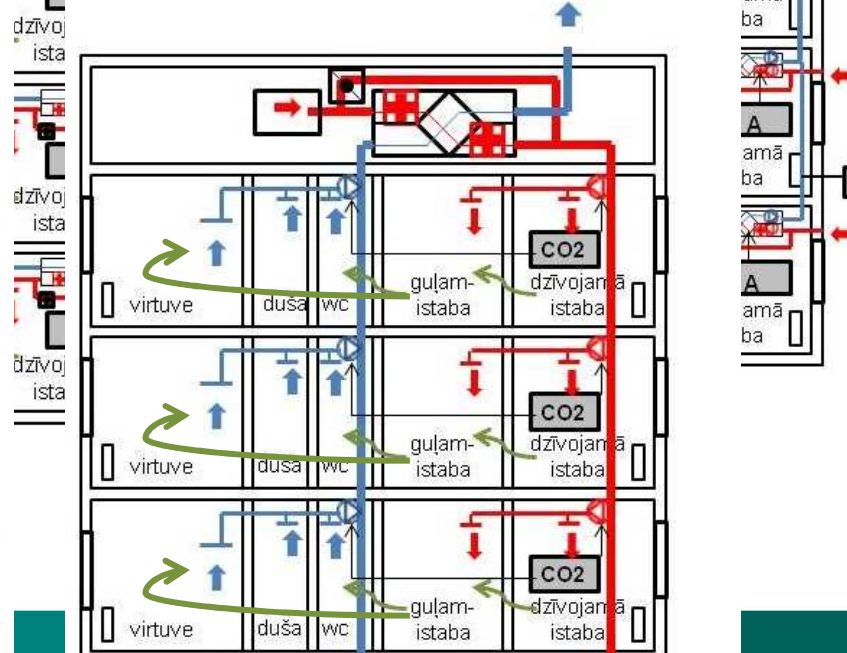
MODELIS D2



MODELIS D3



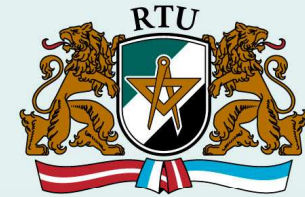
MODELIS D4



Optimālā gaisa apmaiņa*
 $n = 0,66 \text{ 1/h} +$
 siltuma atguve
 65%
 nodrošina
 siltumenerģijas
 ekonomiju ~ 50
 kWh/m² jeb 50%
 salīdzinot ar LBN
 ventilāciju

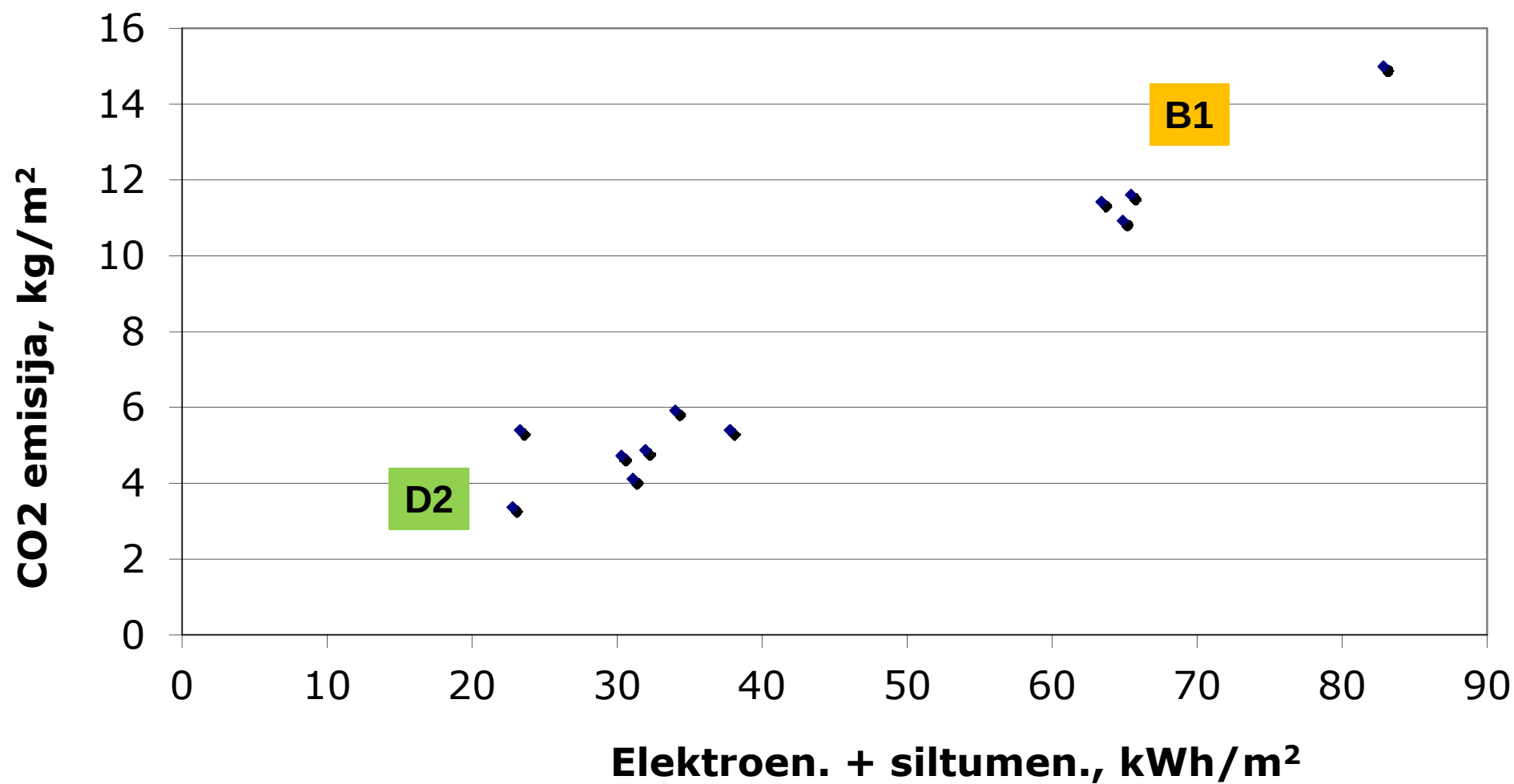
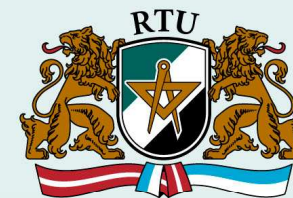
*aprēķins 119.sērijas
 ēkai;
 30 m³/h uz pers.

