

Agris Kamenders

RTU

Vides aizsardzības un siltuma sistēmu institūts



VIDES



MINISTRIJA

Apmācību kurss
“Labā prakse ēku energoefektivitātes
paaugstināšanā”

Ēkas enerģijas balance.
Kvalitatīva renovācija

Agris Kamenders,
Mg. sc. Ing., RTU VASSI

06.01.2011
01-1

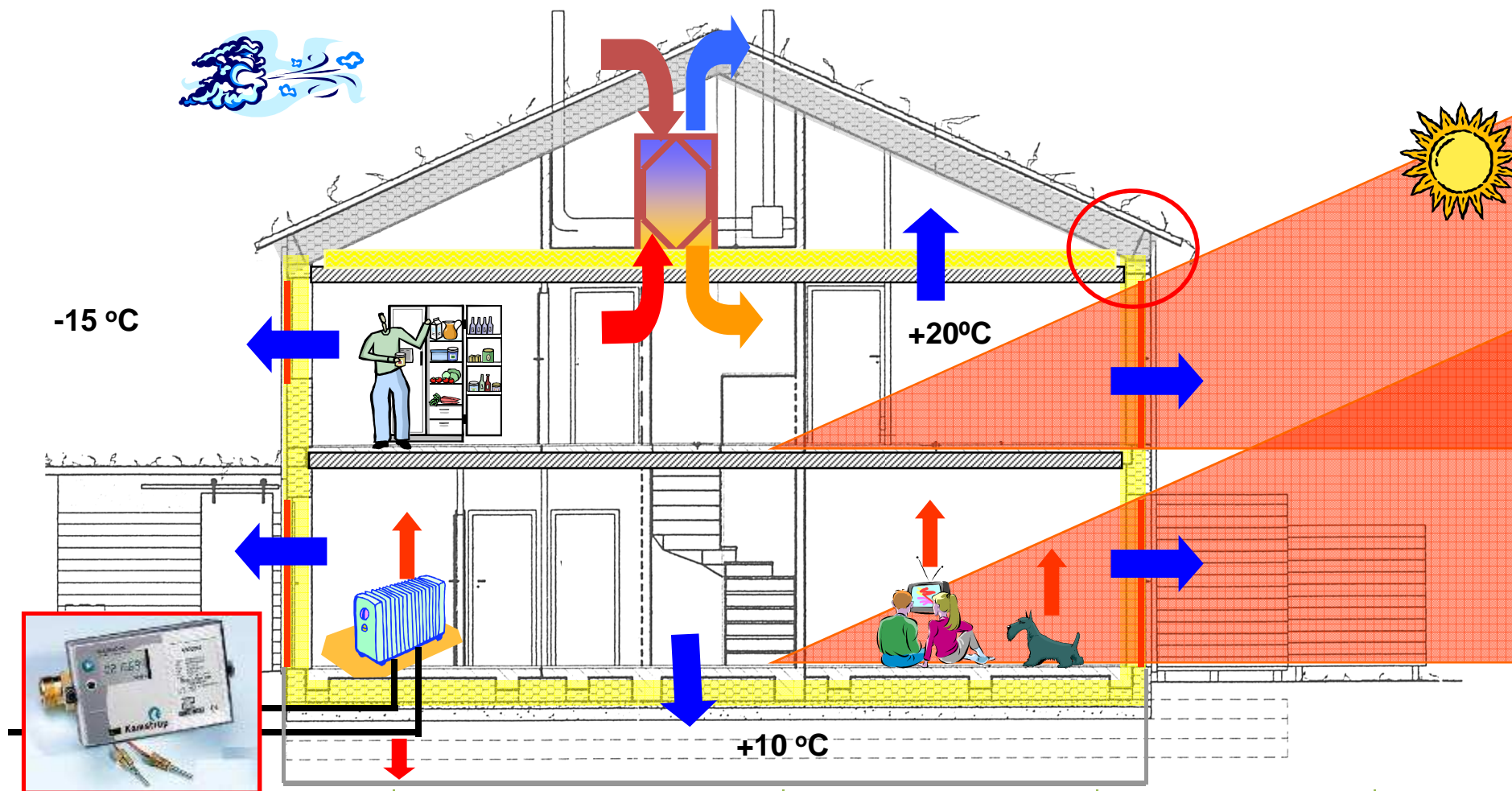
Saturs

1. Likumdošana
2. Ēkas enerģijas bilance un piemērs
3. Termiskie tilti
4. Ēkas blīvums un kondensācijas draudi
5. Kvalitātes kontrole

