



Šis projekts ir saņēmis finansējumu no Eiropas
Savienības izpētes un inovāciju programmas
Apvāršnis2020 saskaņā ar granta līgumu Nr. 784966

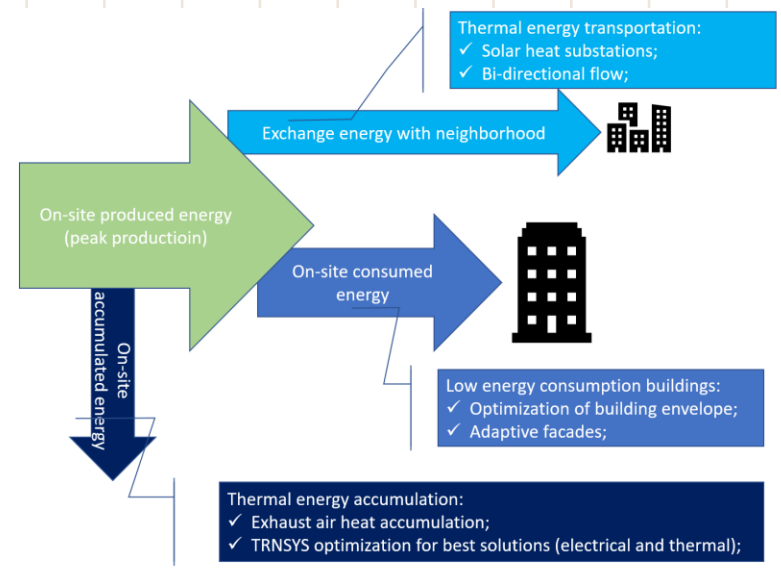
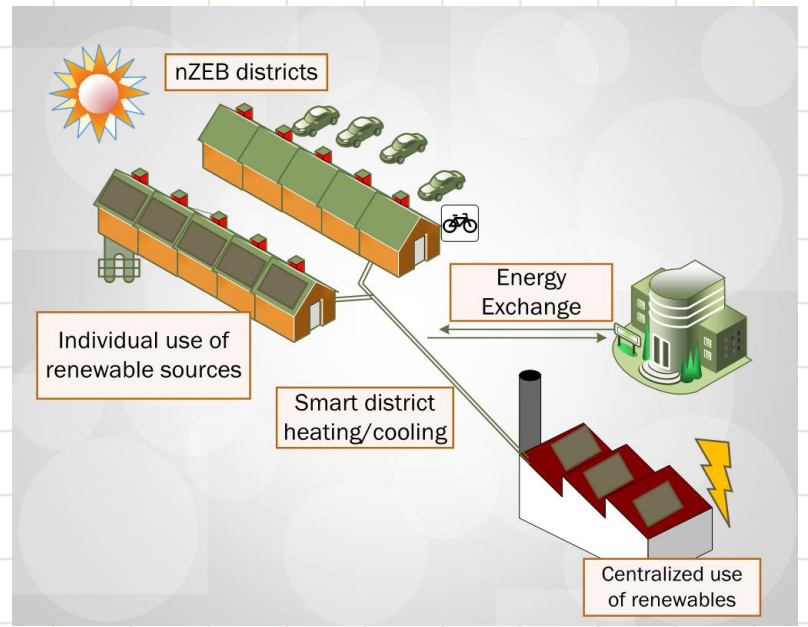
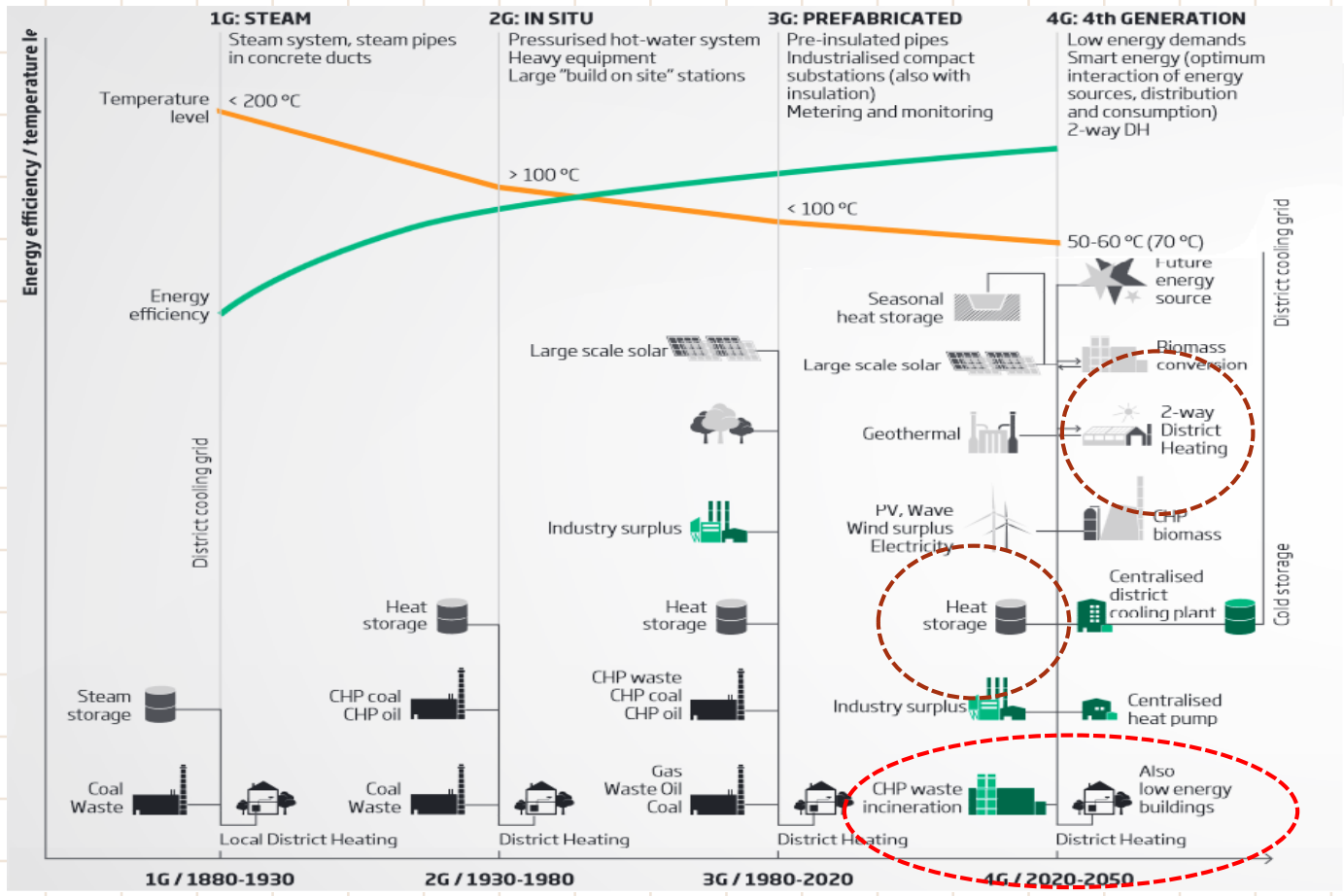
**Siltumapgādes sistēmu modelēšana pēc saistīto ēku
energoefektivitātes uzlabošanas –
Zemas temperatūras apkures sistēmu ēku darbības režīma
specifika (2.2.5.).**

DR.SC.ING. ANATOLIJS BORODIŅECS

RIXDIMENSIJA@OUTLOOK.COM

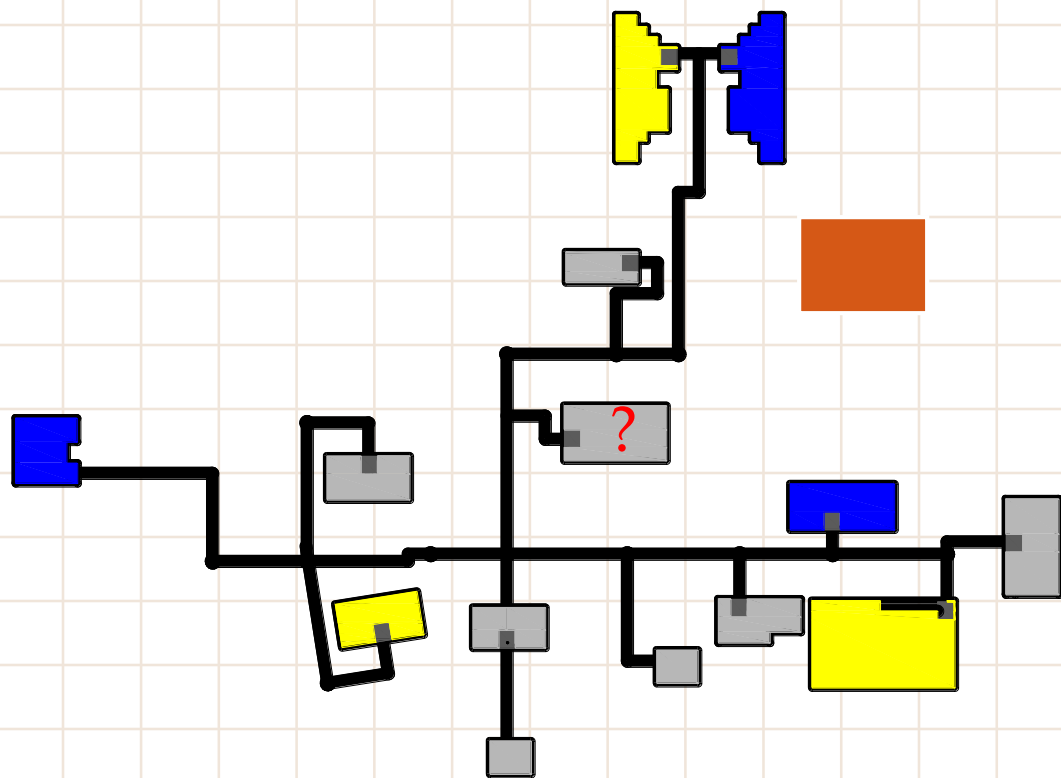
ES "Horizon2020" programmas finansēts projekts Nr. 784966
"Centralizētās siltumapgādes sistēmu darbības uzlabošana Centrāleiropā
un Austrumeiropā" (KeepWarm)



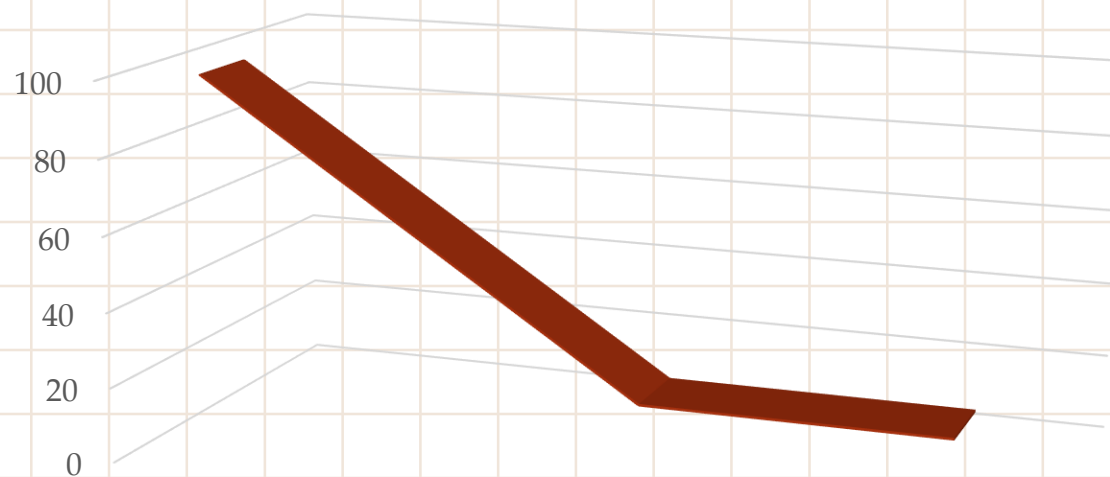


Lund H. et.al. 4th generation district heating, integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems// Energy. - 2014. - Vol. 68. - p. 1-11.

Perspektīva attīstība



Siltumpatēriņa perspektīvais samazinājums



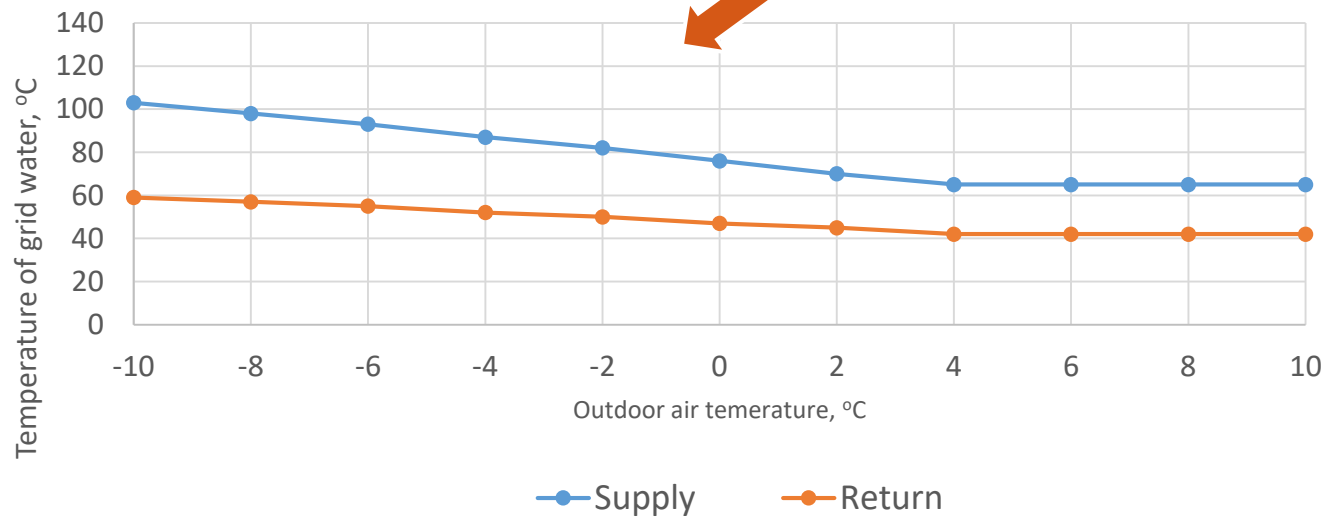
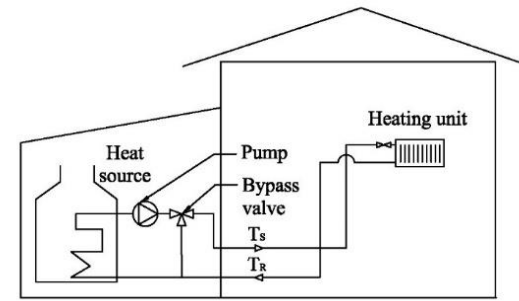
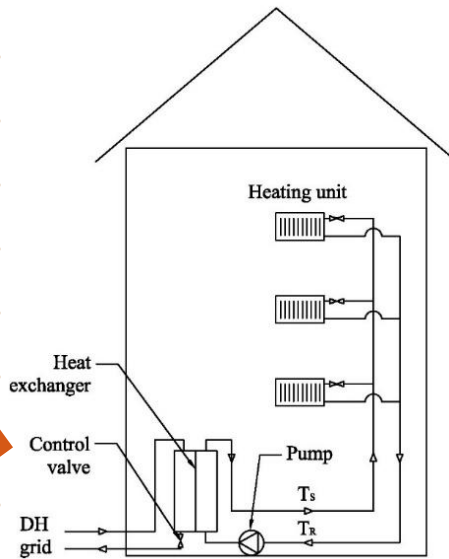
200 kWh



40 kWh

No 2021. gada 1. janvāra
un turpmāk
gandrīz nulles enerģijas
ēka

Siltuma piegādes shēmas

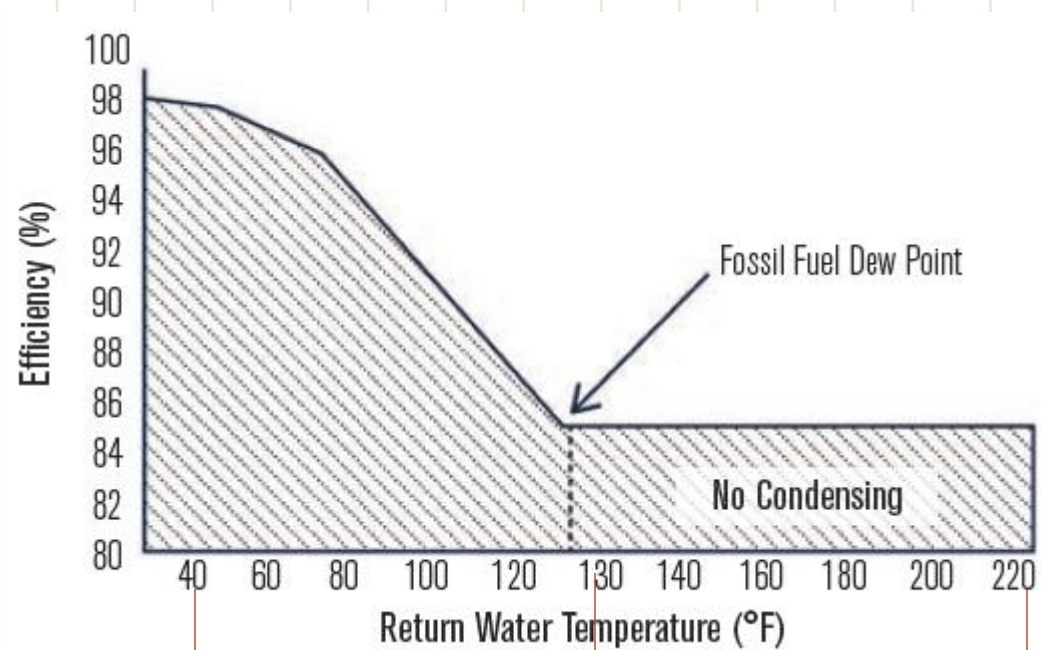


The Boiler Efficiency Directive (92/42/EEC)

- par efektivitātes prasībām jauniem karstā ūdens apkures katliem, kas tiek kurināti ar šķidriem vai gāzveida kurināmiem.
 - Zemas temperatūras gāzes katli;
 - **Kondensācijas tipa gāzes katli;**

Zemas temperatūras apkures katls: apkures katls, kurš var nepārtraukti darboties ar ūdens apgādes temperatūru no 35 līdz 40° C, kas noteiktos apstākļos iespējams izraisa kondensāciju, tostarp kondensējošie apkures katli.