Kopsavilkums par modeļiem

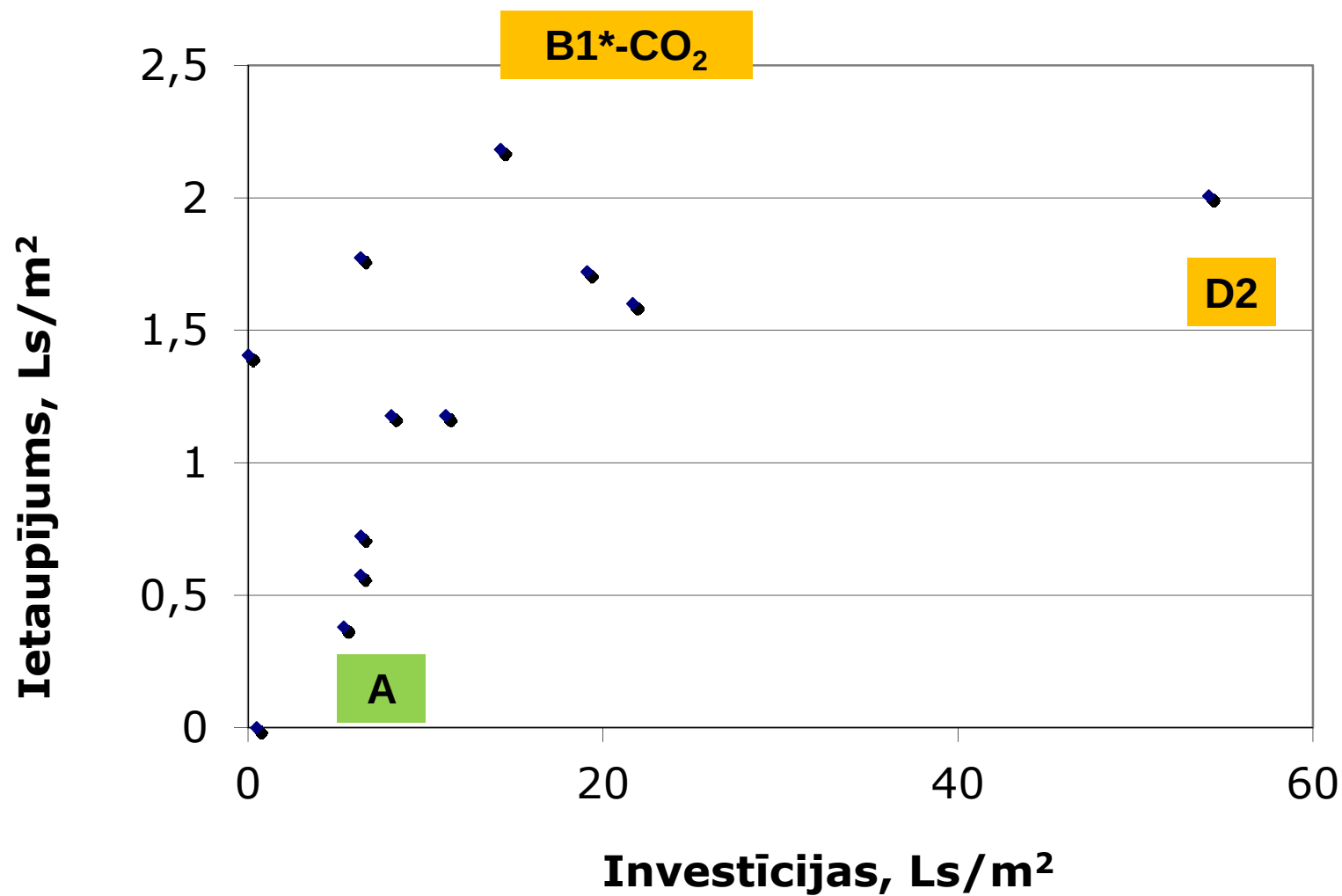
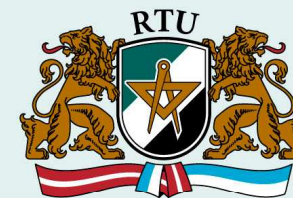


Modelis	Elektroen. kWh/m ²	Siltumen. kWh/m ²	Summa kWh/m ²	CO ₂ emisija, kg/m ²
Dabiskā ventilācija	0,00	82,85	82,85	15,00
A -lokālās nosūces	8,93	55,95	64,87	10,93
B1 -centralizēta nosūce	2,59	62,85	65,44	11,61
B1* -centralizēta nosūce ar siltuma utilizāciju	2,59	31,42	34,02	5,92
B1*-CO2 -centralizēta nosūce ar siltuma utilizāciju	2,59	20,71	23,30	5,40
B2 -centralizēta nosūce – hibrīda ventilators	0,55	62,85	63,40	11,43
C1 –centralizēta pieplūde/nosūce	15,79	22,00	37,79	5,40
C2 -centralizēta pieplūde/nosūce +*	15,79	22,00	37,79	5,40
D1 -decentralizēta pieplūde/nosūce	8,29	22,00	30,29	4,73
D2 -decentralizēta pieplūde/nosūce	8,29	14,50	22,79	3,37
D3 -decentralizēta pieplūde/nosūce	9,95	22,00	31,95	4,88
D4 -kombinēta sistēma	16,59	14,50	31,09	4,12

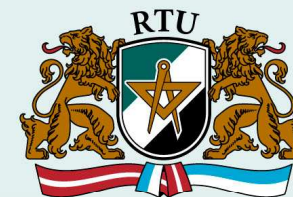
Energoefektivitāte un CO₂ emisijas



Investīcijas un ietaupījums

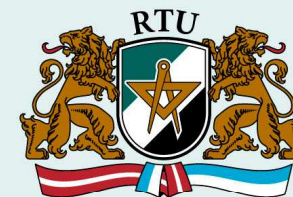


Kopsavilkums



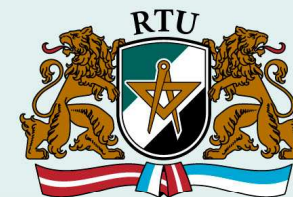
- Optimizējot gaisa apmaiņas daudzumu vai nodrošinot telpu ventilāciju pēc pieprasījuma (demand-controlled) ar CO₂ koncentrācijas (vai cita parametra) kontroli dzīvojamās telpās, iespējams samazināt nepieciešamā gaisa apjomu par vidēji 24 līdz 50 % un nodrošināt optimālu telpu mikroklimatu un energoefektivitāti.
- Optimizējot gaisa apmaiņas daudzumu un realizējot siltuma utilizāciju no nosūces gaisa, iespējamais ietaupījums var sasniegt pat 68%.
- Izvēloties ventilācijas sistēmas risinājumu daudzdzīvokļu ēkai, vienlīdz svarīgi nodrošināt nepieciešamo telpu mikroklimata līmeni un minimizēt energoresursu patēriņu, sabalansējot ar nepieciešamām investīcijām.
- Realizēšanā vienkāršs ekspluatācijā esošām ēkām – modelis B – nodrošina iespēju līdz pat 50% optimizēt normatīvos uzstādītās prasības telpu gaisa apmaiņai, izmantojot CO₂ vadību. Iespēja utilizēt siltumenerģiju no nosūces gaisa.

Perspektīva



- Perspektīva – hibrīdo ventilācijas sistēmu risinājumu izmantošana dzīvojamā ēku sektorā.
- Likumdošanas prasību maiņa, konkrēti, LBN 211-08 "Daudzstāvu daudzdzīvokļu dzīvojamie nami" prasības nodrošināt vismaz $3 \text{ m}^3/\text{m}^2$ stundā gaisa apmaiņu dzīvojamās un guļamistabās, ierobežo gaisa apmaiņas optimizācijas risinājumu realizāciju.
- Ēku nodošana ekspluatācijā būtu jāorganizē ar mērījumiem, kas apstiprina normatīvo un projektā paredzēto kvalitātes un komforta līmeni (piemēram, ēkas gaisa caurlaidība, ventilācijas sistēmas ražība utml.).
- Nekustamā īpašuma energoresursu patēriņa un telpu mikroklimata kvalitātes monitorings un labās prakses veicināšana, nestu pozitīvu ieguldījumu valsts energobilancē, kā arī vispārējā komforta, veselības un labklājības pieaugumā.