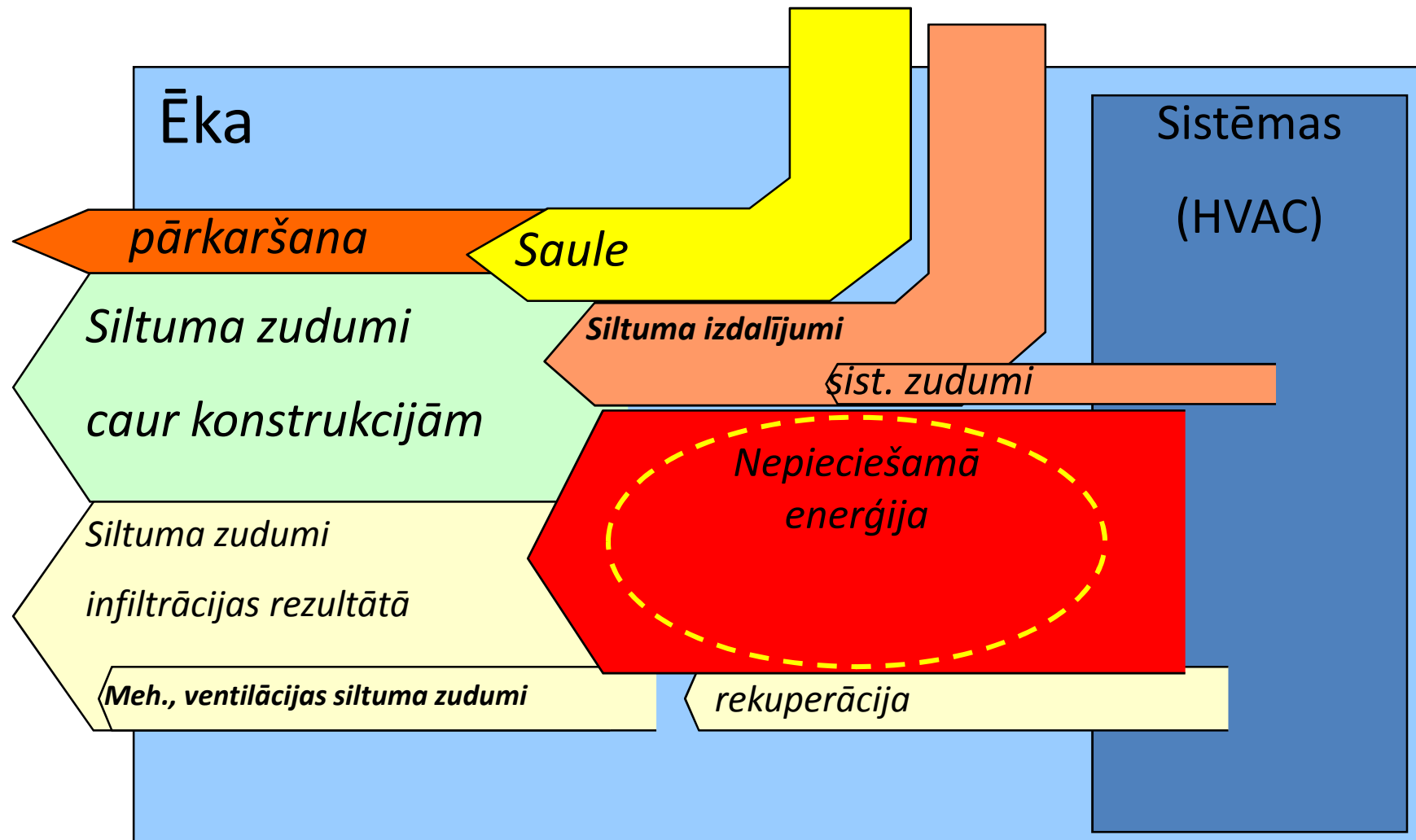
Normatīvie akti

- LBN 002 – 01 “Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika”
- 2008. gada 13. marta likums „Ēku energoefektivitātes likums”
 - MK noteikumi Nr. 39 „Ēkas energoefektivitātes aprēķina metode”
 - LVS EN ISO 13790:2008 „Ēku energoefektivitāte. Telpu apsildīšanas un dzesēšanas energopatēriņa rēķināšana”

Ēkas enerģijas patēriņš



Ēkas siltuma bilance



Energija dzesēšanai un apkurei

$$Q_{Apk, apr(t)} = H_T (T_1 - T_2)t - \eta(A_{sol}E_{sol} + Q_{ieg})$$

$$Q_{Dz, apk(t)} = (A_{sol}E_{sol} + Q_{ieg}) - \eta H_T (T_1 - T_2)t$$

H_t - ēkas siltuma zudumu koeficients;

t - novērtējuma laika periods (LBN003-01);

T_1 - apkures vai dzesēšanas uzstādītā temperatūra, vidēji ēkā;

T_2 - vidējā ārējais temperatūra aprēķina periodā;