Kondensācijas tipa gāzes katli

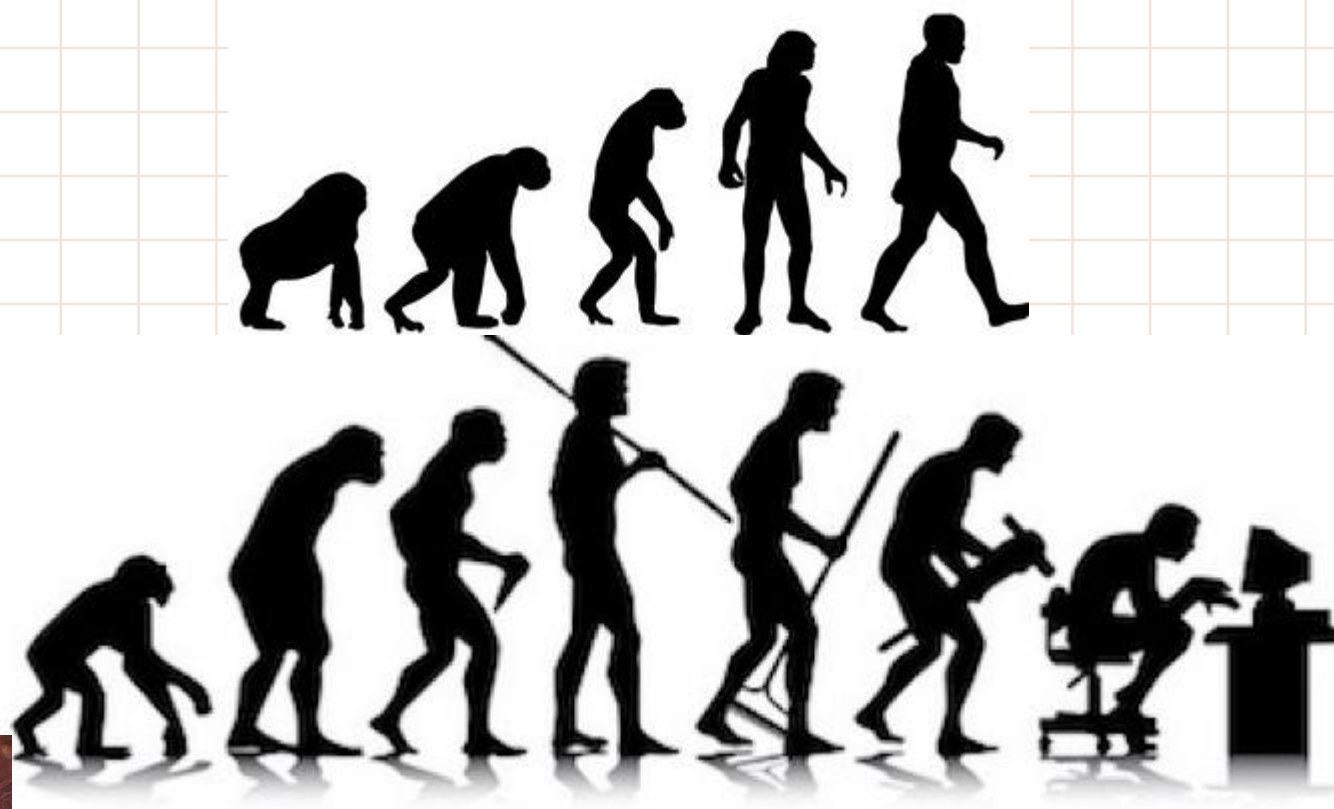


4.4°C

54.4°C

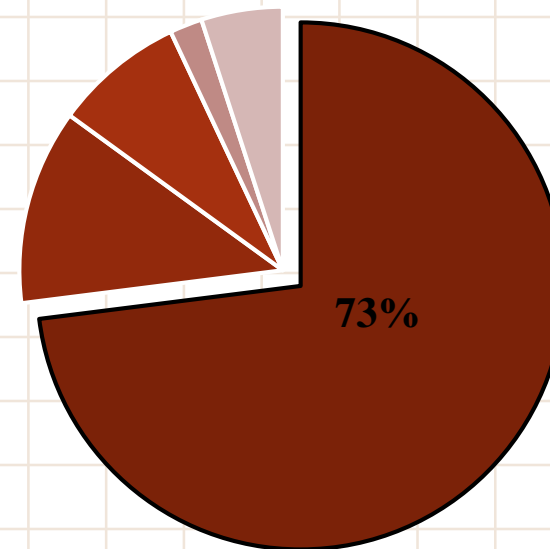
104.4°C

VanWormer, C & Grassl, D. (2018). Best practices for condensing boilers. ASHRAE Journal. 60. 18-27.



Ēkas energopatēriņš

- Enerģijas patēriņš mājsaimniecībās sasniedz 30% no kopējā primārās enerģijas patēriņa apkures veido vairāk nekā 70%.

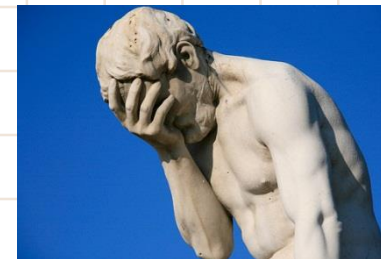


■ Heating ■ Warm water
■ Mechanical energy ■ Lightning
■ Other

Dzīvojamo ēku energopatēriņš

Ko būvēt?

Pasīvā māja



Energoefektīvā māja

?

?

Zema enerģijas patēriņa māja

Nulles enerģijas ēka

?

?

Gandrīz nulles enerģijas mājā

Zaļā mājā

?

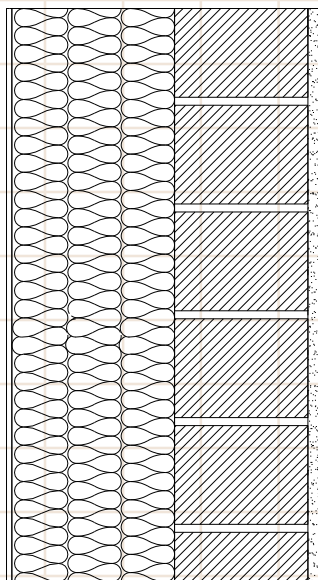
?

Veselīgā mājā

Aktīvā māja

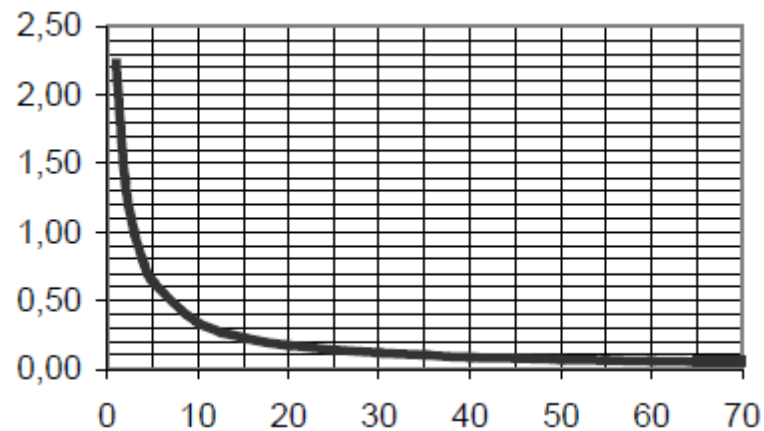


Ēku siltināšana



?????

Siltuma caurlaidības koeficients



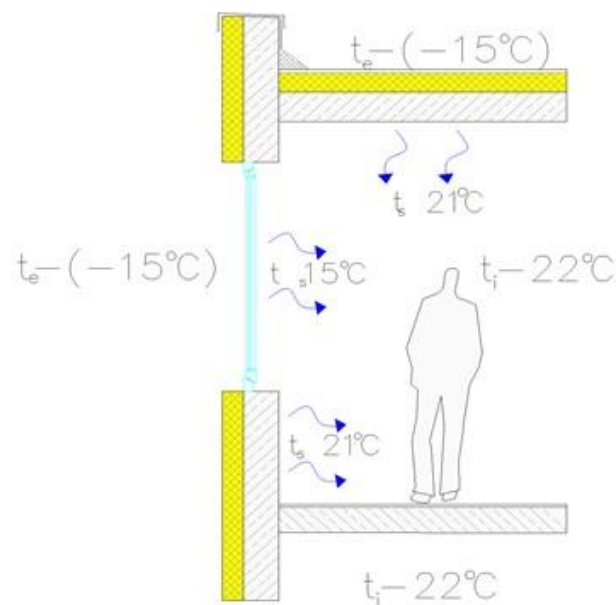
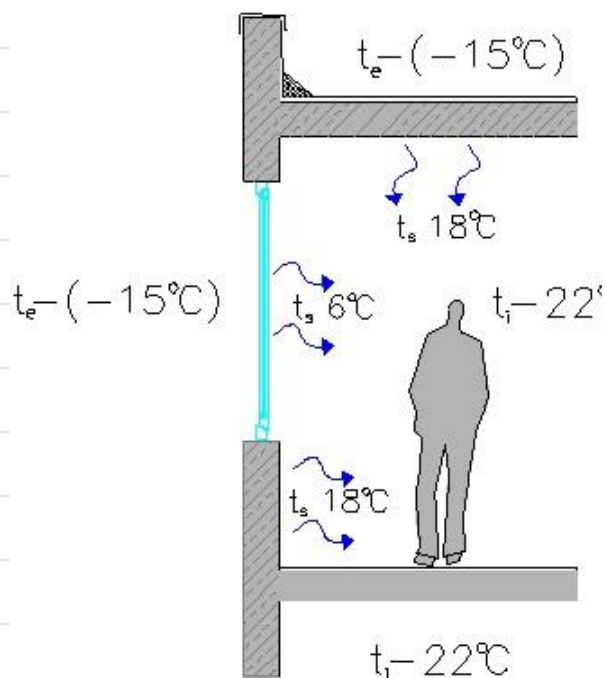
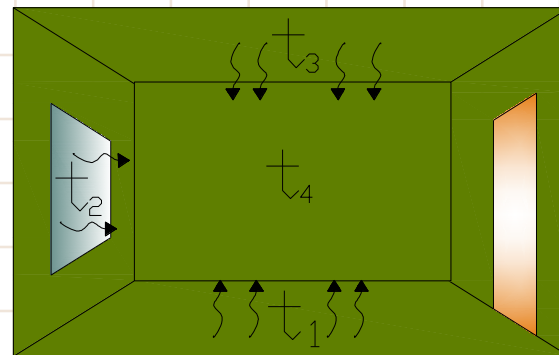
Siltumizolācijas slāņa biezums

- ✓ *Siltumizolācija;*
- ✓ *Logu nomaiņa;*



Vidējā starojuma temperatūra

$$MRT = \frac{T_1 A_1 + T_2 A_2 + T_3 A_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots}$$



Operatīva temperatūra

$$t_o = \frac{t_i + \bar{t}_{st}}{2}, ^\circ\text{C}$$



Renovācijas scenāriji

	Retrofitting solution		
	Existing situation before renovation	According to existing legislation without controlled ventilation	According to existing legislation with mechanical ventilation with heat recovery
Heat consumption for heating, kWh/m ²	142,7	53,8	50,4
Heating consumption for Hot water , kWh/m ²	56	56	56
Lighting, kWh/m ²	16,7	16,7	16,7
Electricity consumption for ventilation, kWh/m ²	0	0	14,3
Air infiltration of building envelope, 1/h	0,7* including windows opening	0,5* including windows opening	~0.028* windows are closed only mechanical ventilation

Ēku siltuma patēriņš

- diennakts vidējā gaisa temperatūra ir $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- vidējā diennakts āra gaisa temperatūra trīs dienas pēc kārtas ir zemāka par $+8$ grādiem.



Kad pieslēgt apkuri?

Vieta	Diennakts vidējā gaisa temperatūra $\leq 8^{\circ}\text{C}$	
	perioda ilgums (dienas)	vidējā temperatūra ($^{\circ}\text{C}$)
Ainaži	201	0.6
Alūksne	208	-1.0
Daugavpils	198	-0.4
Dobele	194	0.5
Liepāja	189	1.6
Mērsrags	200	1.2
Priekuļi	201	-0.1
Rīga	189	0.6
Stende	201	0.7
Zilāni	200	-0.3

Apkures perioda ilgums un vidējā gaisa temperatūra ($^{\circ}\text{C}$) (dati atjaunināti par periodu 1988.-2017.)

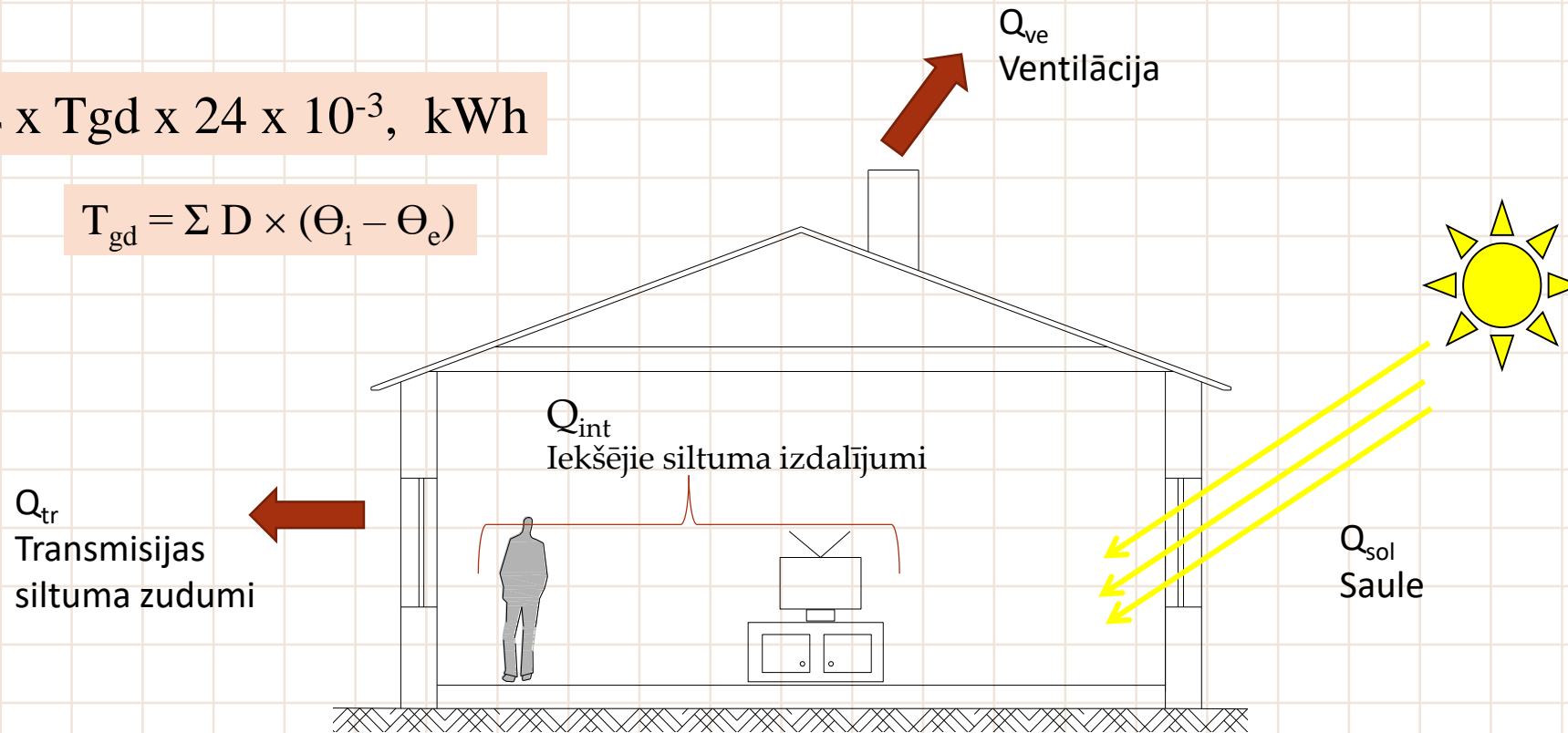
"Apkures perioda ilgums un vidējā gaisa temperatūra ($^{\circ}\text{C}$)". Par apkures periodu uzskata laiku, kad diennakts vidējā gaisa temperatūra ir stabili vienāda ar $8,0^{\circ}\text{C}$ vai zemāka. Apkures perioda raksturlielumi aprēķināti par 30 gadu datu periodu (1988.- 2017.).