Iekštelpu mikroklimata monitorings



Pētījumu veikusi Rīgas dome Baltijas jūras reģiona transnacionālās sadarbības programmas 2007-2013.gadam projekta „Energoefektīva un sabalansēta pilsētas plānošana (*UrbEnergy*)” aktivitātes

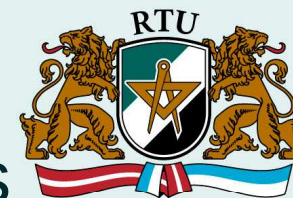
„Interneta portāla izveide iekštelpu klimata un patēriņa datu monitoringam tiešsaistes režīmā renovētā un nerenovētā ēkā” ietvaros.



Part-financed by the European Union (European Regional Development Fund and European Neighbourhood and Partnership Instrument).



464.sērija, mikroklimate monitorings, mēriekārtas



HDH-RH-N (Pro dual, Somija)

Temperatūras mērījumu diapazons 0 ... 50 °C

Temperatūras mērījumu precizitāte $\pm 0,5$ °C (pie 25 °C)

Relatīvā mitruma mērījumu diapazons 0 ... 100 %

Relatīvā mitruma mērījumu precizitāte ± 3 % no
nolasījuma vērtības (pie 25 °C)

CO₂ mērījumu diapazons 0..2000 ppm (jeb 0,00 .. 0,20 %)

CO₂ mērījumu precizitāte ± 40 ppm + 3% no nolasījuma
vērtības (pie 25 °C)



IVL 10-N (Pro dual, Somija)

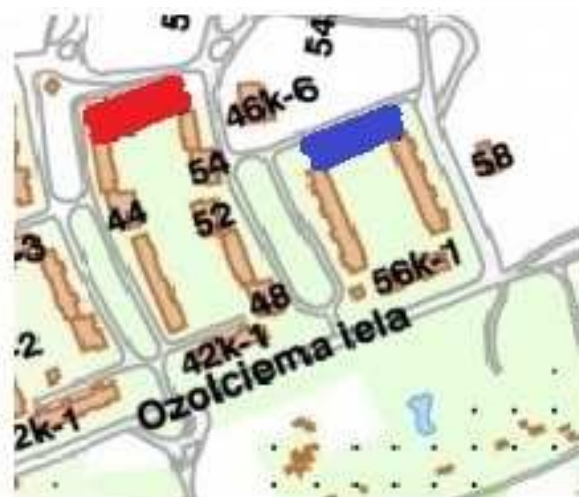
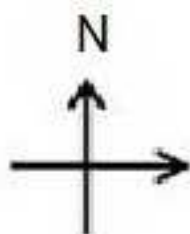
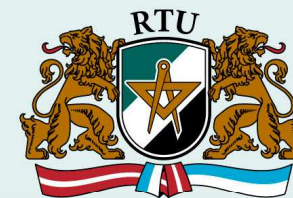
Gaisa plūsmas ātruma mērījumu diapazons 0 ... 10 m/s

Gaisa plūsmas ātruma mērījumu precizitāte $< 0,5$ m/s $\pm$
7% no nolasījuma vērtības (pie 25 °C)

Temperatūras mērījumu diapazons 0 ... 50 °C

Temperatūras mērījumu precizitāte $< 0,5$ °C (pie 25 °C, $>$
0,5 m/s)

Projekta ēkas, 602.sērija



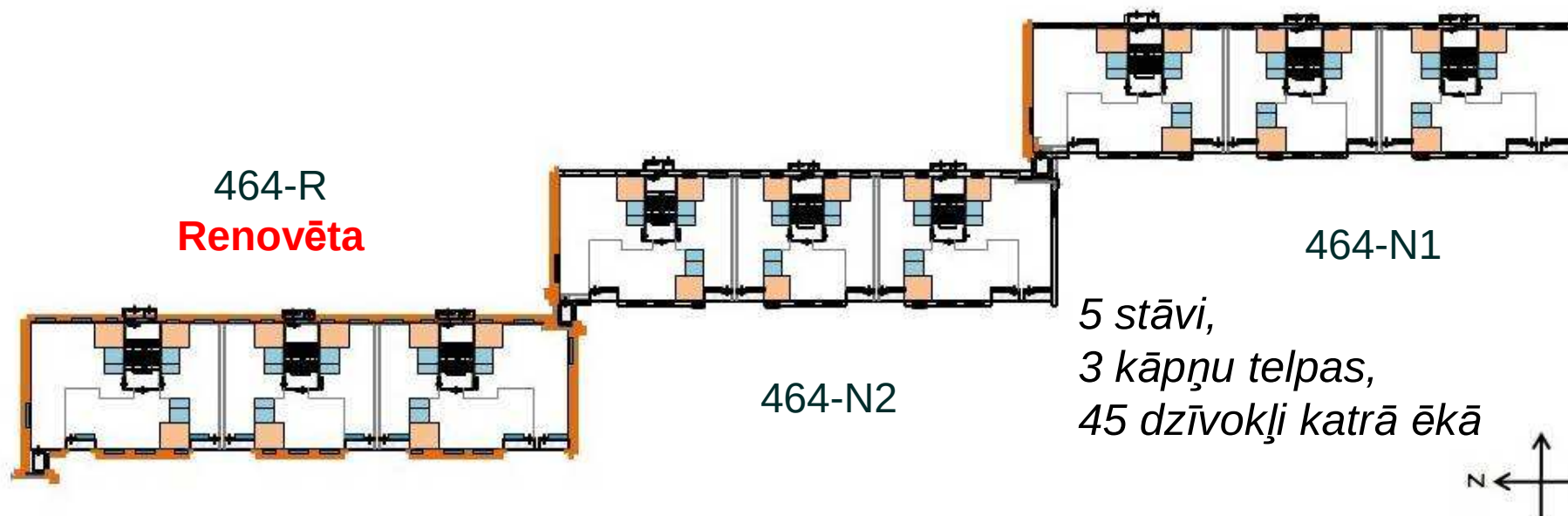
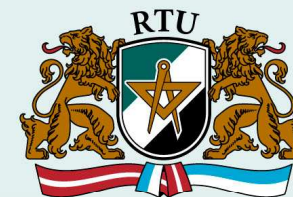
602-R

602-N

9 stāvi,
2 kāpņu telpas,
72 dzīvokļi katrā ēkā



Projekta ēkas, 464.sērija

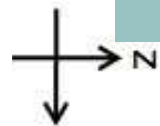
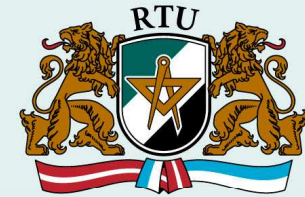