η - ieguvumu izmantošanas koeficients;

A_{sol} - visas ēkas lietderīgais saules enerģiju savācošais laukums;

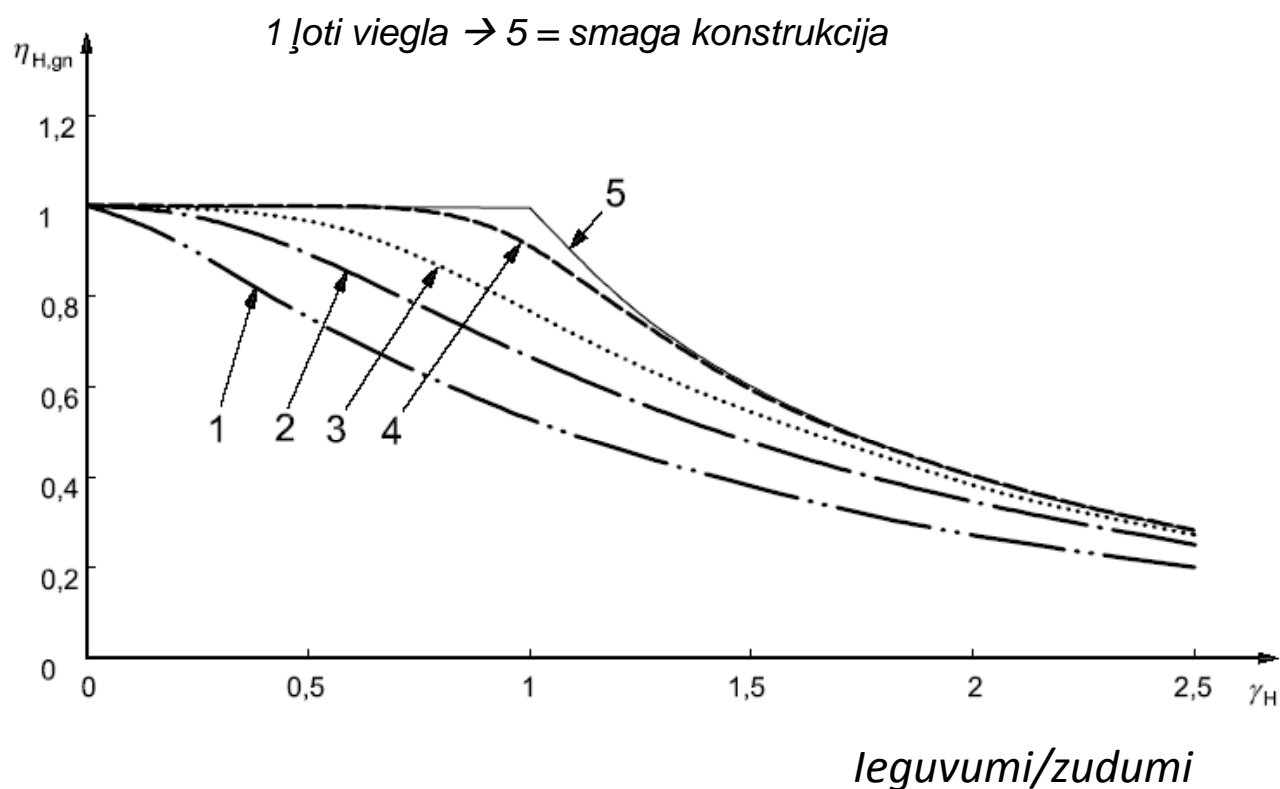
E_{sol} - saules starojums laika periodā t uz laukumu A_{sol} ;

Q_{ieg} - visas ēkas iekšējie ieguvumi novērtējuma laika periodā t .