Ēku energobilance

$$Q_H = \eta_L(Q_{tr} + Q_{ve}) - \eta_G(Q_{sol} + Q_{int}), [W]$$

$$E_{\Sigma G} = H_T \times T_{gd} \times 24 \times 10^{-3}, \text{ kWh}$$

$$T_{gd} = \Sigma D \times (\Theta_i - \Theta_e)$$



Bilances punkta temperatūra

$$t_b = t_i - \frac{Q_{silt.izd.}}{\left(\frac{H_T + H_V}{A_{ap.}}\right)}, \text{ } ^\circ\text{C}$$

- ✓ $Q_{silt.izd.}$ – iekšējie siltuma zudumi, W/m²
- ✓ H_T – transmisijas siltuma zudumi, W/K
- ✓ H_V – ventilācijas siltuma zudumi, W/K

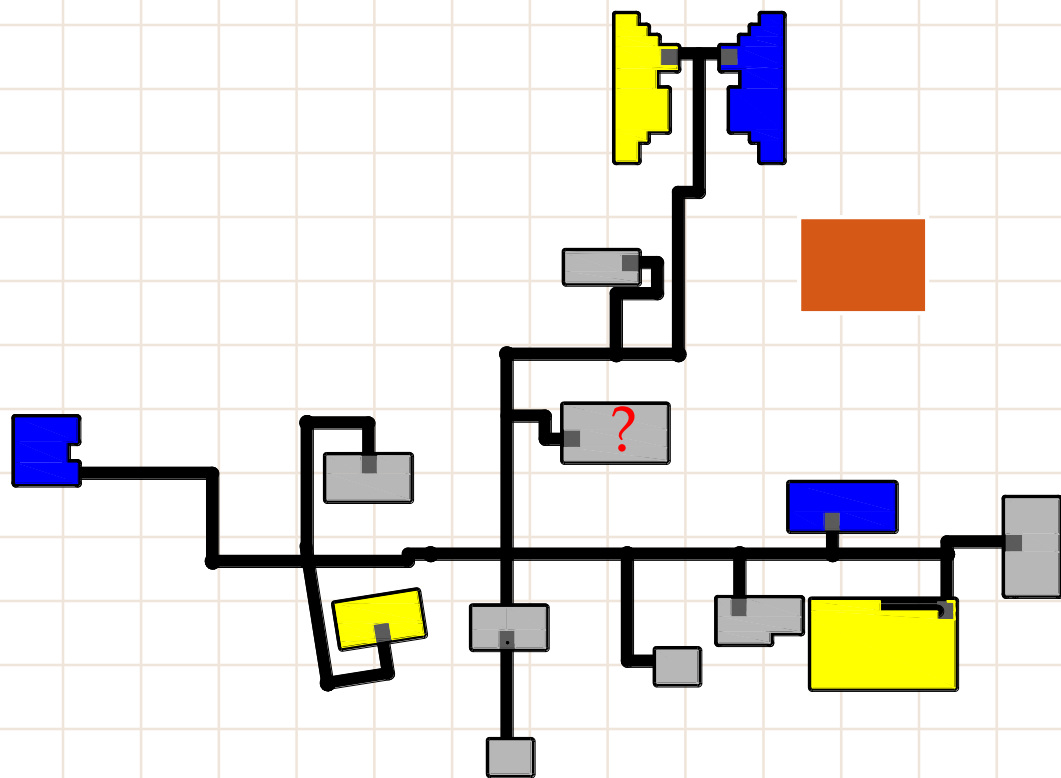
Āra gaisa temperatūra

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
PHPP V9.3	-2.1	-2.7	0.7	7.0	12.3	15.4	19.0	17.8	12.9	7.4	2.8	-0.6
LBN003-15	-4,7	-4,3	-0,6	5,1	11,4	15,4	16,9	16,2	11,9	7,2	2,1	-2,3
СНиП 2.01.01-82	-4,5	-4,2	-1,1	5,2	11,5	15,4	18	16,5	12,2	6,7	1,6	-2,3
СНиП II-A.6-72	-5.0	-4.8	-2	4.6	10.7	14.3	17.1	15.7	11.7	6.2	1.5	-2.6
IDA-ICE (ASHARE IWEC2 2011)	-0.1	-3.0	1.5	6.5	12.3	15.6	17.4	17.8	12.2	7.7	1.8	-1.6

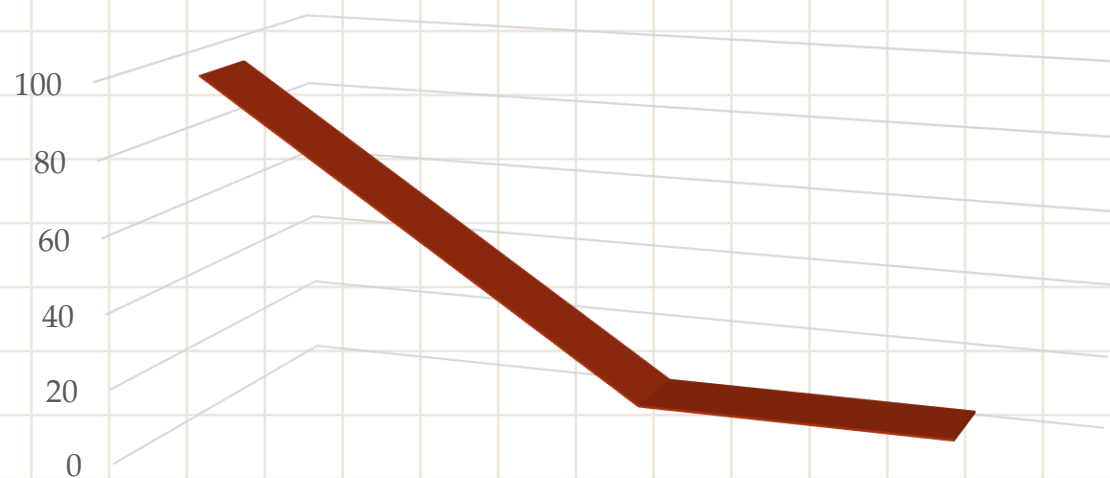
30 gadu periodā
(1988.- 2017.) vidējā
aritmētiskā.

-2.2	-2.1	1.2	6.8	12.3	16.0	18.8	17.7	13.0	7.2	2.5	-0.8
-------------	-------------	------------	------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	------------	------------	-------------

Perspektīva attīstība



Siltumpatēriņa perspektīvais samazinājums



200 kWh



40 kWh

No 2021. gada 1. janvāra
un turpmāk
gandrīz nulles enerģijas
ēka

LBN 002-15 vs MK Nr.383

Būvelementi	Dzīvojamās mājas, pensionāti, slimnīcas un bērnudārzi		Publiskās ēkas, izņemot pensionātus, slimnīcas un bērnudārzus		Ražošanas ēkas	
	\underline{U}_{RN}	\underline{U}_{RM}	\underline{U}_{RN}	\underline{U}_{RM}	\underline{U}_{RN}	\underline{U}_{RM}
Jumti Grīdas uz grunts	0,15 k	0,20 k	0,20 k	0,25 k	0,25 k	0,35 k
Sienas	0,18 k	0,23 k	0,20 k	0,25 k	0,25 k	0,30 k
Logi, durvis un stiklotas sienas	1,3 k	1,8 k	1,4 k	1,8 k	1,6 k	1,8 k
Termiskie tilti ψ	0,10 k	0,15 k	0,15 k	0,20 k	0,30 k	0,35 k

Ēkas būvniecības ieceres apstiprināšanas periods	dzīvojamām ēkām		nedzīvojamām ēkām	
	daudzdzīvokļu ēkas	viendzīvokļa vai divdzīvokļu ēkas	valsts īpašumā	pārējās nedzīvojamās ēkas
01.01.2018 – 31.12.2018	$\leq 60 \text{ kWh/m}^2$	$\leq 70 \text{ kWh/m}^2$	$\leq 65 \text{ kWh/m}^2$	$\leq 90 \text{ kWh/m}^2$
01.31.2019 – 31.12.2020	$\leq 50 \text{ kWh/m}^2$	$\leq 60 \text{ kWh/m}^2$	nZEB (45 kWh/m ²)	$\leq 65 \text{ kWh/m}^2$
No 2021. gada 1. janvāra	nZEB (40 kWh/m ²)	nZEB (40 kWh/m ²)	nZEB (45 kWh/m ²)	nZEB(45kWh/m ²)

Dzīvojamās ēkās

- **A klase** – energoefektivitātes rādītājs apkurei nepārsniedz **40 kWh uz kvadrātmetru gadā**;
- **B klase** – energoefektivitātes rādītājs apkurei pārsniedz 40 kWh uz kvadrātmetru gadā, bet nepārsniedz 60 kWh uz kvadrātmetru gadā;
- **C klase** – energoefektivitātes rādītājs apkurei pārsniedz 60 kWh uz kvadrātmetru gadā, bet nepārsniedz 80 kWh uz kvadrātmetru gadā;
- **D klase** – energoefektivitātes rādītājs apkurei pārsniedz 80 kWh uz kvadrātmetru gadā, bet nepārsniedz 100 kWh uz kvadrātmetru gadā;
- **E klase** – energoefektivitātes rādītājs apkurei pārsniedz 100 kWh uz kvadrātmetru gadā, bet nepārsniedz 150 kWh uz kvadrātmetru gadā;
- **F klase** – energoefektivitātes rādītājs apkurei pārsniedz 150 kWh uz kvadrātmetru gadā, ēkai nepieciešami energoefektivitātes uzlabošanas pasākumi

gNZE

- ēkas energoefektivitātes rādītājs apkurei atbilst **A klasei**, vienlaikus nodrošinot telpu mikroklimata atbilstību normatīvo aktu prasībām būvniecības, higiēnas un darba aizsardzības jomā;
- kopējais primārās enerģijas patēriņš apkurei, karstā ūdens apgādei, mehāniskajai ventilācijai, dzesēšanai, apgaismojumam sastāda ne vairāk kā 95 kWh uz kvadrātmetru gadā;
- ēkā izmanto augstas efektivitātes sistēmas, kuras:
- nodrošina ne mazāk kā 75 % ventilācijas siltuma zudumu atgūšanu apkures periodā;
- vismaz daļēji nodrošina atjaunojamās enerģijas izmantošanu;
- ēkā nav uzstādītas zemas lietderības fosilo kurināmo apkures iekārtas

Energoefektivitātes indikators

- fuels based on renewable energy sources (wood and wood-based fuels and other biofuels, excepting peat and peat briquettes)– 0.75;
- district heating– 0.9;
- liquid fuel (heating oils and liquefied gas)– 1.0;
- natural gas– 1.0;
- solid fossil fuels (coal, etc.)– 1.0;
- peat and peat briquette– 1.0;
- electricity– 2.0

Latvija

- Koksne - 0.2;
- Siltumenerģijas no katlumājām – 0 - 1.3;
- Sašķidrinātā naftas gāze – 1.1;
- Dabas gāze– 1.1;
- Akmeņogles – 1.1;
- Elektroenerģija no elektrotīkliem– 2.0

Energiakasutuse kokkuvõte	Hangitud kütused		Tarnitud energia		Eksporditud energia		Kaalumis- tegur	Kaalutud energiakasutus kWh/a
	kogus/a	massi või mahuühik	kWh/a	kWh/(a*m ²)	kWh/a	kWh/(a*m ²)		
Elekter	-	-	98 969	29.4	0	-	2.0	197 939
Kaugküte	-	-	154 182	45.8	-	-	0.9	138 764
Summa	-	-	253 152	75.1	-	-	-	336 703

gNZEB definicija

Denmark	Residential buildings	20 kWh/(m ² ·a)	PE
Estonia	Detached houses	50 kWh/(m ² ·a)	PE
	Apartment buildings	100 kWh/(m ² ·a)	PE
Latvia	Residential buildings	95 kWh/(m ² ·a)	PE
Lithuania	Residential buildings	<0.25	Energy performance indicator
Sweden	Residential (non-electric heating)	Zone I (North): 75 kWh/(m ² ·a) Zone II (Middle): 65 kWh/(m ² ·a) Zone III (South): 55 kWh/(m ² ·a)	DE
	Residential (electric heating)	Zone I (North): 50 kWh/(m ² ·a) Zone II (Middle): 40 kWh/(m ² ·a) Zone III (South): 30 kWh/(m ² ·a)	DE

(Kurnitski et al., 2014 + MoreConnect data)

Rekomendācijas dzīvojamo ēku iekštelpu gaisa kvalitātei

<http://www.more-connect.eu/deliverables/>

Indoor air quality criteria	Geo-cluster and country						
	GC 1	GC 2		GC 3	GC 5	GC 6	Switzerland
	Denmark	Estonia	Latvia	Czech Republic	Portugal	Netherlands	
General air change rate h ⁻¹ l/(s·m ²) m ³ /(h·pers)	0.5 0.3	0.6 0.5, 0.42 (detached house)	0.6	0.5 25	Winter: 0.40 h ⁻¹ Summer: 0.60 h ⁻¹	0.7	0.19
Supply air to living room and bedrooms , l/s, pers	7.0	6.0	4.2	6.9	7	7	
l/(s·m ²)	1	1.0	3	-	1	0.7	
Exhaust air flow, l/s				1)			
a) Kitchen	20	20	17-25	27.8/41.7	20	21	11-167
b) Bathrooms	15	15	14	13.9/25	15	14	<8-11
c) Toilets	10	10	7	6.9/13.9	10	7	
Corresponding CO ₂ above outdoors (400ppm), ppm	N/A	800	Not defined directly	1100	Maximum concentration 984ppm	800	600-1000
Recommended ventilation during un-occupied hours, l/(s·m ²)	N/A	0.05-0.1	N/A	0.1 h ⁻¹	N/A	0.1 h ⁻¹	0.14

Renovēto ēku skaits

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Kopā
Kurzeme	4	13	24	44	54	62	32	232
Vidzeme	2	8	24	42	50	31	10	168
Rīgas reģions	4	11	22	37	38	38	12	162
Zemgale	1	3	7	29	24	26	11	102
Rīga	3	5	5	11	7	10	3	46
Latgale	0	2	5	8	8	5	1	30
Kopā	14	42	87	171	181	172	44	740

Triju un
vairāku
dzīvokļu ēku
skaits
38600 gab.

Centralizētās siltumapgādes tarifi Latvijā

Rīgas siltums AS

Cēsu ielā 3a, Rīga, LV-1012

Tarifs bez PVN, EUR/MWh	44,39
Tarifa darbības teritorija	Rīga
Komersanta mājas lapa	http://www.rs.lv
Tarifu apstiprināja	SPRK
Vairāk informācijas skatīt attiecīgajā lēmumā par tarifa apstiprināšanu	http://bit.ly/1b6tu00

Fortum Jelgava SIA

Pasta iela 47, Jelgava, LV-3001

Tarifs bez PVN, EUR/MWh	51,73
Tarifa darbības teritorija	Jelgava
Komersanta mājas lapa	http://www.fortum.lv
Tarifu apstiprināja	SPRK
Vairāk informācijas skatīt attiecīgajā lēmumā par tarifa apstiprināšanu	http://bit.ly/2aVG9NG

Ozolnieku KSDU SIA

Kastaņu iela 2, Ozolnieki, Ozolnieku pag., Ozolnieku nov., LV-3018

Tarifs bez PVN, EUR/MWh	61,18
Tarifa darbības teritorija	Kastaņu iela 2, Ozolnieki
Komersanta mājas lapa	http://www.oksdu.lv
Tarifu apstiprināja	SPRK
Vairāk informācijas skatīt attiecīgajā lēmumā par tarifa apstiprināšanu	http://bit.ly/2Kw5Jgh

Daugavpils siltumtīkli AS

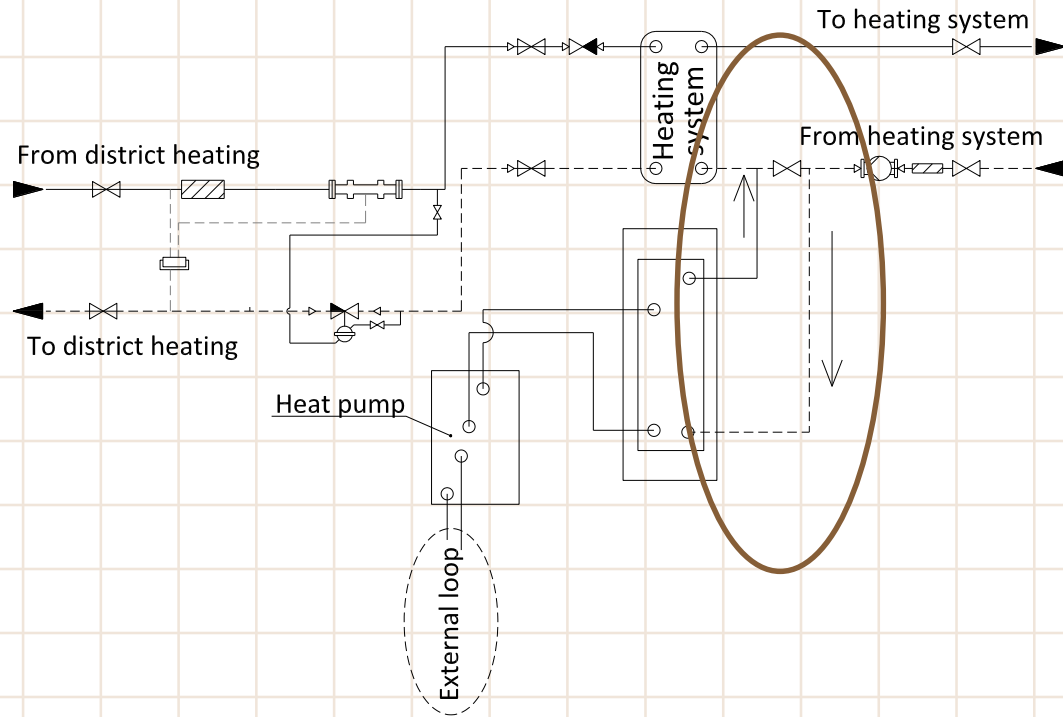
18. novembra iela 4, Daugavpils, LV-5401

Tarifs bez PVN, EUR/MWh	58,32
Tarifa darbības teritorija	Daugavpils
Komersanta mājas lapa	http://www.dsiltumtikli.lv
Tarifu apstiprināja	SPRK
Vairāk informācijas skatīt attiecīgajā lēmumā par tarifa apstiprināšanu	http://bit.ly/1ncMJC8