20/10/2011



21

Projekta dzīvokļi ne-renovētajā ēkā, 464.sērija



464-N2

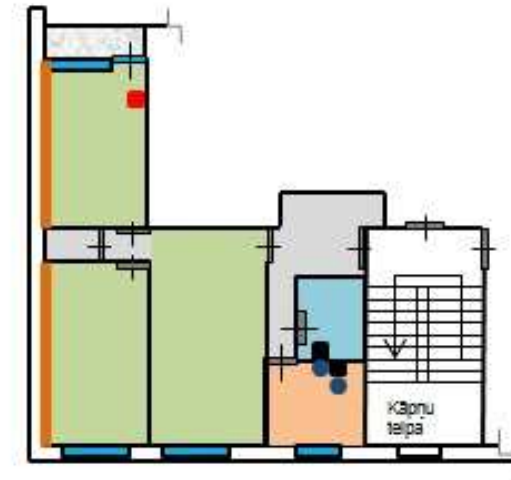
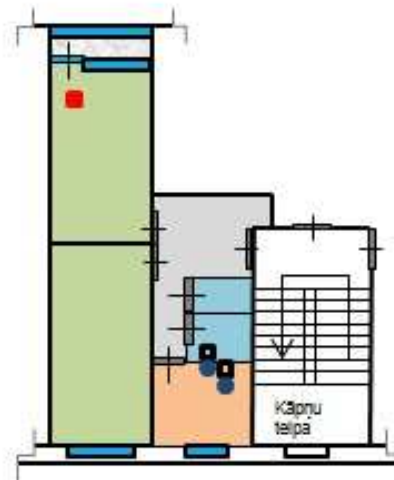
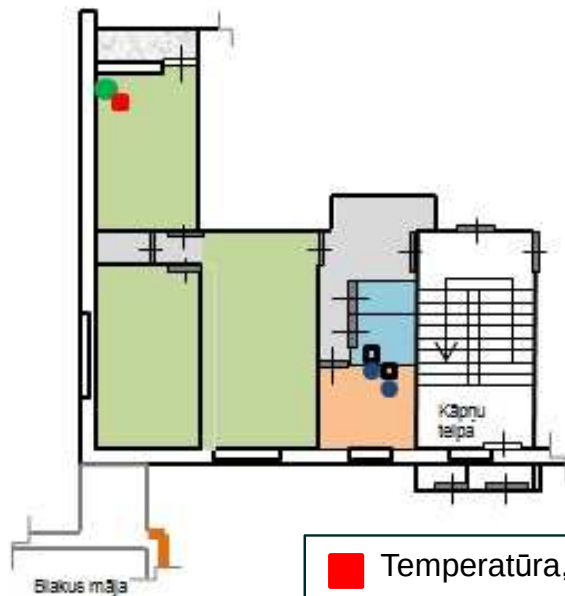
464-N2

464-N1

Pirmais stāvs

Vidējais stāvs

Augšējais stāvs



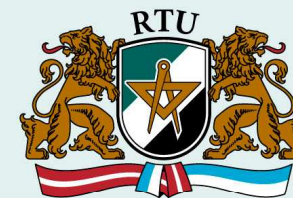
■ Temperatūra, RH, CO₂

● Temperatūra, Gaisa ātrums

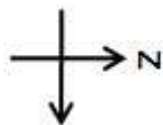
● Temperatūra

□ / ■ Ventilācijas kanāli virtuvē un sanmezglos **bez** / **ar** lokālo nosūces ventilatoru

Projekta dzīvokļi renovētajā ēkā, 464.sērija



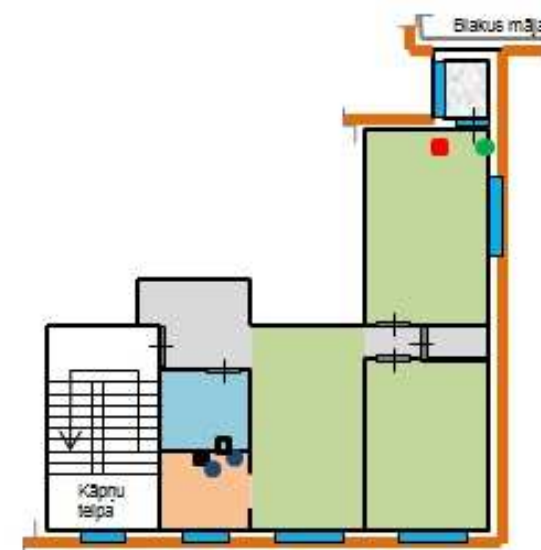
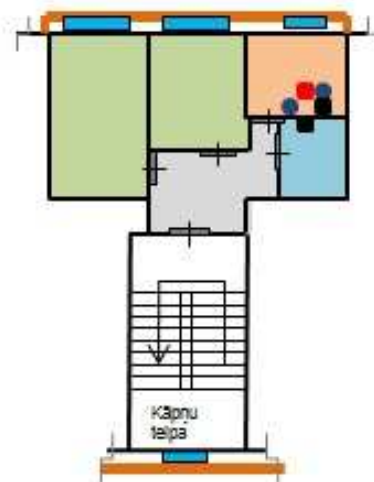
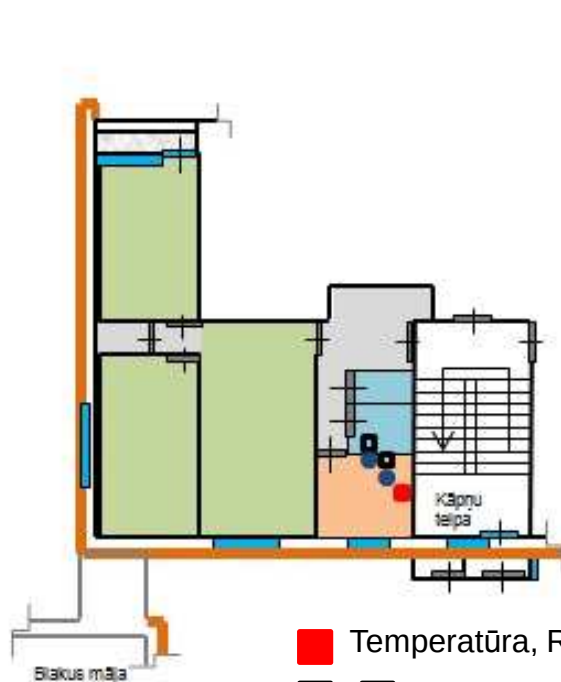
464-R