Siltuma izdalījumu izmantošanas koeficients

Siltuma
izmantošanas
koef., ($\eta_{H,g}$)
kā funkcija no

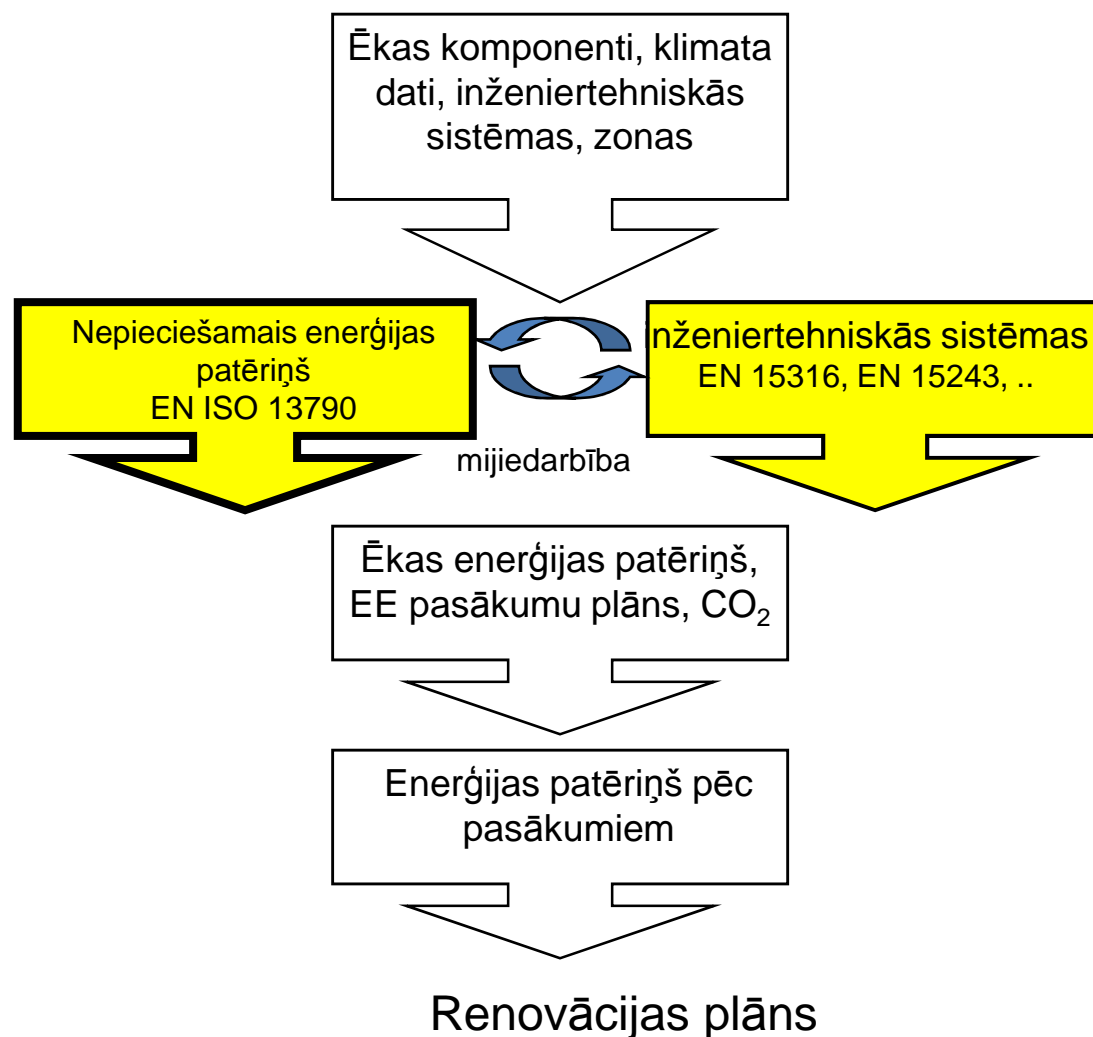
- leguvumu
zudumu
attiecība (γ_H)
- ēkas inerces



Aprēķina gaita

Pamatsoli:

- Nosaka nepieciešamo enerģijas patēriņu **apkurei, krastā ūdens sagatavošanai, ventilācijai, dzesēšanai un apgaismojumam**.
- Aprēķinam jāizmanto LVS EN ISO standartus uz kuriem dotas atsauces “Ēkas energoefektivitātes aprēķinu metodē”.
- Vispārīgi ēkas enerģijas patēriņa aprēķinu reglamentē **LVS EN ISO 13790** standarts.



LBN 002-01 “Norobežojošo konstrukciju siltumtehnika”

- Normatīvās ēkas princips - siltuma zudumu koeficients H_T nedrīkts pārsniegt normatīvo vērtību H_{TR} [W/K]:

$$H_T \leq H_{TR}$$

- Konstrukcijas tiek veidotas ar normatīviem siltuma caurlaidības koeficientiem U_{RN} un stiklotās virsmas nepārsniedz 20% no apkurināmās grīdas laukuma.

LBN 002 – 01 “Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika”;

- Ēkas aprēķina siltuma zudumu koeficientu H_T vatos uz grādu (W/K);

$$H_{TR} = \sum U_i A_i + \sum \psi_i l_i + \sum \lambda_k$$

U_i - būvelementa siltuma caurlaidības koeficients W/(m² x K);

A_i - būvelementa laukums (m²);

ψ - lineārā termiskā tilta siltuma caurlaidības koeficients W/(m x K);

l_j - lineārā termiskā tilta garums (m);