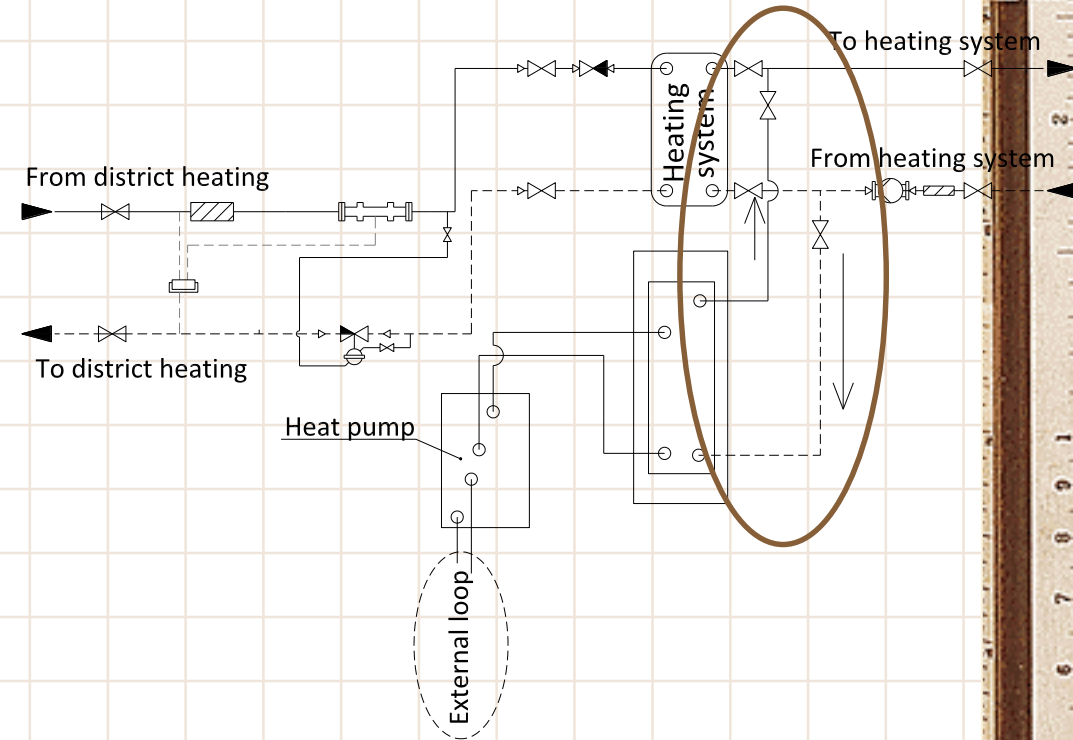
Brīvības iela 38, Ventspils, LV-3601

Tarifs bez PVN, EUR/MWh	54,90
Tarifa darbības teritorija	Ventspils
Komersanta mājas lapa	http://www.ventspilssiltums.lv/lv
Tarifu apstiprināja	SPRK
Vairāk informācijas skatīt attiecīgajā lēmumā par tarifa apstiprināšanu	http://bit.ly/2n4TyYG

Atjaunojamo energoresursu integrēšana

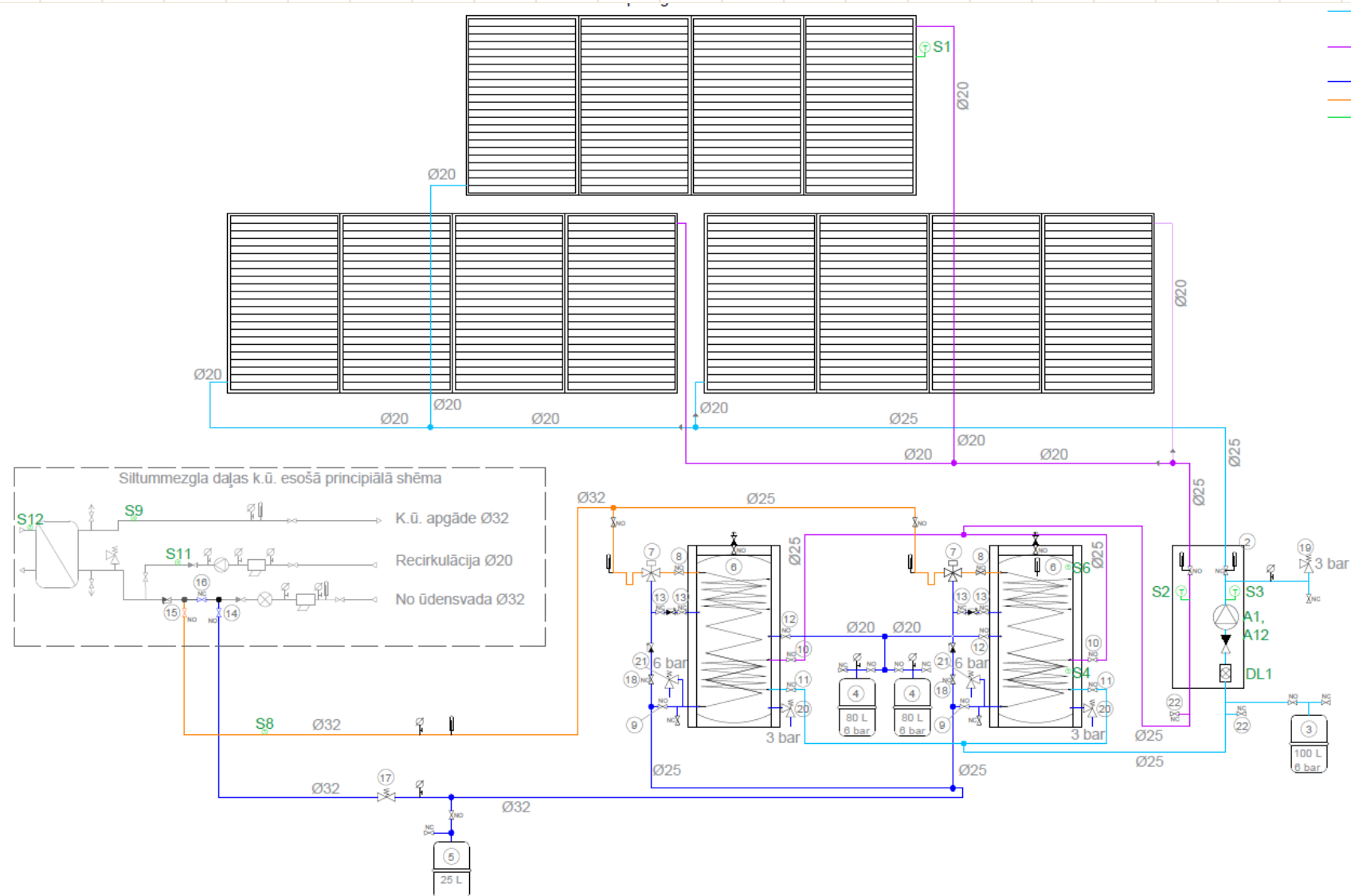


Heat pump series connection

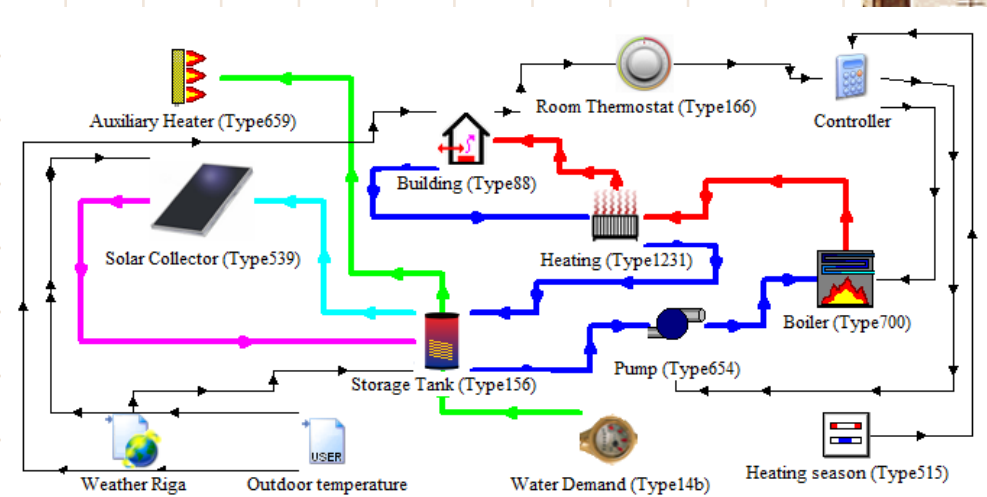
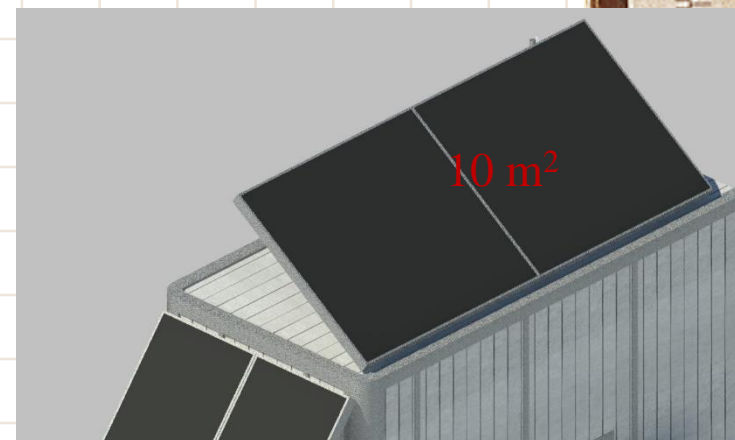
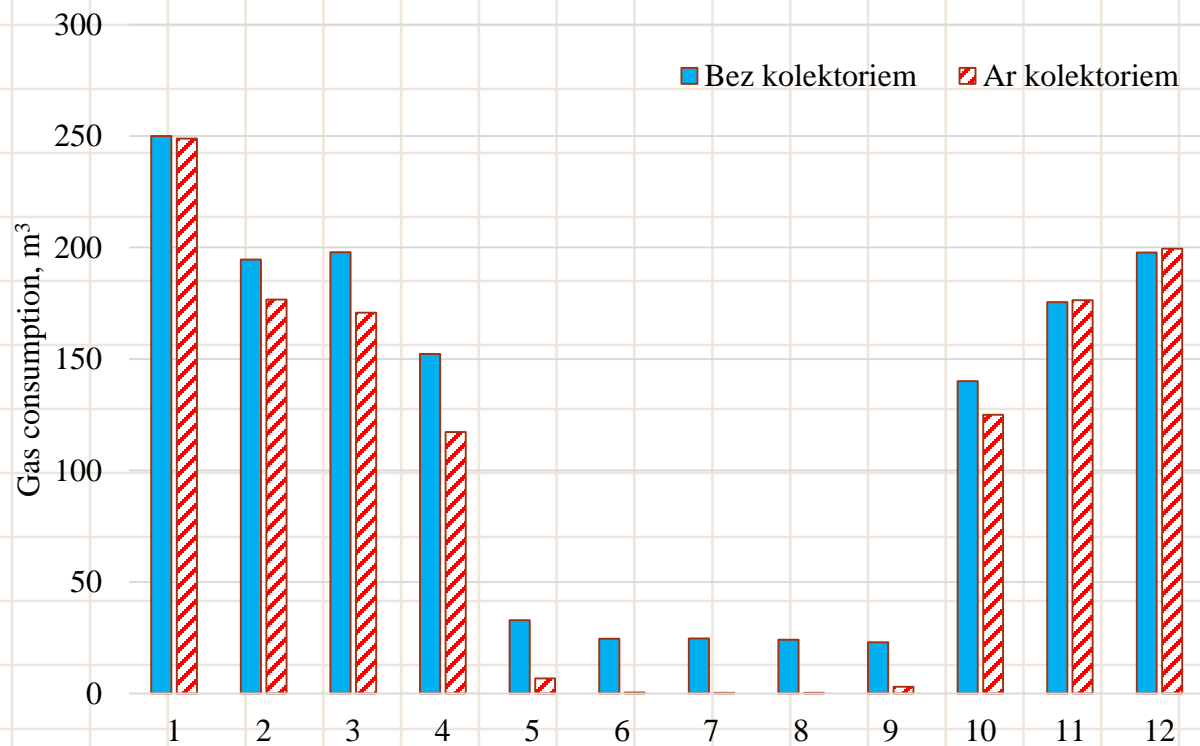


Parallel connection of heat pump

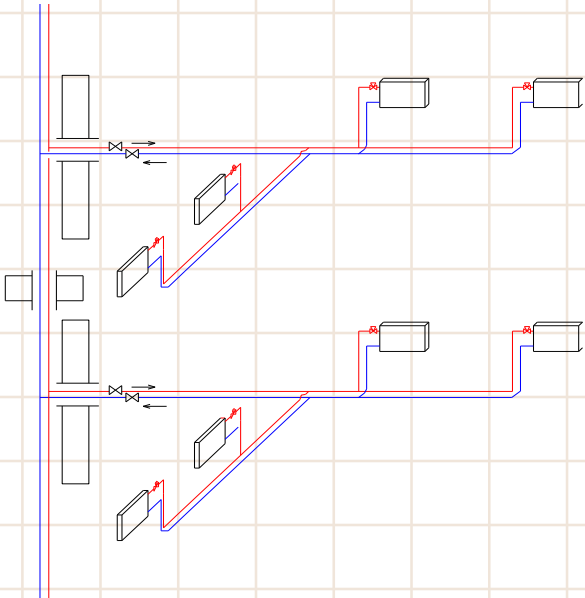
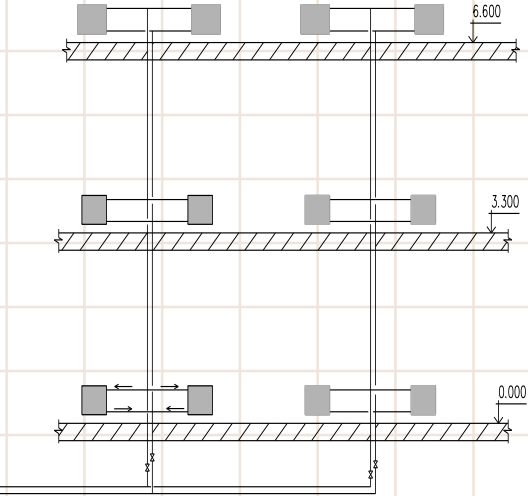
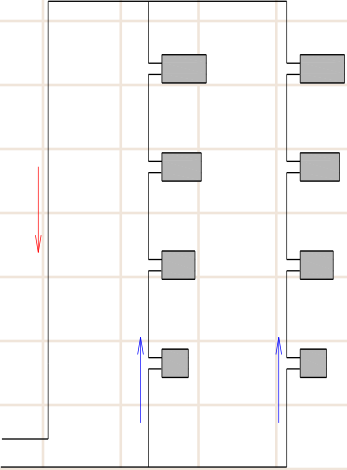
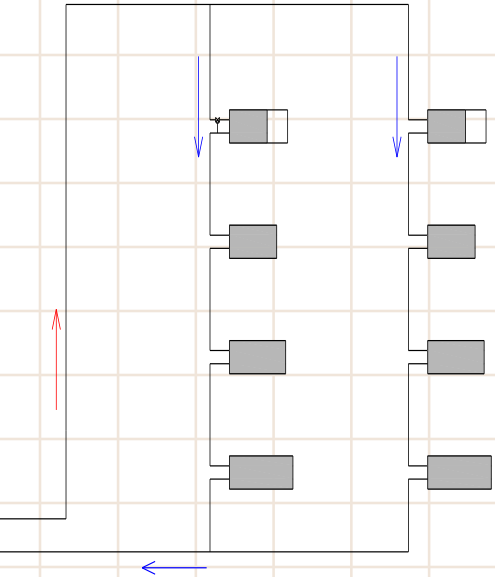
Atjaunojamo energoresursu integrēšana



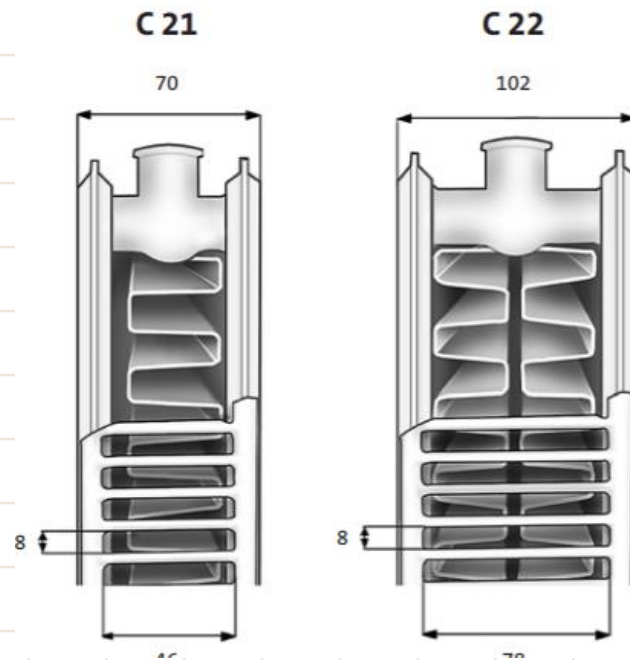
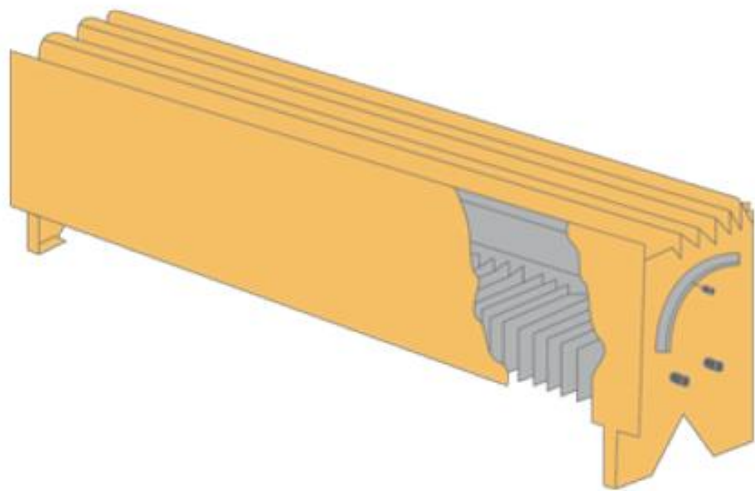
Gāzes katls ar saules kolektoriem



lekšējie tikli



Sildkõrmeņu veidi



Apkures sistēmu jauda

$$Q = A \cdot U \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot \mu_1 \cdot \mu_2, W$$

- ✓ A – elementa laukums, m^2 ;
- ✓ U – siltuma caurlaidības koeficients, W/m^2K ;
- ✓ μ – korekcijas koeficienti up to 20%;
- ✓ θ_i – iekšēja gaisa temperatūra, $^{\circ}C$;
- ✓ θ_e – āra gaisa temperatūra, $^{\circ}C$

miem tajās. Tapat jāņem vērā saules starojums un vēja spurs. Telpu siltuma zudumi var ievērojami palielināties, ieplūstot aukstam gaisam caur ārdurvīm.