Pirmais stāvs

Vidējais stāvs

Augšējais stāvs



■ Temperatūra, RH, CO₂

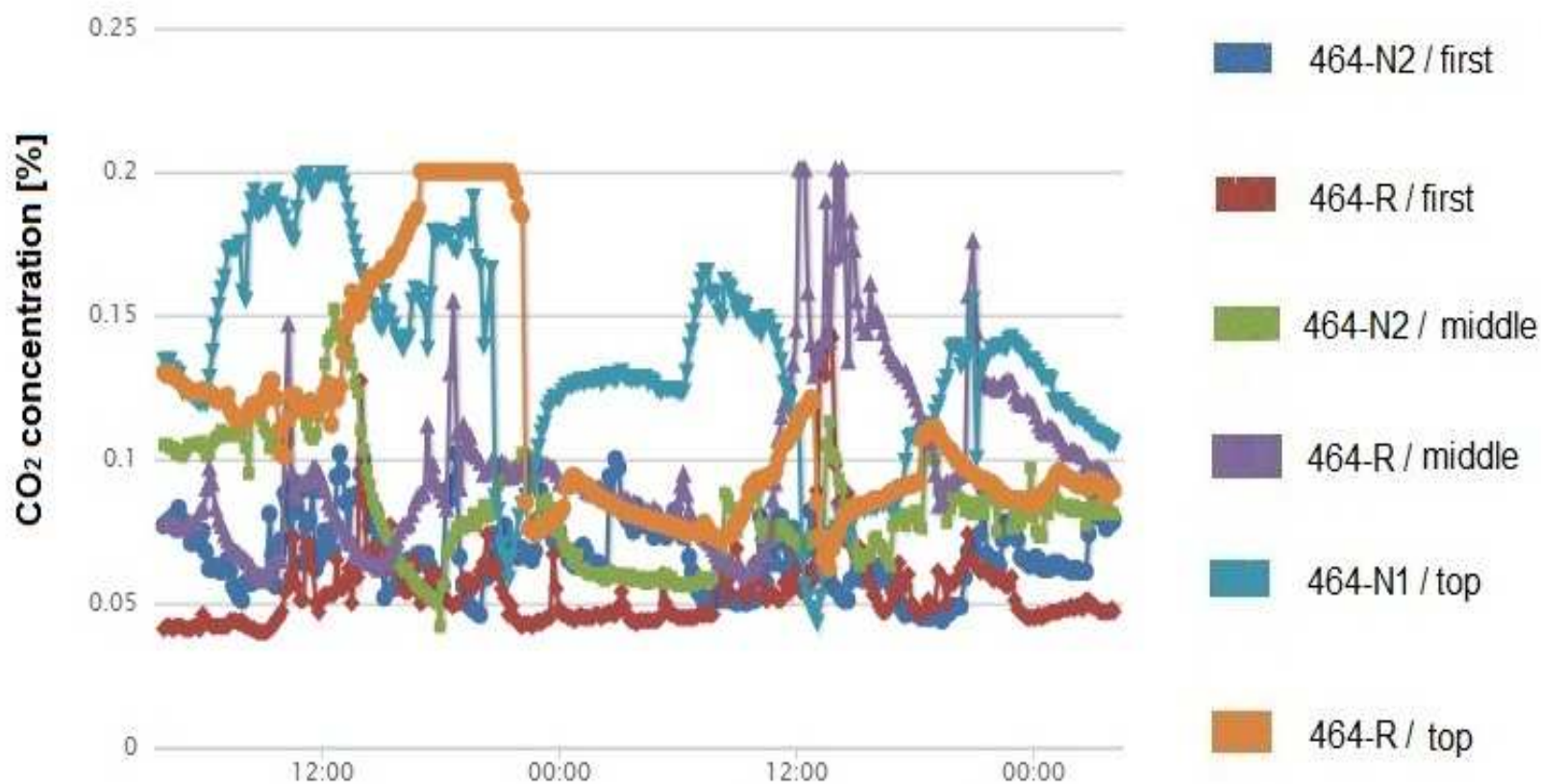
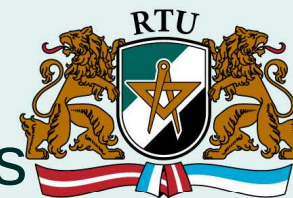
● Temperatūra, Gaisa ātrums

● Temperatūra

□ / ■ Ventilācijas kanāli virtuvē un sanmezglos **bez** / **ar** lokālo nosūces ventilatoru

REZULTĀTI

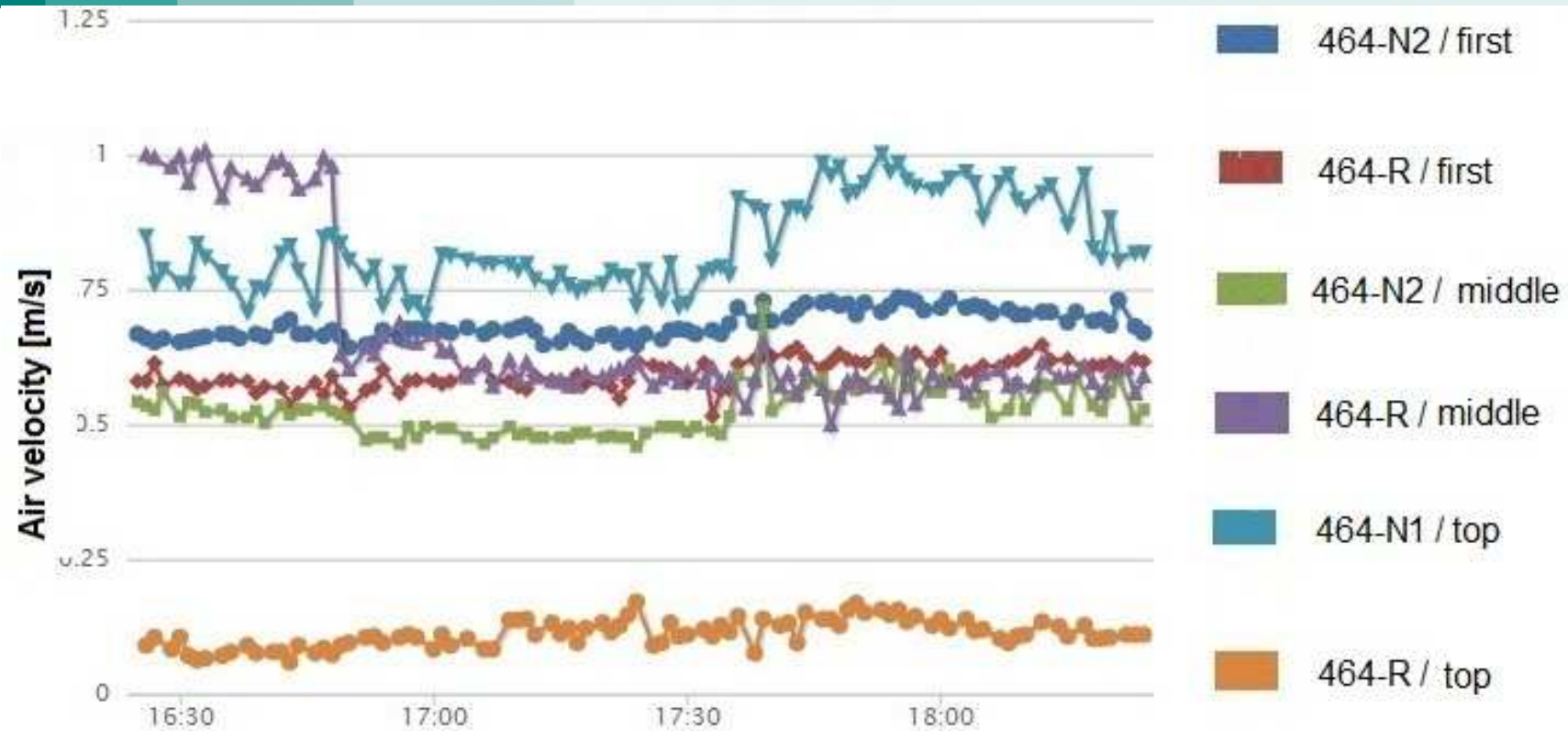
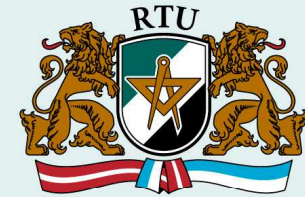
CO₂ koncentrācijas līmenis



Vēlamais CO₂ koncentrācijas līmenis dzīvojamās telpās: < 0,10 % (1000 ppm)