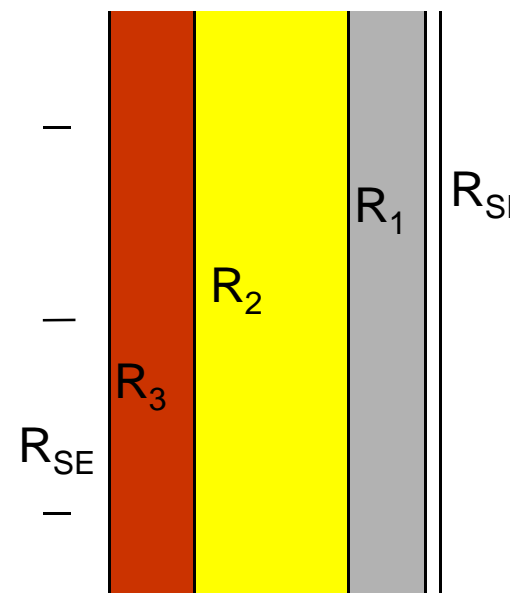
λ - punktveida termiskā tilta siltuma caurlaidības koeficients (W/K).

LVS EN ISO 6946+A1 “Ēkas daļas un būvkonstrukcijas. Siltumpretestība un siltumvadītspēja. Aprēķina metode”

- Piemērota homogēnu un nehomogēnu norobežojošo konstrukciju aprēķinam

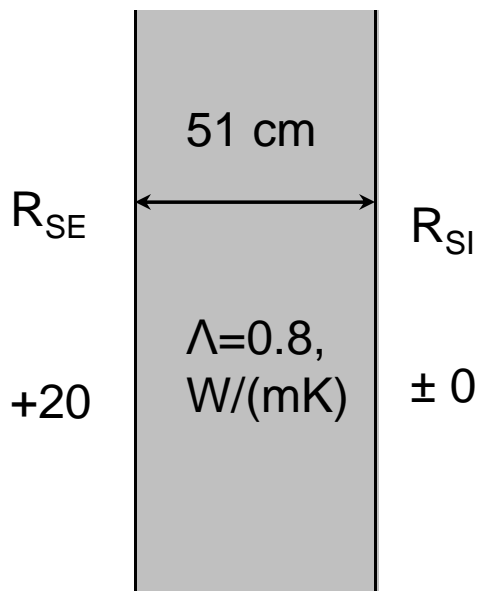
$$U = \frac{1}{R_{SI} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{SE}}, W / (m^2 \cdot K)$$

$$R_n = \frac{d_n}{\lambda_n}, m^2 \cdot K / W$$



Siltuma plūsma pēc LVS EN ISO 6946+A1

	uz augšu	horizontāli	uz leju
$R_{si} [m^2K/W]$	0.10	0.13	0.17
$R_{se} [m^2K/W]$	0.04		



$$R_n = \frac{d_n}{\lambda_n} = \frac{0.51}{0.8} = 0.63, m^2 \cdot K / W$$

$$U = \frac{1}{0.13 + 0.63 + 0.04} = 1.225, W / (m^2 \cdot K)$$

$$q = \frac{1.225 \cdot 1 \cdot 20 \cdot 4872}{1000} = 119, kWh / m^2 \text{ gadā}$$

Ēkas renovācija un likumdošana. Siltuma caurlaidības koeficientu U_{RN} W/(m² x K) un U_{RN} , W/(m x K) normatīvās vērtības

Nr. p.k.	Būvelementi	Dzīvojamās mājas, pansionāti, slimnīcas un bērnudārzi	Publiskās ēkas, izņemot pansionātus, slimnīcas un bērnudārzus	Ražošanas ēkas
1.	Jumti un pārsegumi, kas saskaras ar āra gaisu	0,2 k	0,25 k	0,35 k
2.	Grīdas uz grunts	0,25 k	0,35 k	0,5 k
3.	Sienas:			
3.1.	ar masu, mazāku nekā 100 kg/m ²	0,25 k	0,35 k	0,45 k
3.2.	ar masu 100 kg/m ² un vairāk	0,3 k	0,4 k	0,5 k
4.	Logi, durvis un stiklotas sienas	1,8 k	2,2 k	2,4 k
5.	Termiskie tilti	0,2 k	0,25 k	0,35 k

Kāda vērtība jāsasniedz atbilstoši likumdošanai

$$k = 19/(t_i - t_{\bar{a}}) = 19/(20 + 1.1) = 0.9$$

LBN 003-01 "Būvklimatoloģija"

Apkures dienu skaits: 208

Vidējā temperatūra apkures sezonā: -1,1 °C

$$U_{RN} = 0,3 \cdot 0,9 = 0,27 \text{ W/(m}^2 \times \text{K)} \text{ [dzīvojamo ēku gadījumā]}$$

$$U_{RN} = 0,4 \cdot 0,9 = \mathbf{0,36} \text{ W/(m}^2 \times \text{K)} \text{ [publisku ēku gadījumā]}$$