Papildu siltuma zudumus caur jebkuras nozīmes telpas robežojošām konstrukcijām aprēķina kā daļu no galvenajiem siltuma zudumiem, lietojot koeficientu η (sk. formulu (4.18)), kura vērtības ir šādas:

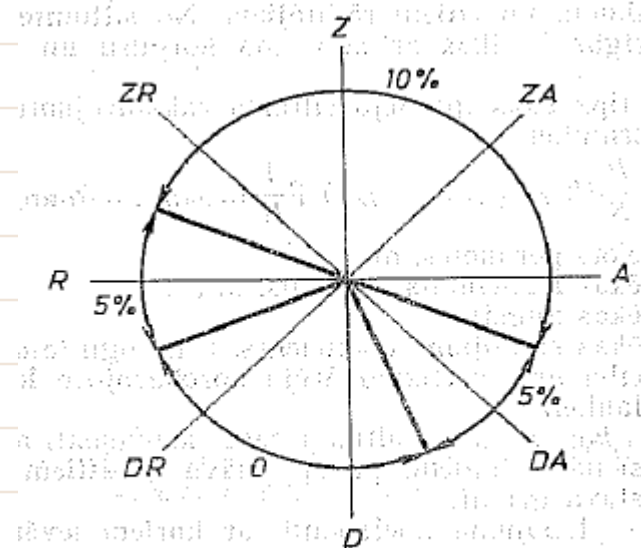
a) jebkuras nozīmes ēkas telpu vertikālo un slīpo (vertikālā projekcijā) āršiem, durvju un logu galvenos siltuma zudumus, kas vērsti uz ziemeļiem, austrumiem, ziemeļaustrumiem un ziemeļrietumiem, palielina par 10%, bet uz dienvidaustrumiem un rietumiem vērstos galvenos siltuma zudumus palielina par 5% (4.10. att.);

b) ja ārdurvis nav aprīkotas ar gaisa vai silta gaisa aizkariem, galvenajiem siltuma zudumiem izdara pieskaitījumus, ņemot vērā ēkas augstumu H :

- 0,2H — trīskāršām durvīm ar diviem vējtveriem starp tām;
- 0,27H — dubultdurvīm ar vējtveri starp tām;
- 0,34H — dubultdurvīm bez vējtvera;
- 0,22H — vienkāršām durvīm.

Rezerves un vasaras durvīm un vārtiem papildu siltuma zudumi nav jāņem vērā.

Ēkām, kurām nerēķina speciāli gaisa infiltrāciju un eksfiltrāciju, vertikālo konstrukciju siltuma zudumus palielina par 5%, ja vidējais vēja ātrums janvārī mazāks nekā 5 m/s; palielina par 10%, ja šis vēja ātrums ir 5...10 m/s, un palielina par 15%, ja tas lielāks nekā 10 m/s.



4.10. att. Pieskaitījumi galvenajiem siltuma zudumiem atkarībā no konstrukcijas orientācijas pret debespusēm.

Minimālās temperatūras

Temperature	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Maximum, °C	2,0	-0,1	5,3	5,5	3,3	4,6	7,5	5,5	5,6	3,5	-2,2	2,7	3,5	4,4
Minimum, °C	-21,5	-33,2	-18,2	-20,1	-17,8	-25,0	-17,9	-16,6	-15,3	-14,3	-20,9	-22,2	-16,1	-25,0
Temperature	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
Maximum, °C	2,0	3,1	2,9	2,7	0,0	8,0	2,2	8,6	3,9	4,5	-2,5	2,1	3,5	
Minimum, °C	-19,6	-11,8	-26,1	-31,6	-18,2	-21,7	-31,5	-17,2	-18,2	-20,0	-27,8	-17,4	-21,1	

Mārtiņš Ruduks¹, Arturs Lešinskis²

¹Latvia University of Agriculture

²[Riga Technical University](http://www.rtu.lv)

martins.ruduks@inbox.lv

Apkures jaudas noteikšana

Līdz 1990		ASHRAE	
Visaukstāko piecu dienu vidējā gaisa temperatūra (varbūtība 0,92)	- 20,7	99%	-15,5
Visaukstāko piecu dienu vidējā gaisa temperatūra (varbūtība 0,98)	- 24,6		
Gaisa gada minimālā temperatūra, kuras pārsniegšana iespējama reizi 10 gados	- 31	99.6%*	-19,6
Gaisa gada minimālā temperatūra, kuras pārsniegšana iespējama reizi 50 gados	- 34,8		

**the values for which the corresponding weather element is less than the design condition for 88 and 35h, respectively*

Lietuvas pieredze

Thermal time constant class of building τ , (h)		Design outdoor air temperatures at 0.98 probability, due to permissible ($\Delta\Theta=-2^{\circ}\text{C}$) cool-down of indoor air temperature from 22°C set-point			Normative values exceed our recommended, %	
		Our recommended values, $^{\circ}\text{C}$	Current normative values, $^{\circ}\text{C}$			
		Empirical probability value %				
		98	98	92		
Very light building	<24	-20.48	-31,0	-27,0	33,94	
Light building	24-72	-18.51	-31,0	-27,0	40,29	
Medium building	73-150	-16,97	-27,5	-24,5	38,29	
Heavy building	151-249	-16.58	-27,5	-24,5	39,70	
Very heavy building	≥ 250	-16.10	-24,0	-22,0	32,92	

Patrikas Bruzgevičius

Siltuma atdeve

$$P = k \cdot A \cdot \Delta\theta_m,$$

k – siltuma caurlaidības koeficients, W/m²K

$$\Delta\theta_m = \frac{\theta_{\text{water,in}} - \theta_{\text{water,out}}}{\ln\left(\theta_{\text{water,in}} - \frac{\theta_{\text{air}}}{\theta_{\text{water,out}}} - \theta_{\text{air}}\right)}$$

$\theta_{\text{water,in}}$ – turpgaitas ūdens temperatūra;

$\theta_{\text{water,out}}$ - atpakaļgaitas ūdens temperatūra;

θ_{air} - telpas temperatūra temperatūra;

Augstums 300 mm	Radiator tips	Garums mm	Jauda W 75/65/20°C	Jauda W 70/40/20°C	Jauda W 45/35/20°C	Svars kg	Ūdens ietilpība l
C 11 $\phi_p = 546 \text{ W/m}$ $n = 1,2981$	C11	400	218	127	65	3,6	0,7
	C11	500	273	158	81	4,5	0,8
	C11	600	328	190	97	5,5	1,0
	C11	700	382	222	114	6,4	1,1
	C11	800	437	253	130	7,3	1,3
	C11	900	491	285	146	8,2	1,5
	C11	1000	546	317	162	9,1	1,6
	C11	1100	601	348	179	10,0	1,8
	C11	1200	655	380	195	10,9	2,0
	C11	1400	764	443	227	12,7	2,3
	C11	1600	874	506	260	14,5	2,6
	C11	1800	983	570	292	16,4	3,0
	C11	2000	1092	633	325	18,2	3,3
	C11	2300	1256	728	373	20,9	3,8
	---	---	---	---	---	---	---

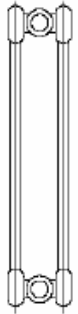
length [mm]	parameters $t_z / t_p / t_i$	height [mm]					
		300	450	500	550	600	900
400	75/65/20 °C	218	316	347	378	407	571
	55/45/20 °C	112	161	177	192	207	289
500	75/65/20 °C	273	395	434	472	509	714
	55/45/20 °C	140	201	221	240	258	361
600	75/65/20 °C	328	474	521	566	611	856
	55/45/20 °C	167	241	265	288	310	433
700	75/65/20 °C	382	553	608	661	713	999
	55/45/20 °C	195	282	309	336	362	506

$$\Delta\theta_m = \frac{\theta_{\text{water,in}} - \theta_{\text{water,out}}}{\ln\left(\frac{\theta_{\text{water,in}} - \theta_{\text{air}}}{\theta_{\text{water,out}} - \theta_{\text{air}}}\right)} \text{ } oC$$

Vieta	Visaukstāko piecu dienu vidējā gaisa temperatūra
Ainaži	-19.4
Alūksne	-22.4
Daugavpils	-22.7
Dobele	-20.4
Liepāja	-16.8
Mērsrags	-16.0
Priekuļi	-18.9
Rīga	-18.5
Stende	-16.8
Zilāni	-20.3

Par katras stacijas darba pēdējiem aptuveni 30 gadiem katrā aukstā sezonā atrasts visaukstākais piecu vienu otram sekojošu dienu periods un aprēķināta tā vidējā temperatūra. Visaukstāko piecu dienu ilggadīgā vidējā gaisa temperatūra ir aprēķināta kā vidējā aritmētiskā, ņemot vērā piecu visaukstāko piecdienu periodu gaisa temperatūru.

Siltuma atdeves sadalījums



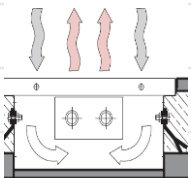
DOUBLE PANEL RADIATOR

- ✓ Radiant output 50 %;
- ✓ Convective output 50%;



PANEL RADIATORS

- ✓ Radiant output 15 - 20 %;
- ✓ Convective output 80% - 85%;

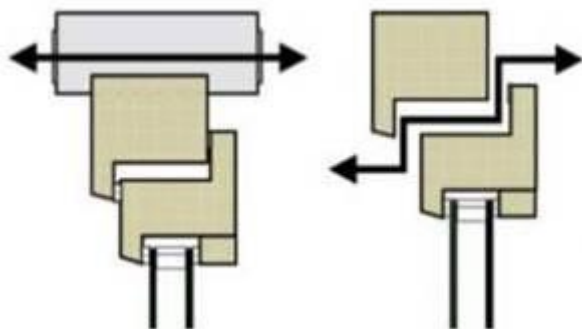
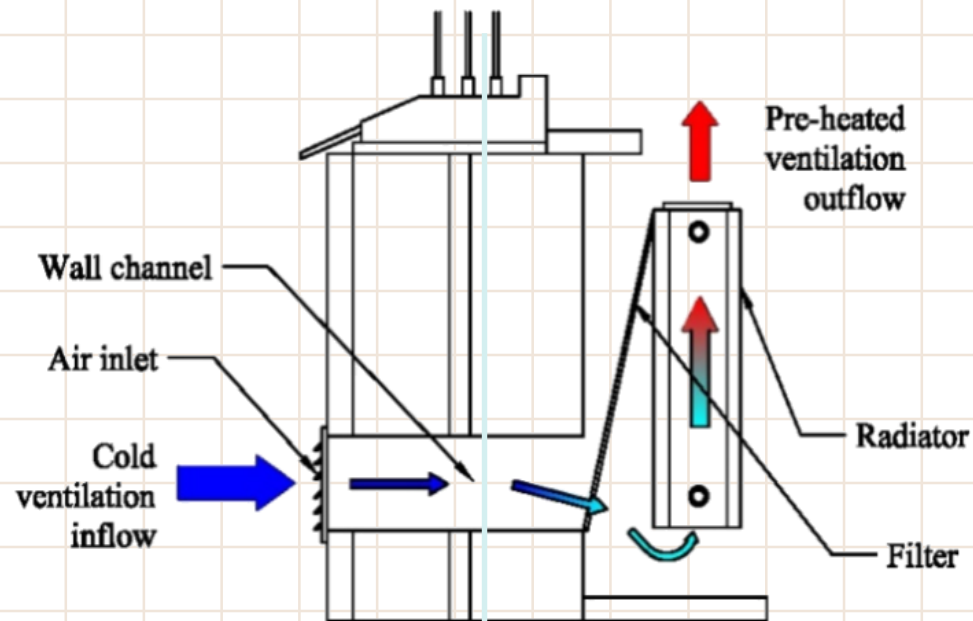
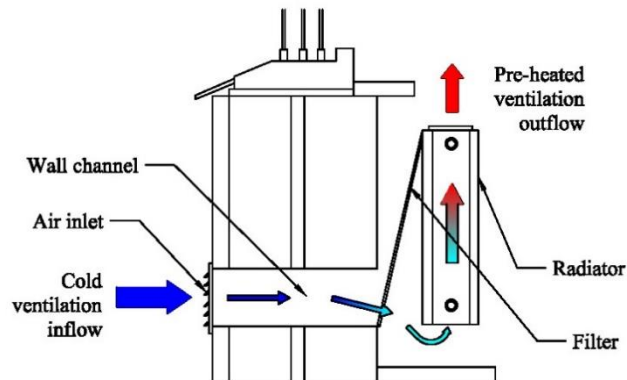
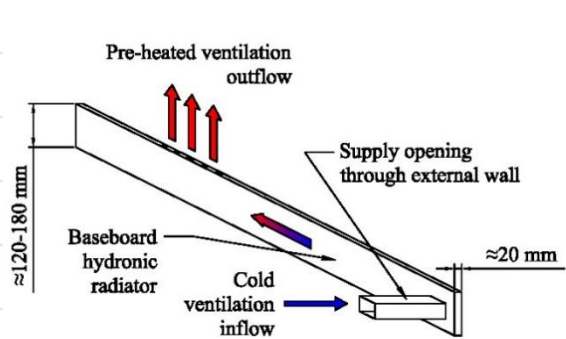


CONVECTOR PANEL

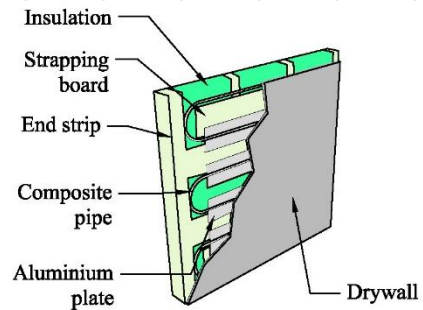
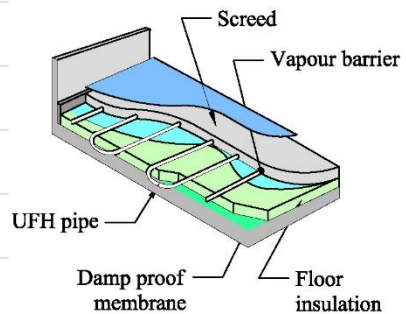
- ✓ Convective output 100%;

- ✓ It is important to prevent any installation that would block the heat exchange;
- ✓ Use of decorative panels in front of radiators is not recommended;
- ✓ In case of convectors use, it is necessary to ensure air movement across convectors;

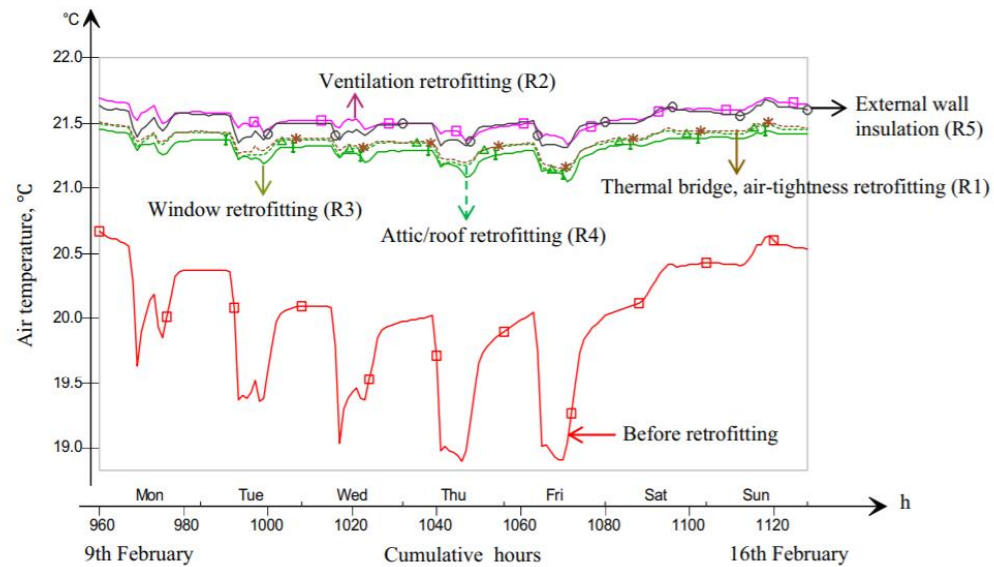
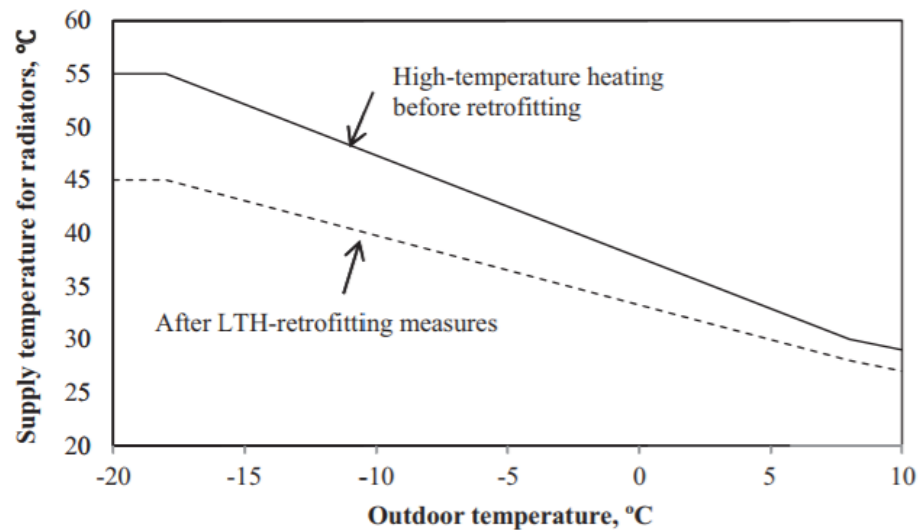
Ventilācijas risinājumi



System	Supply flow (°C)	Return flow (°C)	Type of heating units
High temperature (HT)	up to 95	up to 70	Conventional hydronic radiators
Medium temperature (MT)	55	35-40	Low temperature radiators
Low temperatures (LT)	45	25-35	Ventilation radiator baseboard radiator wall/floor/ceiling heating
Very low temperatures (VLT)	35	25	



Retrofit number	Technical description of the energy-demand retrofitting (measure 1–5 listed as following)	Technical parameters before retrofitting	Technical parameters after retrofitting
R1	1. Upgrade the air-tightness by 60% by adding extra insulation of ducts and pipes. Seal all cracks and air leaks in joists Seal all joints and intersections of the sheathing in the balcony and studs connecting with external wall with improved thermal bridges (replacing glazing and frames of window is not included)	2.5 ACH 1.2 W/m K	1 ACH 0.15 W/m K
R2	2. Existing ventilation system installed with heat recovery exchanger and required AHU. Heat recovery efficiency is addressed as 80%	Without heat recovery	With 80% heat recovery
R3	3. Replacements of the existing windows with high-performance glazing systems and window frames	U value = 2.85 W/m ² K	U value = 0.8 W/m ² K
R4	4. New insulation layers on the roofing and attic structures: 300 mm mineral wool insulations + roof tiles	U value: 0.26 W/m ² K	U value = 0.08 W/m ² K
R5	5. New insulation layers on the external walls: 150 mm mineral wool insulation + 15 mm sheathing	U value: 0.48 W/m ² K	U value = 0.18 W/m ² K



Veiktie pētījumi

- Brand and Svendsen show that a typical single-family house in Denmark built in 70s and recently still without any renovation measures can be heated by low-temperature DH with supply temperature 50°C to an operative temperature of 22°C roughly for 59% of year.
- Wand and Ploskic confirm that VLTR will not significantly improve the mean air temperature if no extra energy-demand renovation is implemented in a building.