REZULTĀTI

Gaisa plūsmas ātrums



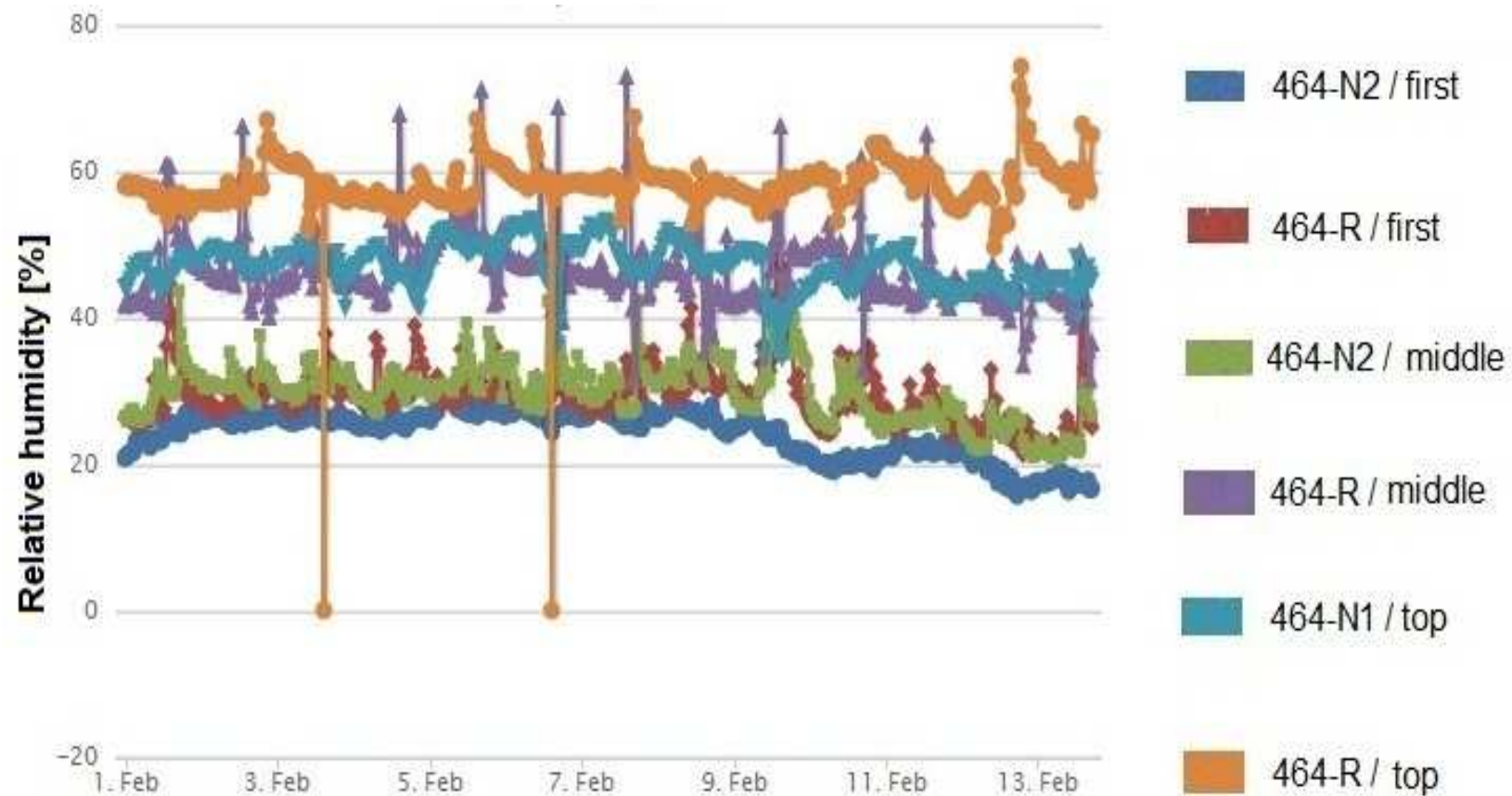
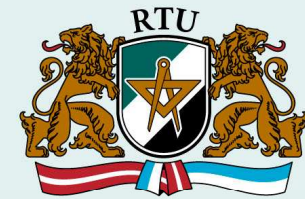
Gaisa plūsmas ātrums nosūces ventilācijas kanālā (āra gaisa temperatūra ap -10°C)

Nepieciešams pēc normām projekta dzīvokļos, 464.sērija: 1,44 m/s ($140 \text{ m}^3/\text{h}$)

Nepieciešams pēc normām projekta dzīvokļos, 602.sērija: 1,13 m/s ($165 \text{ m}^3/\text{h}$)

REZULTĀTI

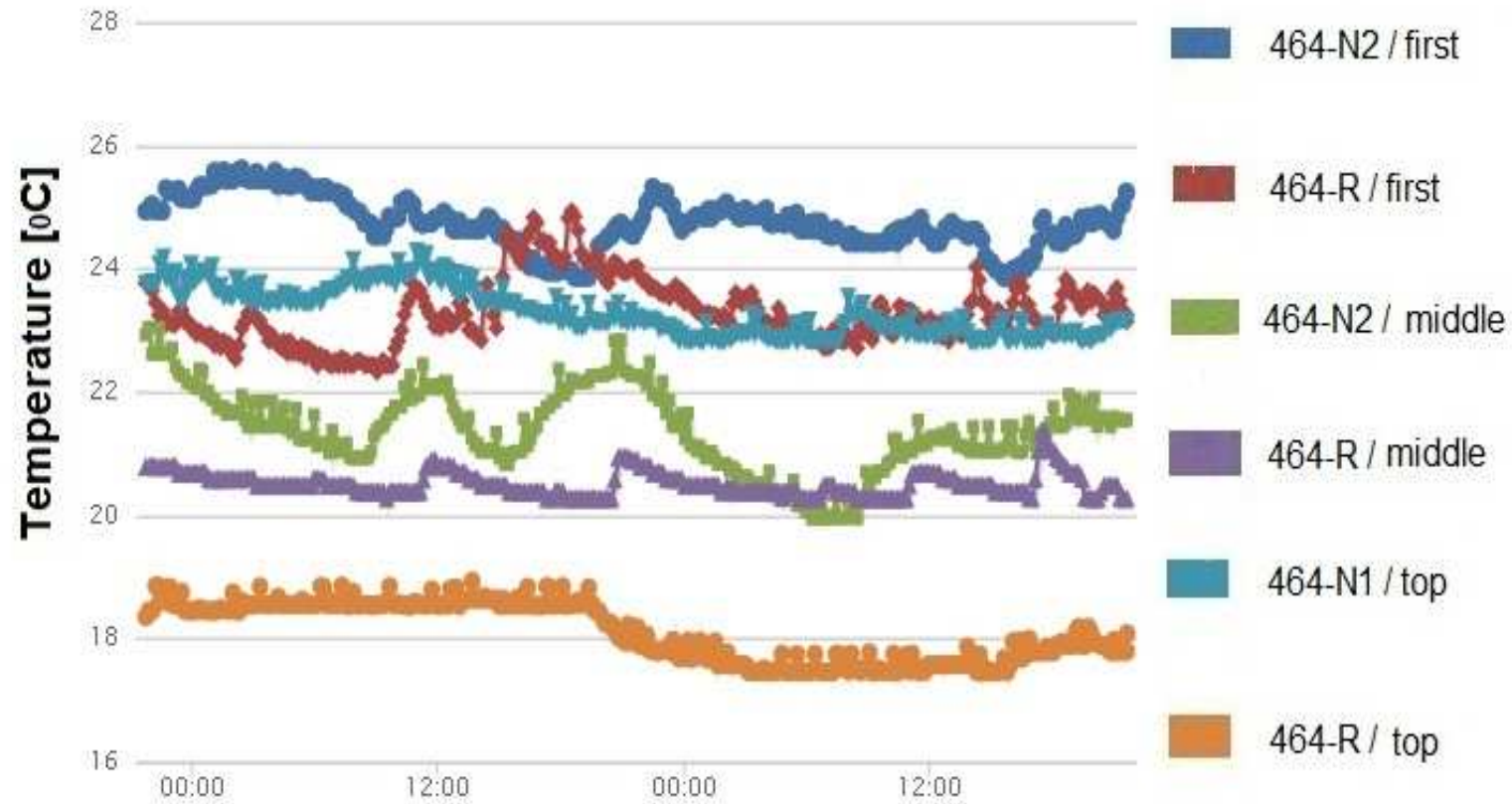
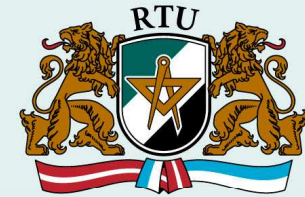
Relatīvais mitrums