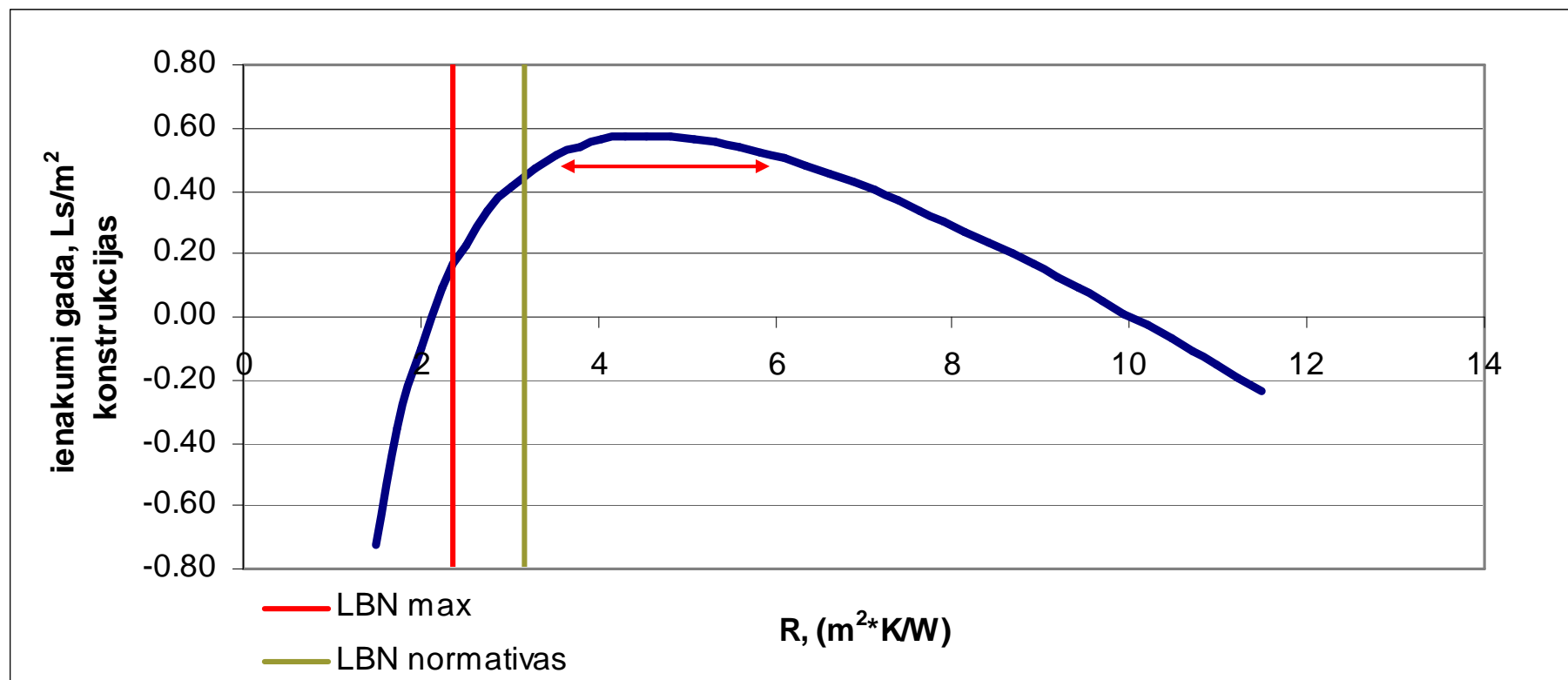


$$U_{\text{siena}} = 1/(R_{\text{si}} + R_{\text{sienas}} + R_{\text{se}}) = 1/(0,13 + 0.63 + 0.04) = \mathbf{1,225}; [\text{W/(m}^2 \times \text{K)}]$$

$$U_{\text{siena}} = 1/(R_{\text{si}} + R_{\text{sienas}} + d/\lambda + R_{\text{se}}) = 1/(0,13 + 0.83 + 2,56 + 0.04) = \mathbf{0.296}; [\text{W/(m}^2 \times \text{K)}]$$

Lai sasniegtu LBN 002 -01 noteiktās prasības pietiek ar +10 cm siltumizolācijas $\lambda = 0.039 \text{ W/mK}$

Tas nav optimāls risinājums jau pie šodienas enerģijas tarifiem



Prasības pret termiskajiem tiltiem un gaisa caurlaidību atbilstoši LBN 002-01

- Ēkas blīvums publiskajām ēkām:
 $4 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \times \text{h}) \Rightarrow n_{50} = 1,33 [\text{h}^{-1}]$.
- Termiskie tilti 0,25k $\Rightarrow \psi = 0,225 [\text{W}/(\text{mK})]$
- Siltuma caurlaidības koef. $U_{RN} = 0.36 [\text{W}/(\text{m}^2 \times \text{K})]$