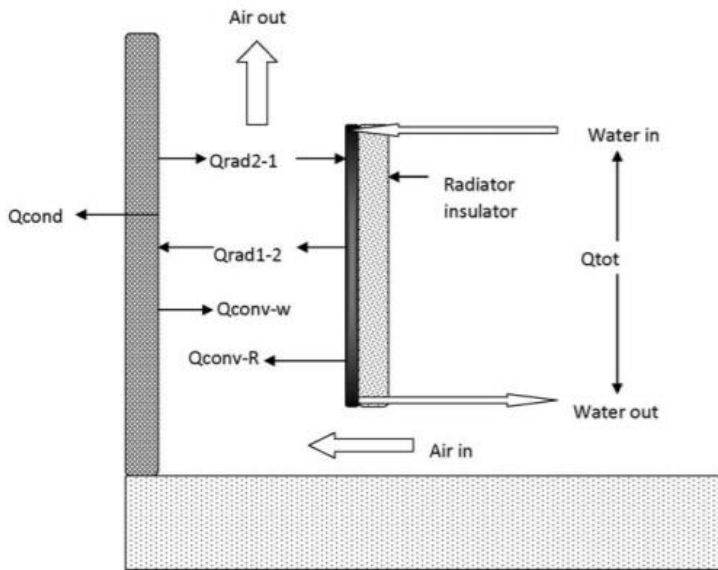
Brand M., Svendsen S., Renewable-based low-temperature district heating for existing buildings in various stages of refurbishment, *Energy*, 2013, 62, 311-319.

Wang Q., Holmberg S., 6th International Building Physics Conference, Combined Retrofitting with Low Temperature Heating and Ventilation Energy Savings, *Energy Procedia*, 2015, 78, 1081-1086.

Wang Q., Ploskić A., Holmberg S., Retrofitting with low-temperature heating to achieve energy-demand savings and thermal comfort, *Energy and Buildings*, 2015, 109, 217-229.

Wang Q., Ploskić A., Song X., Holmberg S., Ventilation heat recovery jointed low-temperature heating in retrofitting—An investigation of energy conservation, environmental impacts and indoor air quality in Swedish multifamily houses, *Energy and Buildings*, 2016, 121, 250-264.

Zemas temperatūras apkures sistēmu darbības parametru uzlabošana



Ribota gaiša virsma palielina siltuma plūsmu no radiatora par aptuveni 12% salīdzinājumā ar gludu gaišu virsmu un samazina siltuma zudumus caur sienu par apmēram 54% salīdzinājumā ar vienmērīgu melnu virsmu.



Smooth shiny surface



Smooth black surface



Saw-tooth shiny surface

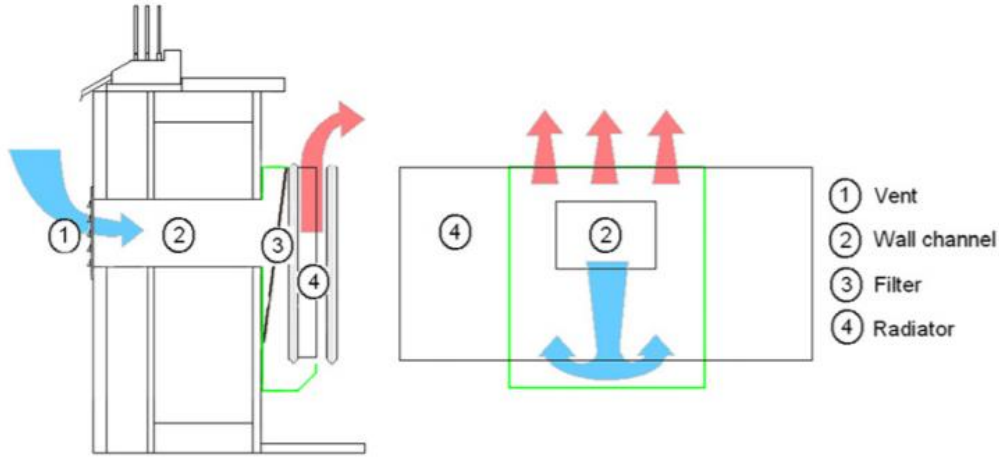
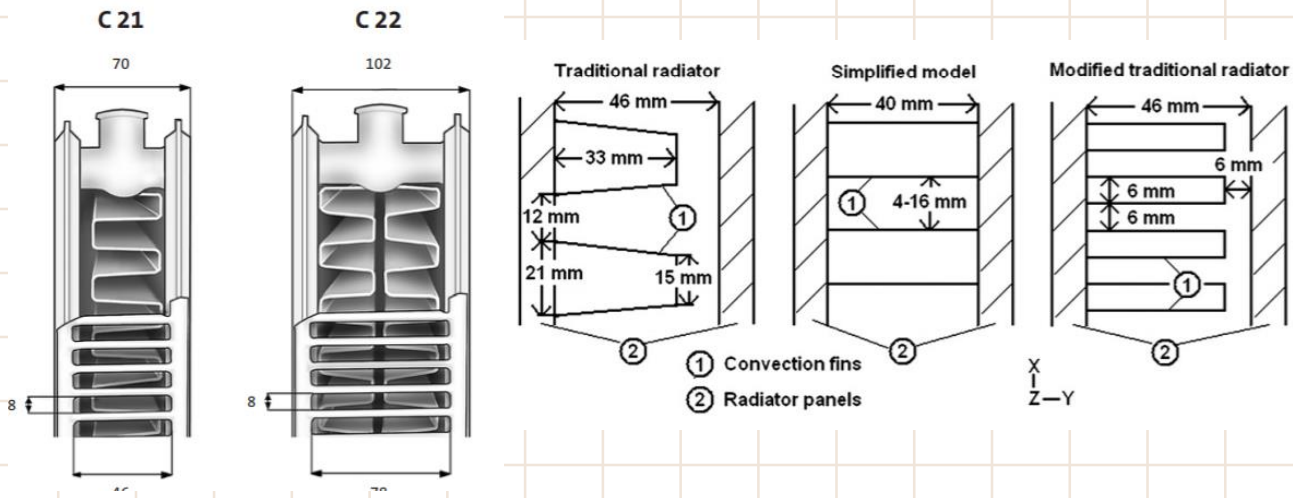


Saw-tooth black surface

Shati A.K.A., Blakey S.G., Beck S.B.M., The effect of surface roughness and emissivity on radiator output, *Energy and Buildings*, 2011, 43 (2–3), 400-406.

Mehāniskā ventilācija

- Performance of VLTR could be optimized by narrowing the distance between convection fins inside the radiator panels in order to enlarge the area of heat-transferring surfaces, while avoiding internal geometry that increase pressure drop.

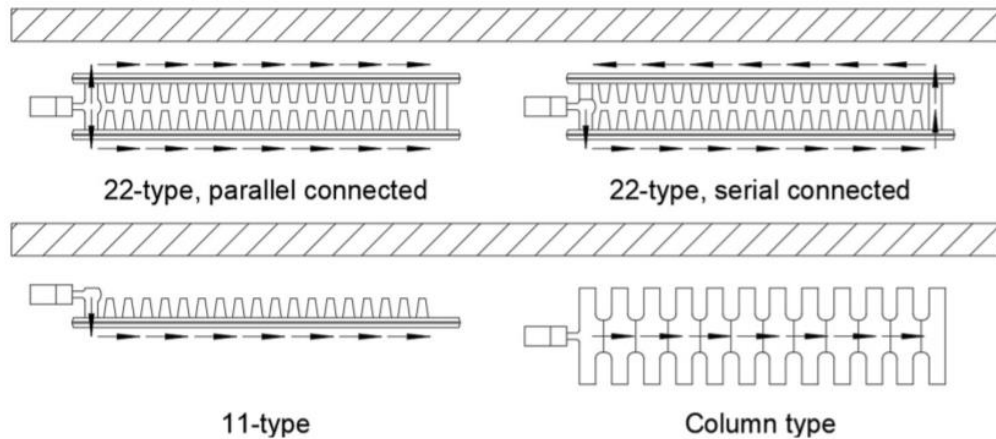


Myhren J.A., Holmberg S., *Improving the thermal performance of ventilation radiators – The role of internal convection fins*, *International Journal of Thermal Sciences*, 2011, 50 (2), 115-123

Sildelementa ietekme uz komfortu

Radiator catalogue parameters.

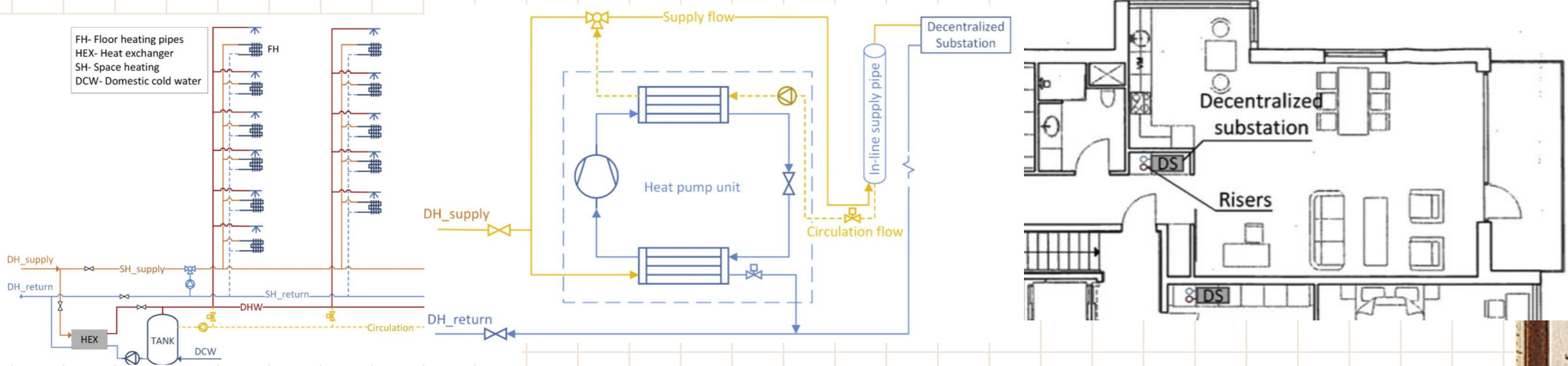
Radiator type	Rated heat output ϕ_n [W] (EN 442-2, $\Delta t_{ln} = 49.833K$)	Radiator exponent n	Width m	Height m
11-type	2341	1.3115	2.30	0.60
22-type parallel	2393	1.3358	1.40	0.60
22-type serial	2332	1.2930	1.40	0.60
Column	2327	1.2637	1.40	0.60



- thermal comfort is more easily achieved with 11-type radiators, due to their larger surface area, and with 22-type serial-connected radiators, by virtue of their higher front panel surface temperature.

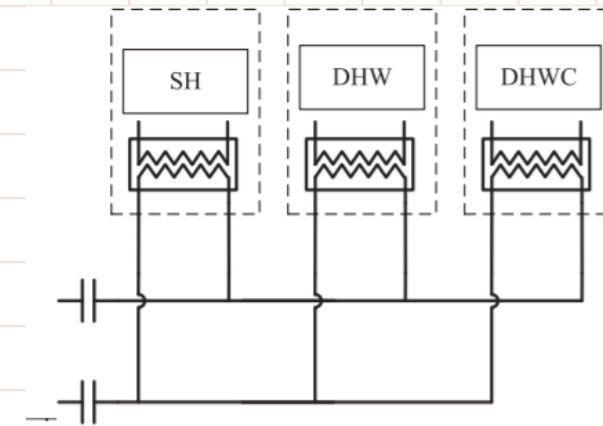
Lokālo siltumsūkņu izmantošana

- Decentralizētie siltummezgli LTDH dod iespēju ietaupīt 30% no ikgadējie cirkulācijas siltuma zudumiem.

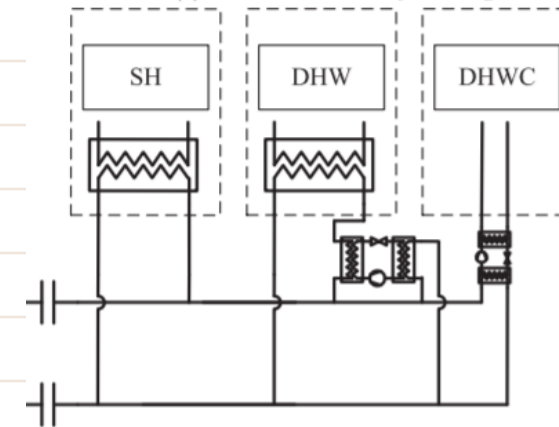


Lokālo siltumsūkņu izmantošana

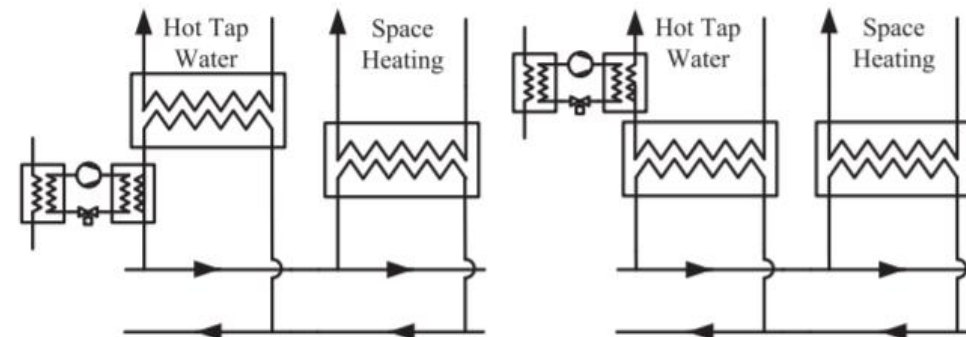
- Lokālo siltumsūkņu izmantošana uzlabo apkures un karsta ūdens apgādes sistēmu efektivitāti. «Ultra» zemas temperatūras apkures sistēmas siltuma patēriņš vidēji par 20% mazāks salīdzinājumā ar zemas temperatūras apkures sistēmām.



(a) LTDH in multifamily buildings



(b) ULTDH in multifamily buildings



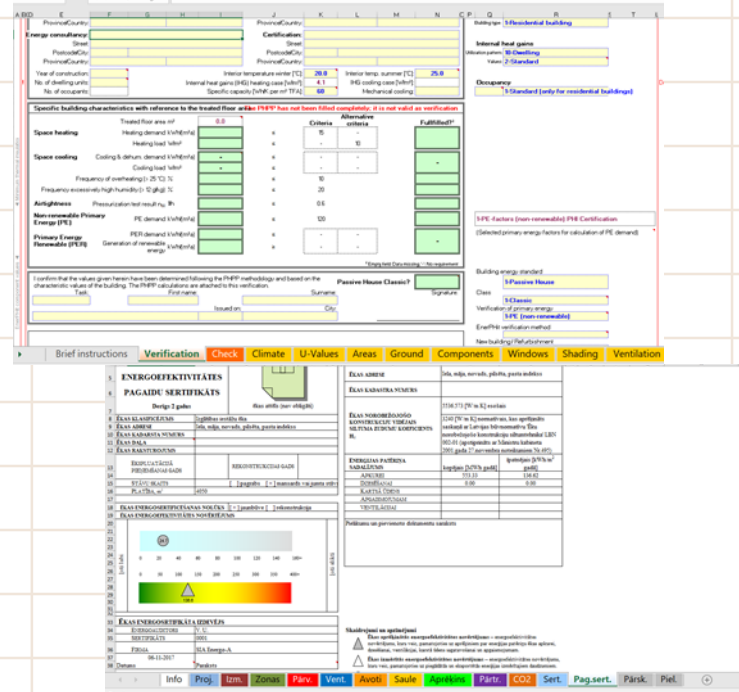
(a) Heat pump on primary side of the tap water heat exchanger.

(b) Heat pump on secondary side of the tap water heat exchanger.