Vēlamais relatīvais mitrums dzīvojamās telpās: 30 % - 70 %

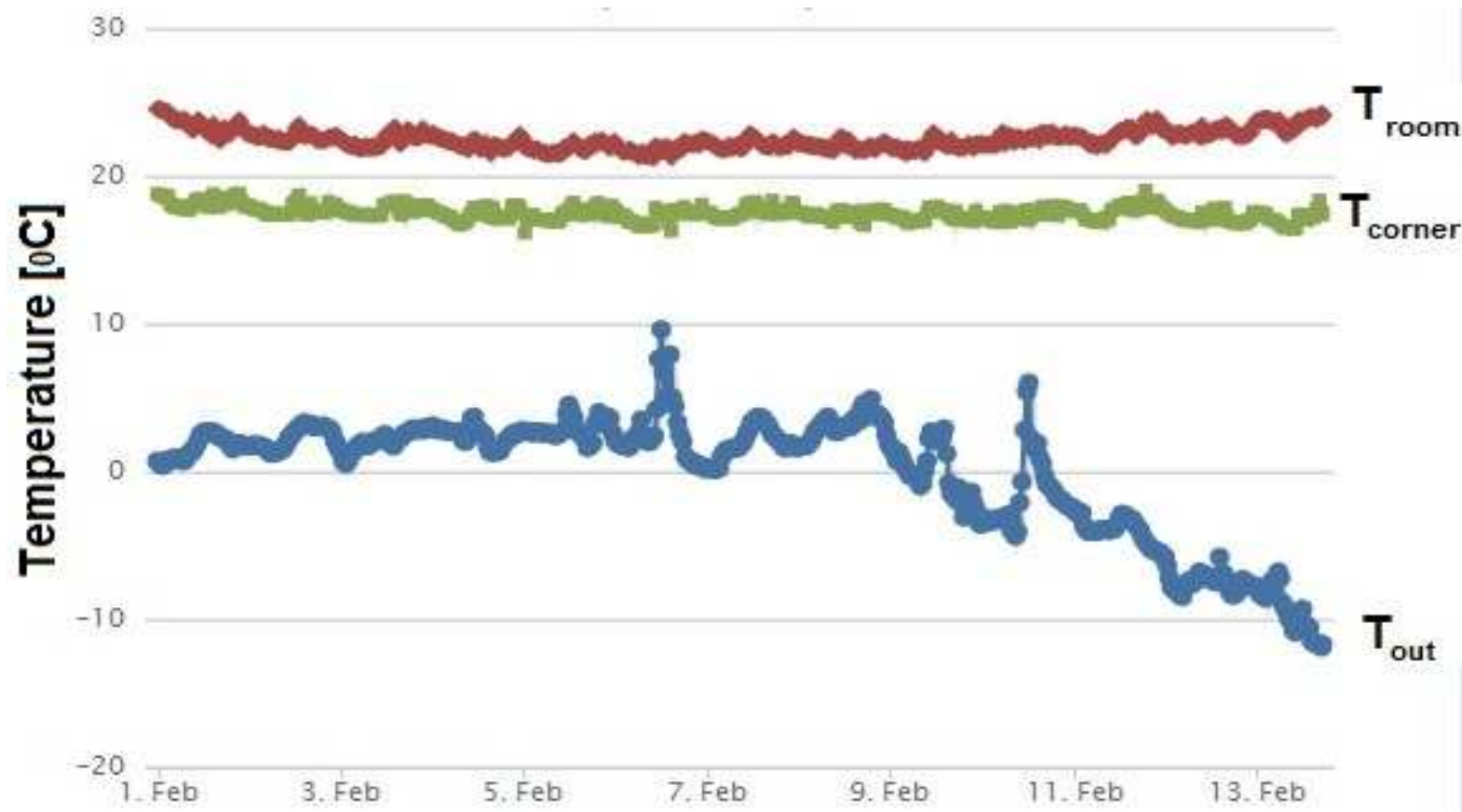
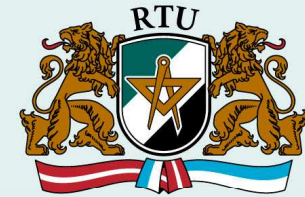
REZULTĀTI

Temperatūra - I

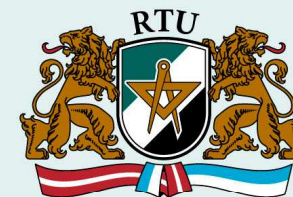


REZULTĀTI

Temperatūra - II

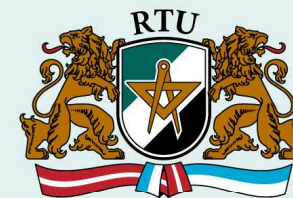


Kopsavilkums - I



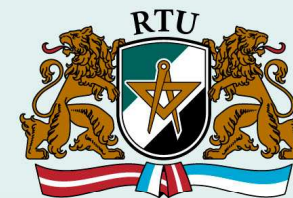
- Vidēji iekštelpu gaisa temperatūra **guļamistabās ir 22...24 °C** gan ēkās pirms, gan pēc renovācijas, pie āra gaisa temperatūras -5 °C līdz 5 °C. Nerenovētās ēkās vienlaicīgi iekštelpas gaisa temperatūra stūrī var būt ap 15 °C. Pazemināta temperatūra telpu stūros rada kondensāta risku un cilvēka neapmierinātību ar termisko vidi, diskomfortu.
- Temperatūra dzīvokļu **sanmezglos ir 21...22 °C**, nav iespējams sasniegt normatīvos prasīto temperatūru 25 °C.
- Temperatūras mērījumu rezultāti dažādos dzīvokļos ēkās pirms un pēc renovācijas prezentē nepieciešamību nodrošināt iedzīvotājiem **iespēju mainīt iekštelpu gaisa temperatūru un līdz ar to siltumenerģijas patēriņu** apsildei, atbilstoši finansiālajām iespējām un individuālām komforta prasībām.
- Siltumenerģijas patēriņš renovētajās ēkās ir aptuveni **par 50% mazāks**.