Piemērs

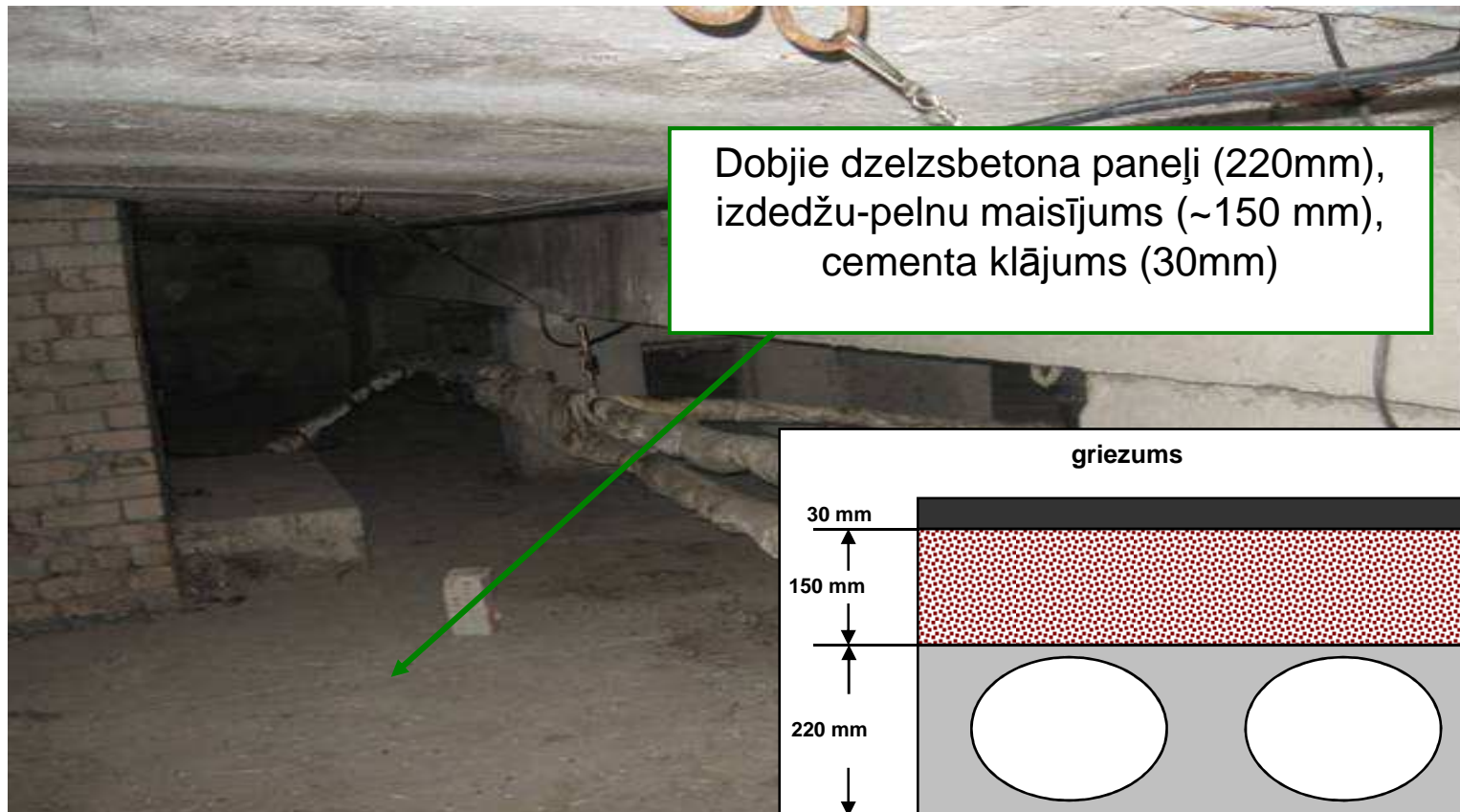
- Prognozētais enerģijas patēriņš un reālie enerģijas patēriņa dati.
- Daudzdzīvokļu ēkas renovācija

Piemērs: daudzdzīvokļu ēka Gaujas ielā 13

- 467.sērijas ēka
- Apkurināmā platība 1914,6 m²
- Ēkai ir liels enerģijas patēriņš gan apkurei, gan karstā ūdens sagatavošanai.