Aprēķinu programmas

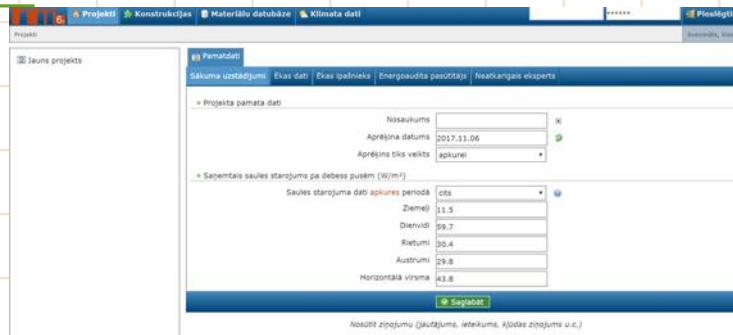
EXCELL

- Passive House Planning Package, PHPP;
- Ēkas energoEfektivitātes Aprēķins «EFA» ;



WEB-tool

- Heatmod - <http://www.heatmod.lv>



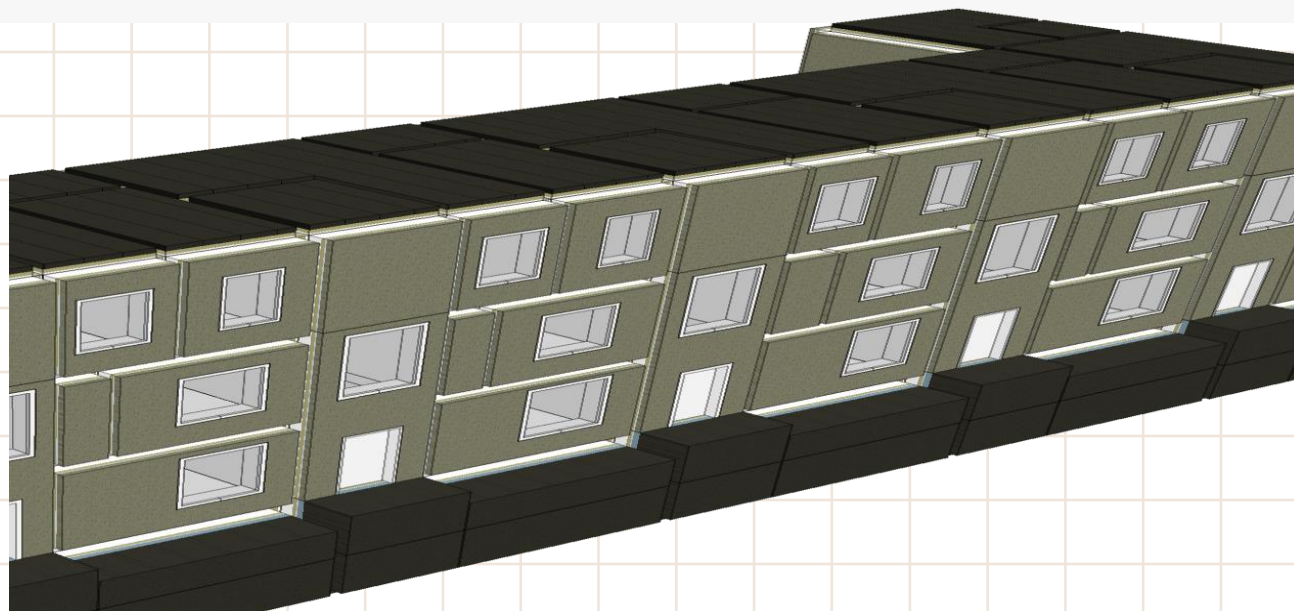
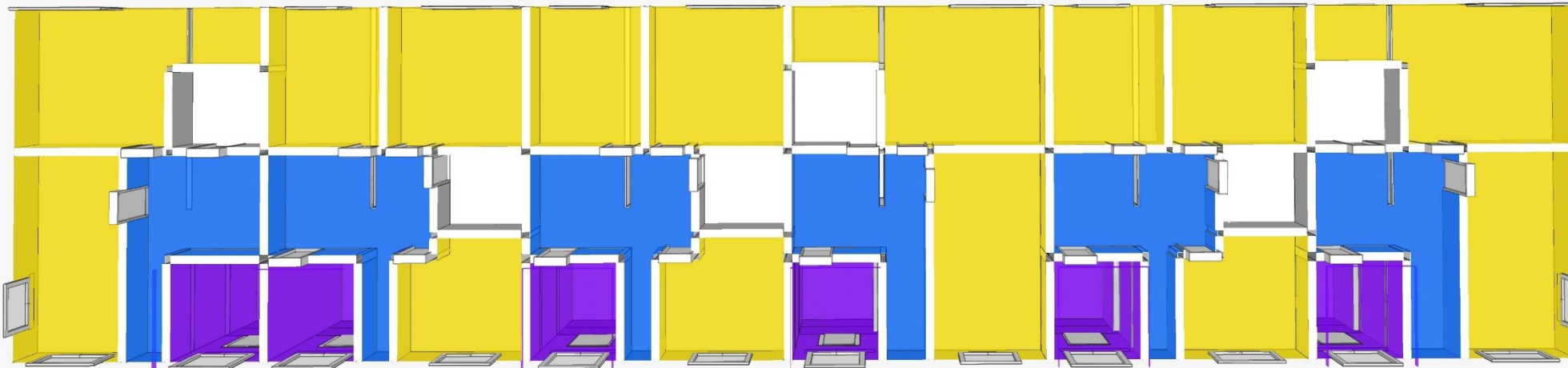
Saskaņā ar EN ISO 13790:2009.

Dinamiskās aprēķinu programmas

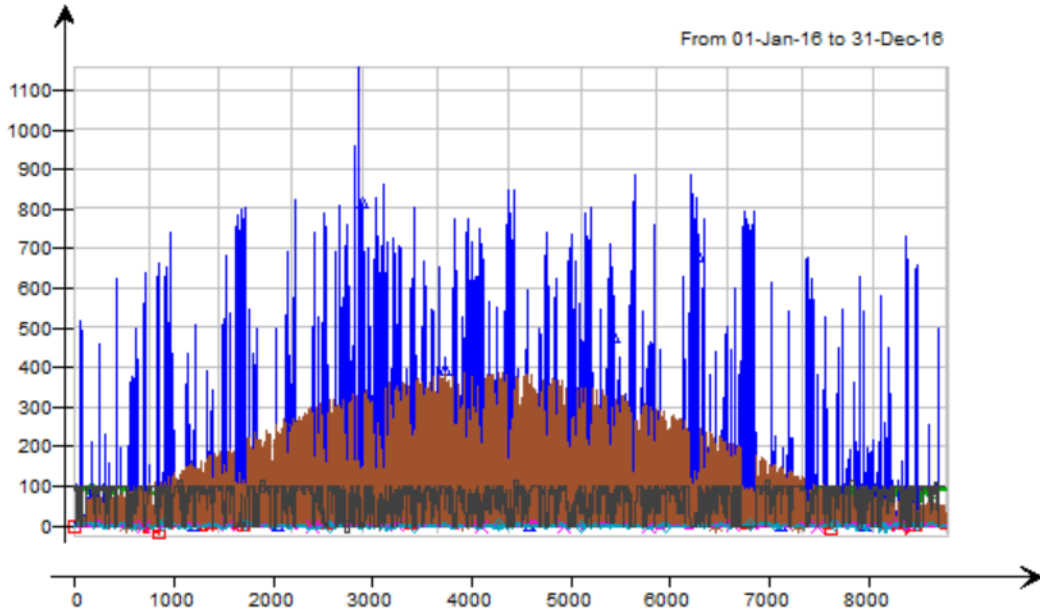
- ArchiCAD EcoDesigner STAR
- MagiCAD Comfort & Energy
- IDA- ICE;
- IESVE;
- RIUSKA

Pētījums

- Bath
- Living room
- Kitchen
- Toilet
- Hall
- Staircase
- Basement



Izejas dati



- Dry-bulb temperature, Deg-C
- Rel humidity of air, %
- ▲ Direct normal rad, W/m2
- ★ Diffuse rad on hor surf, W/m2
- × Wind speed, x-component, m/s
- ◇ Wind speed, y-component, m/s
- Cloudness, %

Infiltration: object in RIGA LT_control_regime

Infiltration

Method

Infiltration units: ACH (building)

Wind driven flow

Air tightness: 2 ACH (building)

at pressure difference: 50 Pa

[Pressure coefficients](#)

Fixed infiltration

Flow: n.a. ACH (building)

Zone Distribution

Distribute proportional to: Air-wetted external surface area

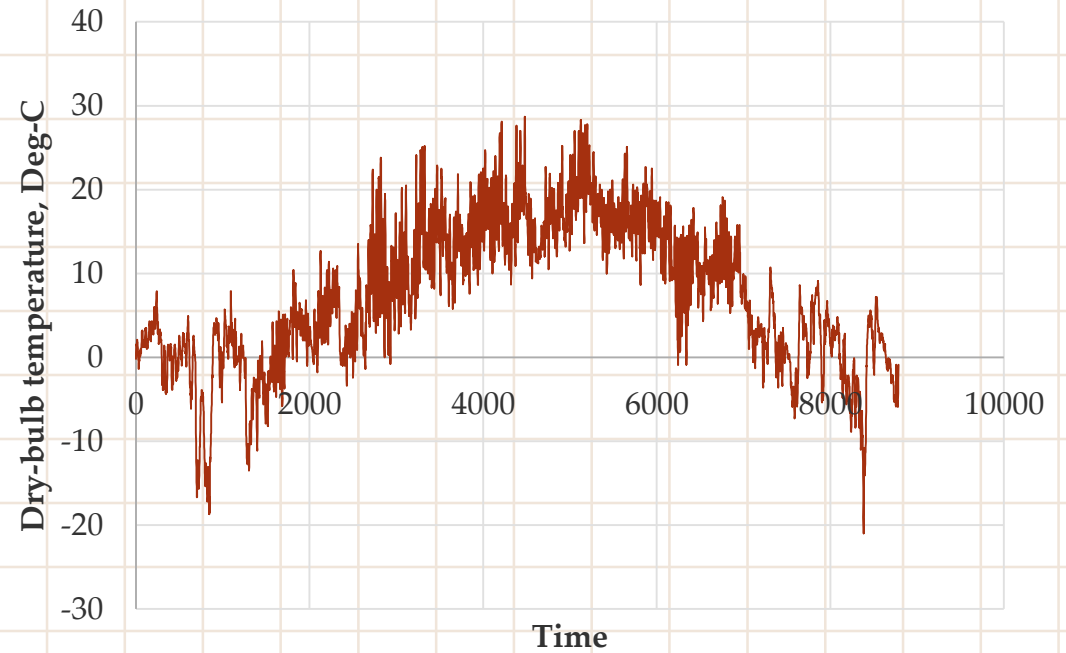
Wind driven flow

Air tightness in zones: 1.2758 L/(s.m2 air surf.)

at pressure difference: 50 Pa

Fixed infiltration

Fixed flow in zones: n.a. L/(s.m2 air surf.)



Scenāriji

Scenario	Supply curve	U-values	HVAC
1. Non-renovated basic	3GDH	External walls 0.85 (W/m ² K) Roof 0.80 (W/m ² K) External floor 0.80 (W/m ² K) Doors 1.80 (W/m ² K)	PURMO C21 heat convectors; Air-tightness $q_{50}=1.67$ (l/s·m ²); Air-exhaust ventilation with $q=0.54$ (l/m ² ·s).
2. Non-renovated LTH	4GDH	Windows 2.21 (W/m ² K) Thermal bridges are on poor level	
3. Renovated LTH	4GDH	External walls 0.18 (W/m ² K) Roof 0.15 (W/m ² K) External floor 0.15 (W/m ² K) Doors 1.80 (W/m ² K) Windows 1.30 (W/m ² K) Thermal bridges are on good level	PURMO C21 heat convectors; Air-tightness $q_{50}=0.71$ (l/s·m ²); Air-exhaust ventilation with $q=0.54$ (l/m ² ·s).



Envelope Units Ahu Plant
Air Ambient Control Utility
Links Math Logic All

Zone and Envelope models

- Standard wall model (inline integration)
- Finite difference wall model
- RC network wall model with three capacities
- Adiabatic wall (no net heat transfer)
- Node model for therm. connect.
- Detailed zone model
- Simplified zone model
- Wall surface exposed to solar radiation

Window

RIGA LT_control_regime: C:\Users\anato\Desktop\RIGA\RIGA\RIGA LT_control_regime.idm

Plant: object in R...
Schematic Out

Piecewise proportional controller

Data Diagram

Supply heating water temp

Ambient temperature

OK Cancel Help

Plant model with (by default) very large capacity. Supply hot water setpoint is a function of outside air temp. Chilled water temperatures to zones and AHU are constant. Open boiler and chiller to set parameters.

Energy Meters Usage

- Lighting, facility
- Lighting, tenant
- Equipment, facility
- Equipment, tenant
- Electric cooling
- Fuel cooling
- District cooling
- HVAC aux
- Electric heating
- Fuel heating

Report Expand table

Return air, L/(s.m ²)	Occup., no./m ²	Lights, W/m ²	Lights, kWh/m ²	Equ, nt,
n.a.	0.0	0.0	0.0	0.0
n.a.	0.0	0.0	0.0	0.0
n.a.	0.0	0.0	0.0	0.0
n.a.	0.0	0.0	0.0	0.0
n.a.	0.0	0.0	0.0	0.0
n.a.	0.0	0.0	0.0	0.0
n.a.	0.0	0.0	0.0	0.0
n.a.	0.0	8.812	32.16	0.0



Living room 2.4.2: a zone in RIGA LT_control_regime

WatRad: a water radiator in RIGA LT_control_regime.Living room 2.4.2.Wall 6

General Geometry Outline

Water Radiator

Simplified model:

Design power: 1402 W

N-value, exponent of power curve: 78.5 W/m² floor area

N-value, exponent of power curve: n.a.

Use manufacturer's data

Device type: WATER_RADIATOR

Controller: Supervisory_Living

Longwave Emissivity: []

Sensor: Air temperature

Design conditions

Air temperature at maximum power: Tair 20 Deg-C

Supply temp at maximum power: TliqIn 55 Deg-C

Return temperature at max power: TliqOut 40 Deg-C

Massflow at full power: 0.02232 kg/s

Surfaces Windows Openings Air handling units Leaks Room units Internal gains Internal masses

Name	Type	Wetted area, m2	Connecte d to	Azimuth, Deg	Slope, Deg	Construct ion	U-value, W/(m2 K)	Thicknes s, m	Layer material	Layer thickness, m	Layer material	Layer thickness, m	Layer material	Layer thicke n, m
Floor	Int. floor	17.86	Kitch...		0.0	[Defa...	1.039	0.3	© Co...	0.05	© Chi...	0.07	© Co...	0.15
Ceiling	Roof	17.86	Groun...		180.0	[Defa...	0.8008	0.277	© Gy...	0.01	© Co...	0.22	© He...	0.047

2: a zone in RIGA LT_control_regime

: a water radiator in RIGA LT_control_regime.Living room 2.4.2.Wall 6

Water Radiator

Water Radiator: Water Radiator

Water radiator or convector 3)

K-value 1: 27.01 W/m²C*N

N-value 1: 1.28 -

Height 2: 0.6 m

1) The total emitted heat is given by $K * length * dT^N$, where dT is the difference between the mean surface temperature of the equipment and the air temperature.

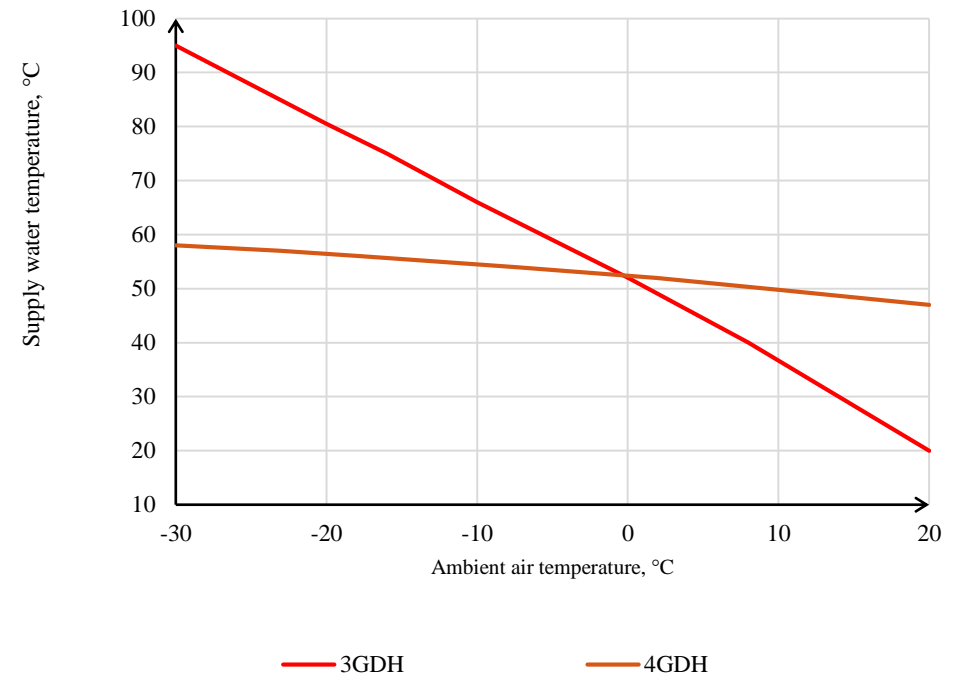
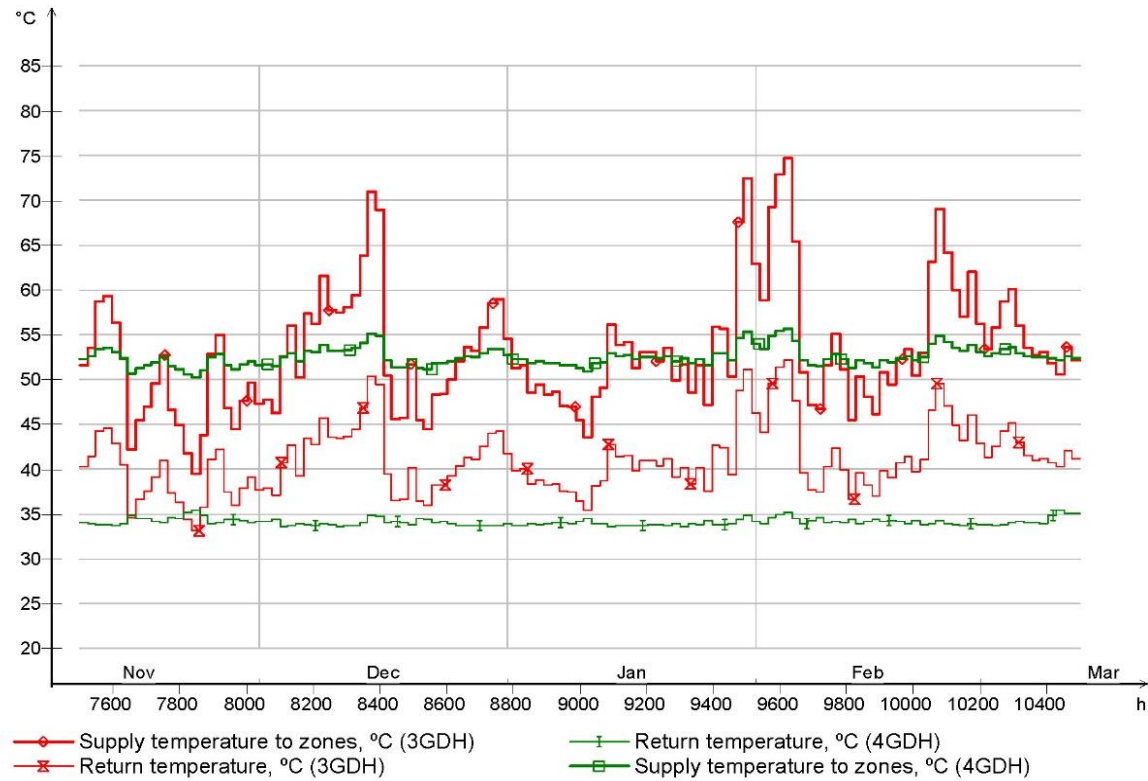
2) Total equipment length is derived from the graphically given area divided by the height (frequently from the data base)