Kopsavilkums - II



- Iekštelpu gaisa kvalitātes mērījumi apstiprina ventilācijas problēmas un samazinātu iekštelpu komfortu tipveida daudzstāvu daudzdzīvokļu ēkās. Lai to uzlabotu, nepieciešams veikt ventilācijas sistēmas uzlabojumu visos dzīvokļos – gan ēkās pirms, gan pēc renovācijas.
- Gaisa caurplūdes atšķirības starp nobloķētu un funkcionējošu nosūces ventilācijas kanālu pēc attīrīšanas sasniedz 4 reizes!
- Augšējos stāvos mitrums, kas akumulējies ēku norobežojošās konstrukcijās, palielina iekšējās relatīvo mitrumu par 20...35% salīdzinot ar apakšējo stāvu dzīvokļiem.
- Ēkas renovācijas darbi, ar mērķi paaugstināt ēku energoefektivitāti, jāplāno kompleksi ar inženiersistēmu atjaunošanu, uzlabošanu vai modernizāciju!

Termiskais komforts: ne-renovētas 464.sērijas ēkas Rīgā, 11., 12. oktobris, 2011.

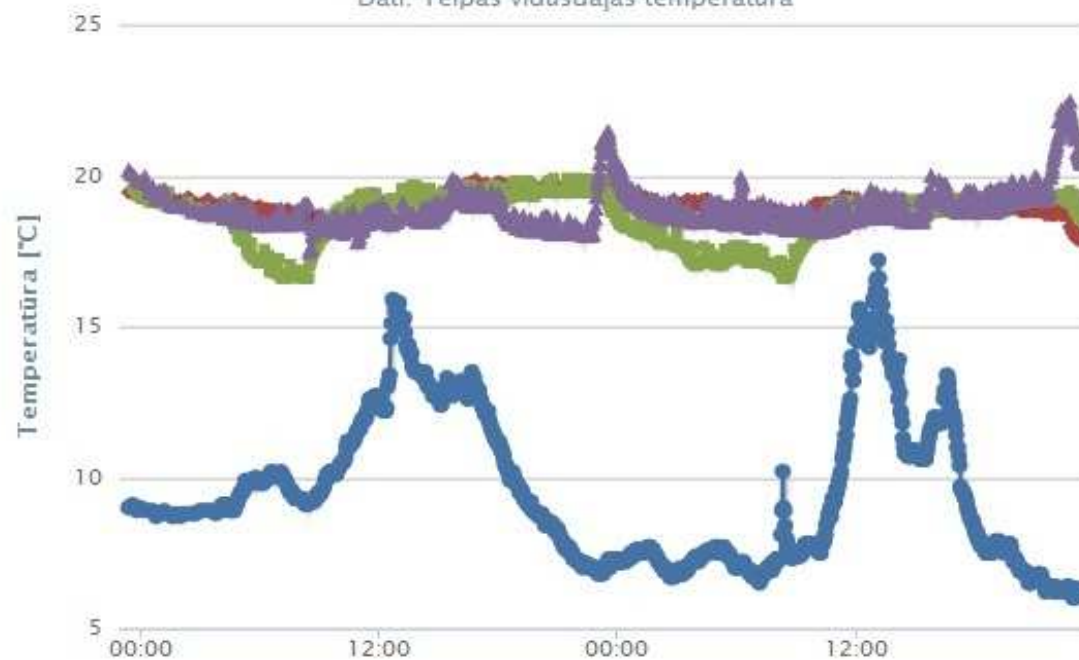


Interaktīvie grafiki (multi lines ☒)

"Multi line" režīmā iespējama neatbilstība Y ass un līkņu nosaukumos.

Gaisa temperatūra telpā [°C]

Dati: Telpas vidusdaļas temperatūra



1. zils - āra gaisa
temperatūra, °C

2. bordo - 464.Ner.ApDziv.

3. zaļš - 464.Ner.VidDziv.

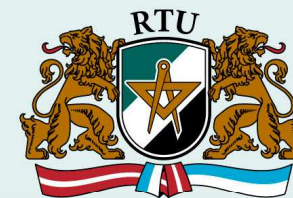
4. violets - 464.Ner.AugDziv.

Nekomerciāliem lietojumiem. Pēc Highcharts.com licences.

Datu vēsture - 48 stundas (ir jāizvēlas sensors)

ver. 0.57 20110314 © Vīza studio, 2010-2011

Termiskais komforts: **renovēta** 464.sērijas ēka Rīgā, 11., 12. oktobris, 2011.

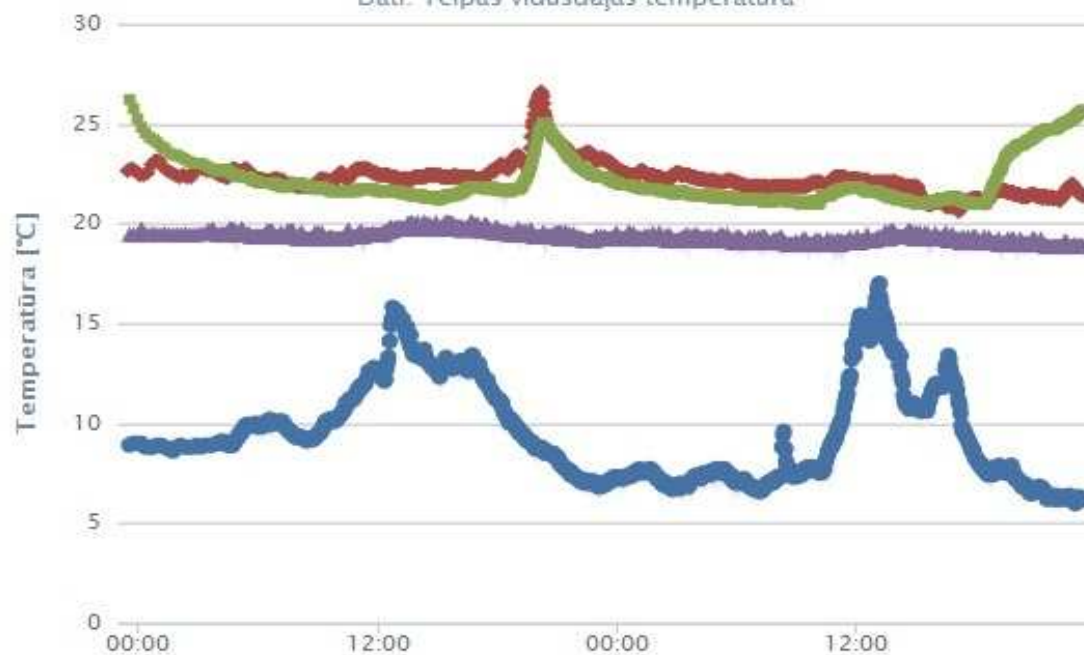


Interaktīvie grafiki (multi lines ☒)

"Multi line" režīmā iespējama neatbilstība Y ass un līkņu nosaukumos.

Gaisa temperatūra telpā [°C]

Dati: Telpas vidusdaļas temperatūra



1. zils - āra gaisa
temperatūra, °C

2. bordo - 464. R. .ApDziv.

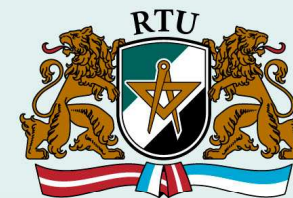
3. zaļš - 464. R. .VidDziv.

4. violets - 464. R. .AugDziv.

Nekomerciāliem lietojumiem. Pēc Highcharts.com licences.

Datu vēsture - 48 stundas (ir jāizvēlas sensors)

ver. 0.57 20110314 © ViZa studio, 2010-2011



Paldies par uzmanību!

arturs@lafivents.lv

ilze.dimdina@gmail.com

<http://www.kaiminiem.info>

Pateicība a/s "Latvijas Gāze" par I.Dimdiņas pētījuma finansiālo atbalstu