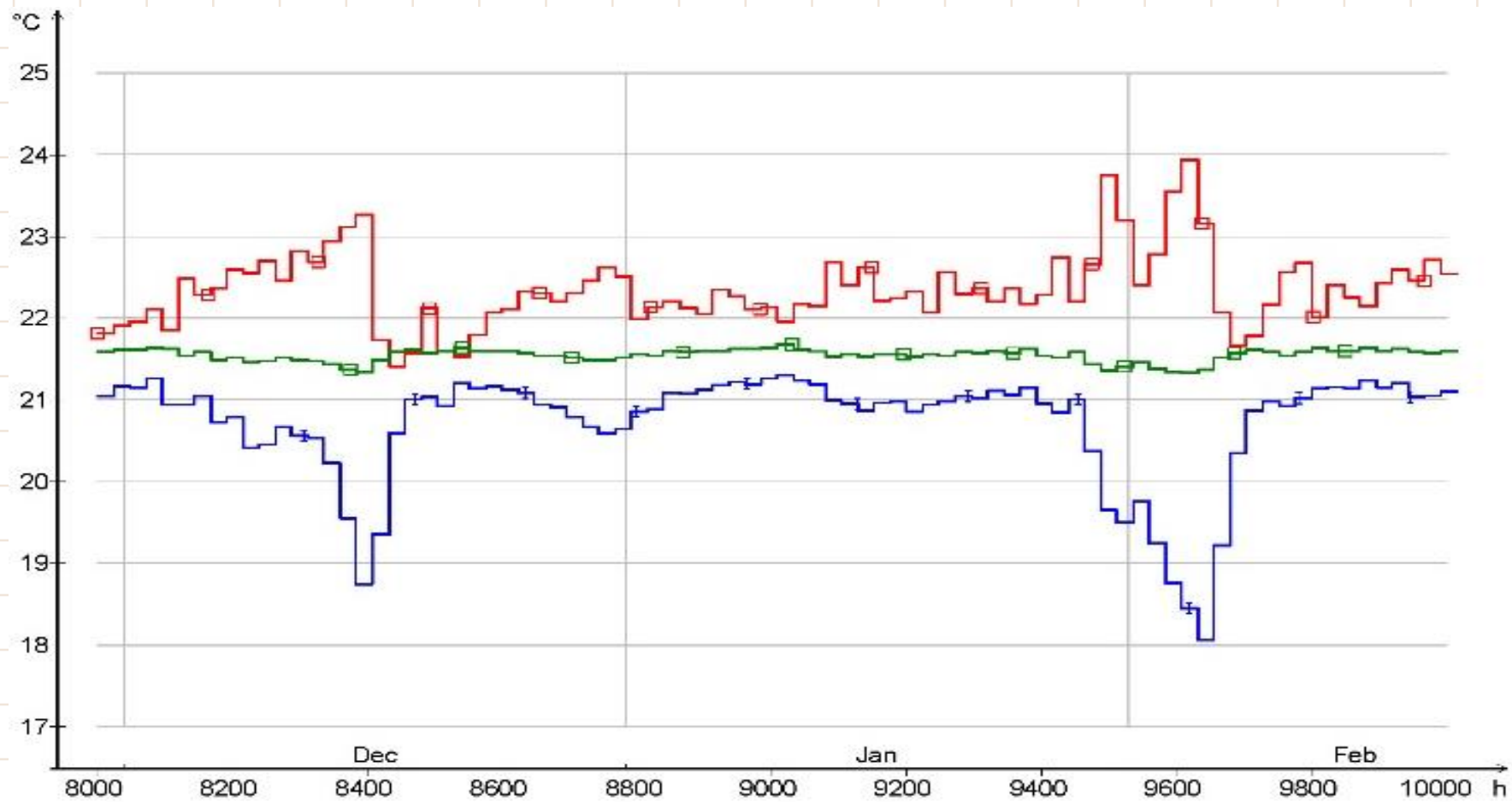
3) To define equipment with a large part convective heat transfer, a small wall area is given in relation to the total power emitted. The radiative transfer is given by the size of the area and the equipment surface temperature.

OK Cancel Save as... Help

Type	Wetted area, m2	Connecte d to	Azimuth, Deg	Slope, Deg	Construct ion	U-value, W/(m2 K)	Thicknes s, m	Layer material	Layer thickness, m	Layer material	Layer thickness, m	Layer material	Layer thicke n, m
Int. floor	17.86	Kitch...		0.0	[Defa...	1.039	0.3	© Co...	0.05	© Chi...	0.07	© Co...	0.15
Roof	17.86	Groun...		180.0	[Defa...	0.8008	0.277	© Gy...	0.01	© Co...	0.22	© He...	0.047

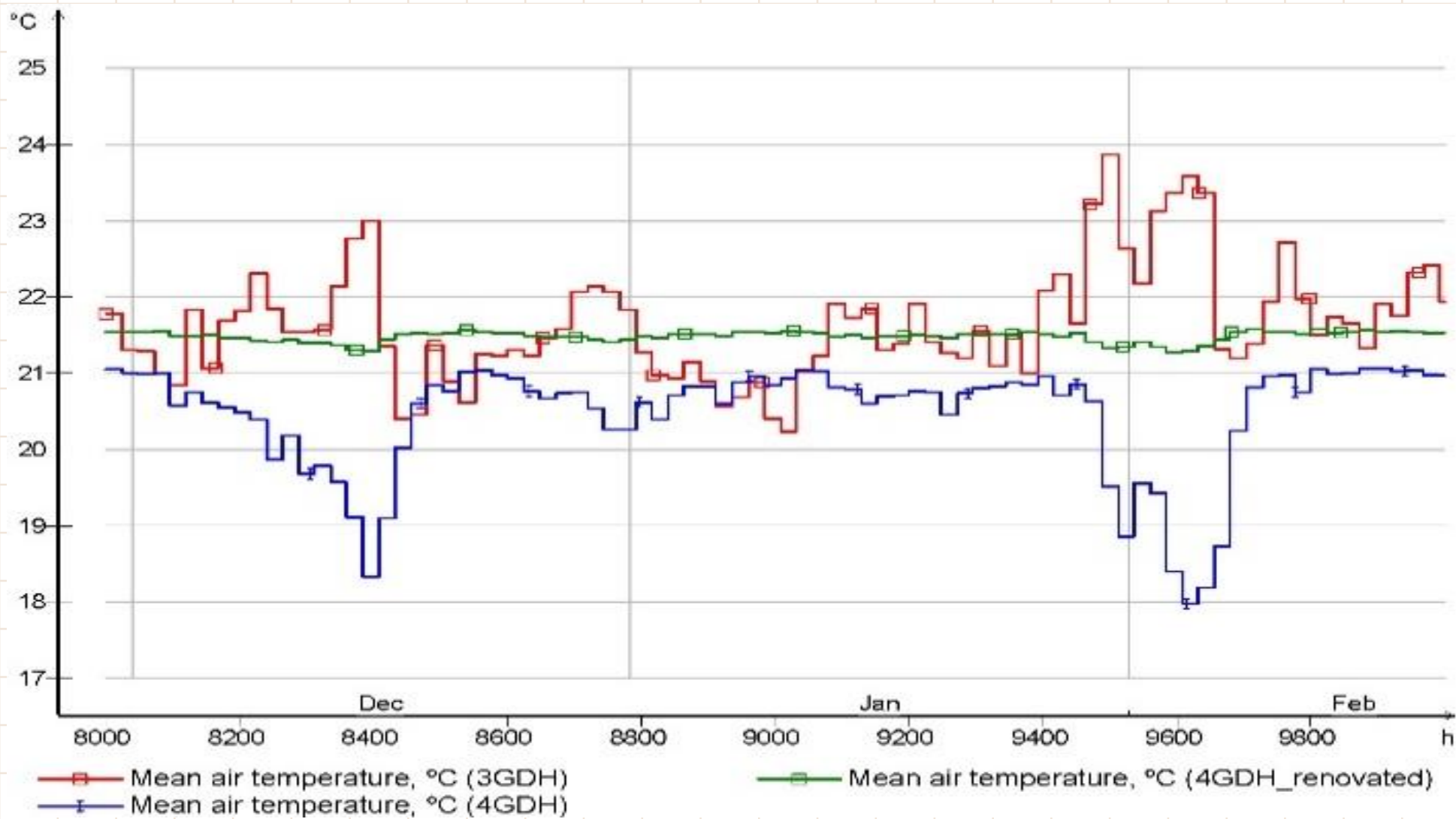
Siltuma avota temperatūras

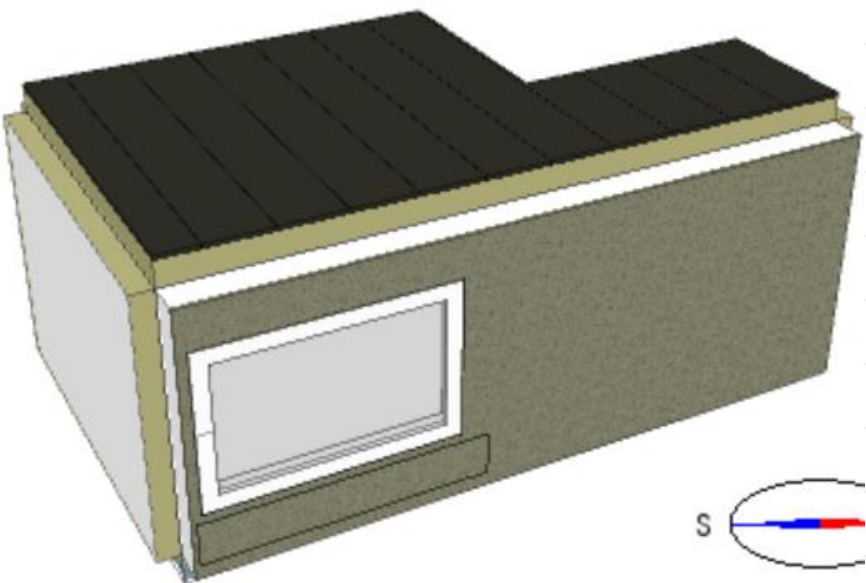




—□— Mean air temperature, °C (4GDH)
 —+— Mean air temperature, °C (3GDH)

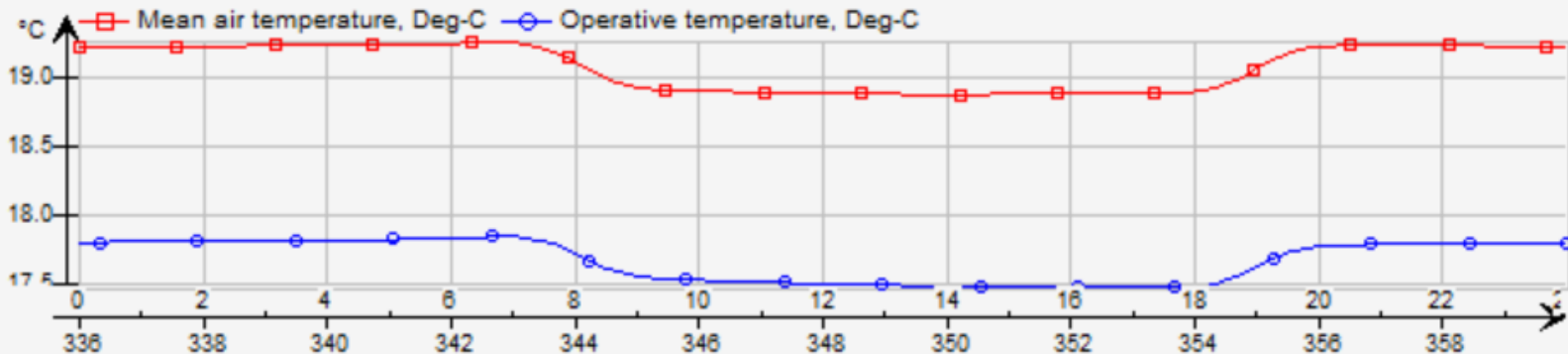
—□— Mean air temperature, °C (4GDH_renovated)





Main temperatures

Date: 15-Jan-16



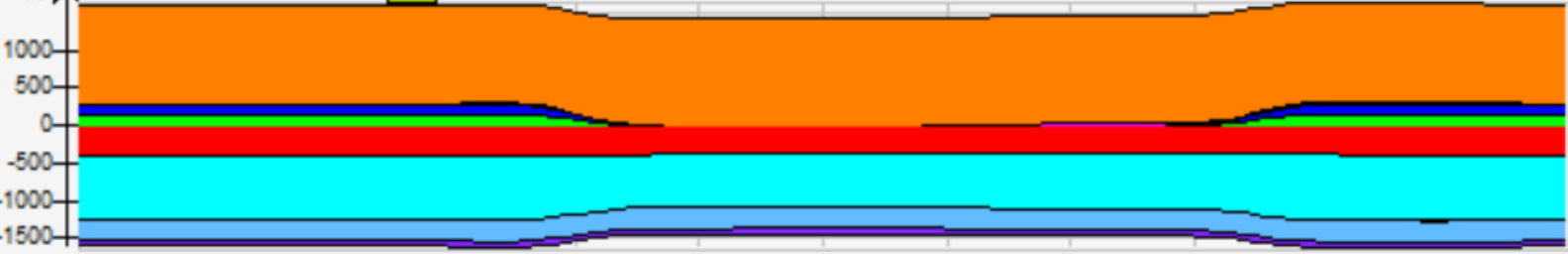
Energy balance

- Envelope & Thermal bridges, W
- Internal Walls and Masses, W
- Window & Solar, W
- Mech. supply air, W
- Infiltration & Openings, W
- Occupants, W
- Equipment, W
- Lighting, W
- Local heating units, W
- Local cooling units, W
- Net losses, W

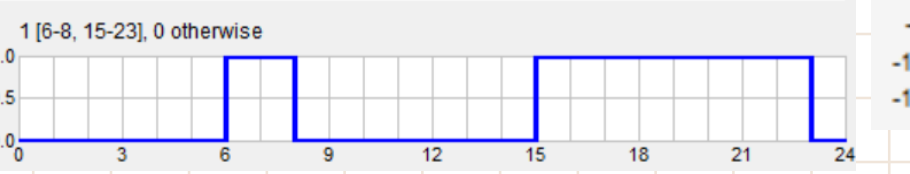
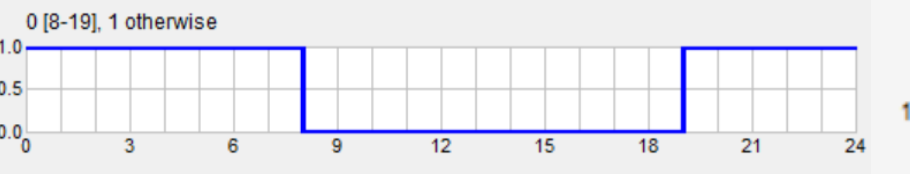
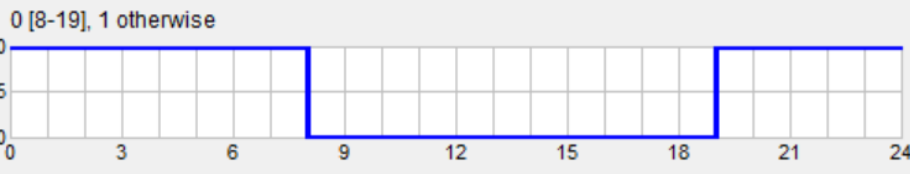


it balance

- Heat from air flows, W
- Heat from occupants (incl. latent), W
- Heat from equipment, W
- Heat from walls and floors (structure), W
- Heat from lighting, W
- Heat from solar - direct and diffuse, W
- Heat from heating and/or cooling room units, W
- Heat from windows (including absorbed solar) and openings, W
- Heat from thermal bridges, W
- Net losses, W



House living +



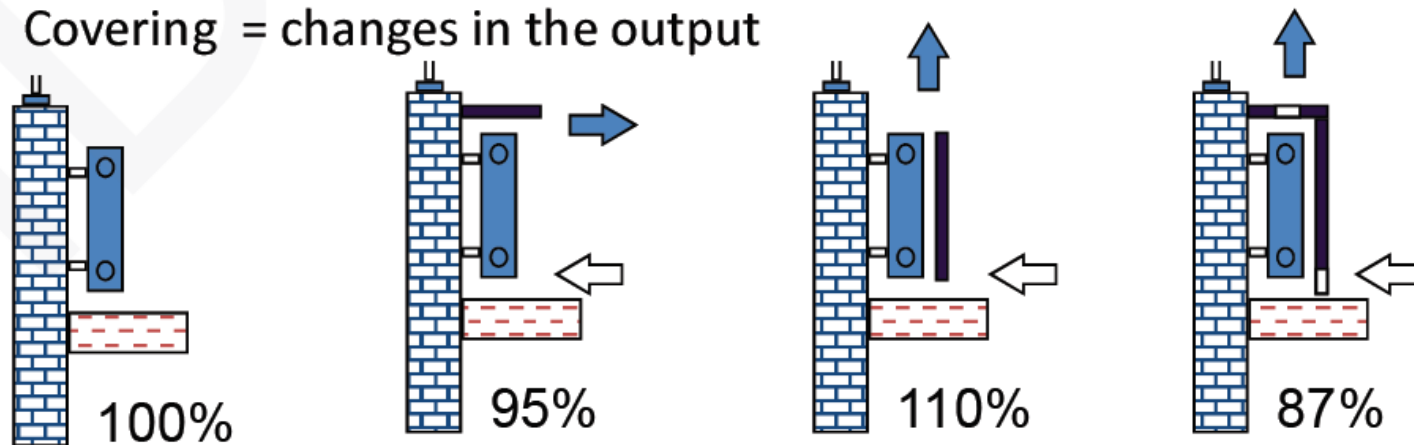
Temperatūras diskomforts

Number of bedrooms	Averagely weighed number of hours, h		Averagely weighed number of hours*, %	
	below 18 °C	18-20 °C	below 18 °C	18-20 °C
21	6	175	0.14	3.88

*total number of simulated heating hours is 4514 h

Ierobežojumi

- Covering = changes in the output



- ┆ Connection to the piping system