Tiek raksturotas konstrukcijas



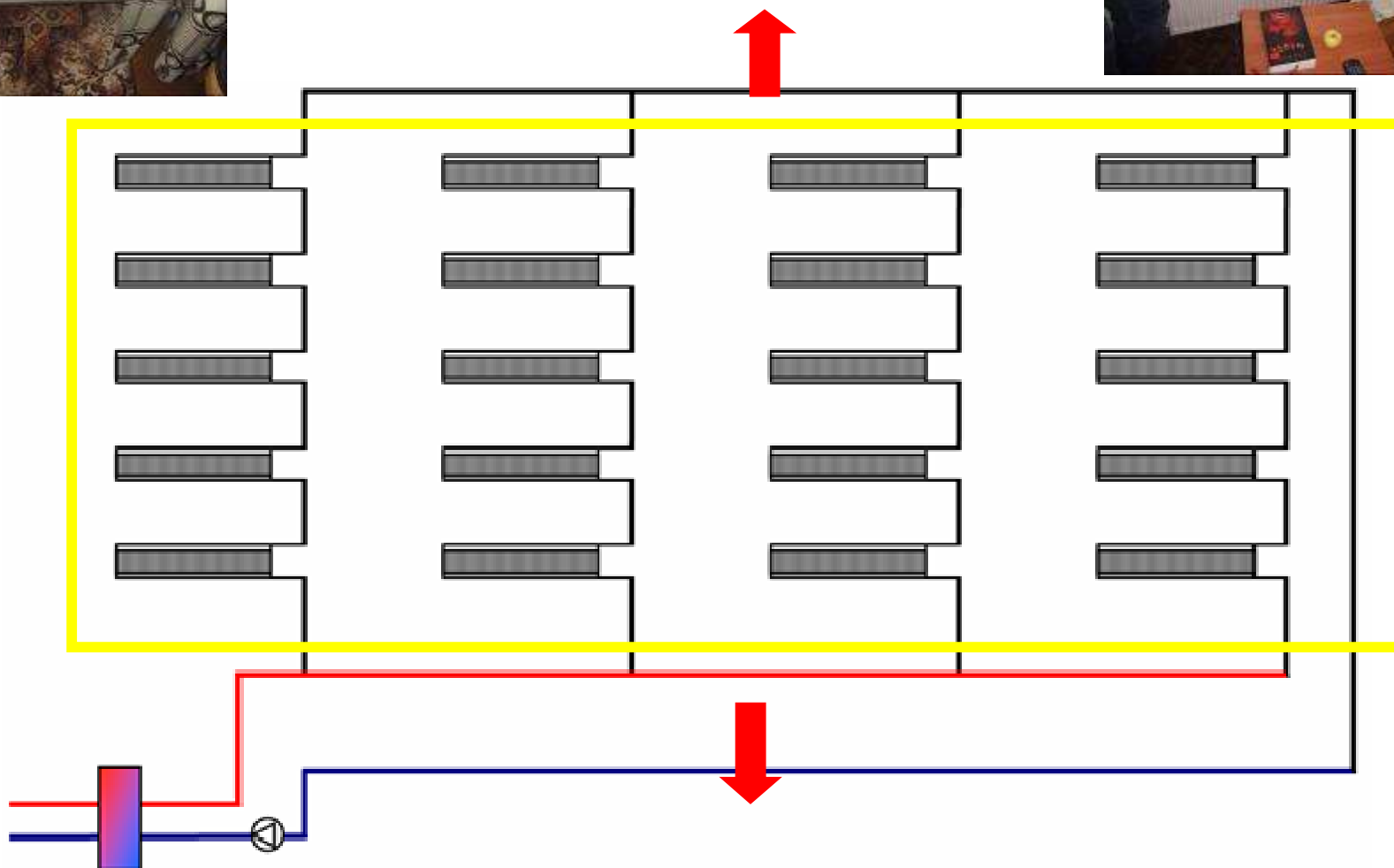
Ēkas konstrukcijas

Konstrukcijas	materiāli	biezums, m	U, W/(m ² K)	Siltuma zudumi caur 1 m ² apkures sezonas laikā, kWh/m ²
Gala sienas	keramzītbetos	0.30	1.18	124.3
Fasāde	keramzītbetos	0.30	1.18	124.3
Kāpņu telpas sienas	keramzītbetos	0.30	1.18	124.3
Starplogu bloki	Gāzbetons	0.15	1.16	122.2

Konstrukcijas	Materiāli	U, W/(m ² K)	Siltuma zudumi caur 1 m ² apkures sezonas laikā, kWh/m ²
Sienas	Keramzītbetons 0,3 m	1.18	124.3
Logi 1	Divstiklu pakete ar PVC rāmjiem	2.4	252.8
Logi 2	Dubultais stiklojums koka rāmjos	2.8	294.9
Bēniņu pārsegums	Dobais dzelzsbetona panelis un izdedži (0,15 m)	0.82	86.4
Pagraba pārsegums	Dobais dzelzsbetona panelis un izdedži 0,05 m	1.36	40.7



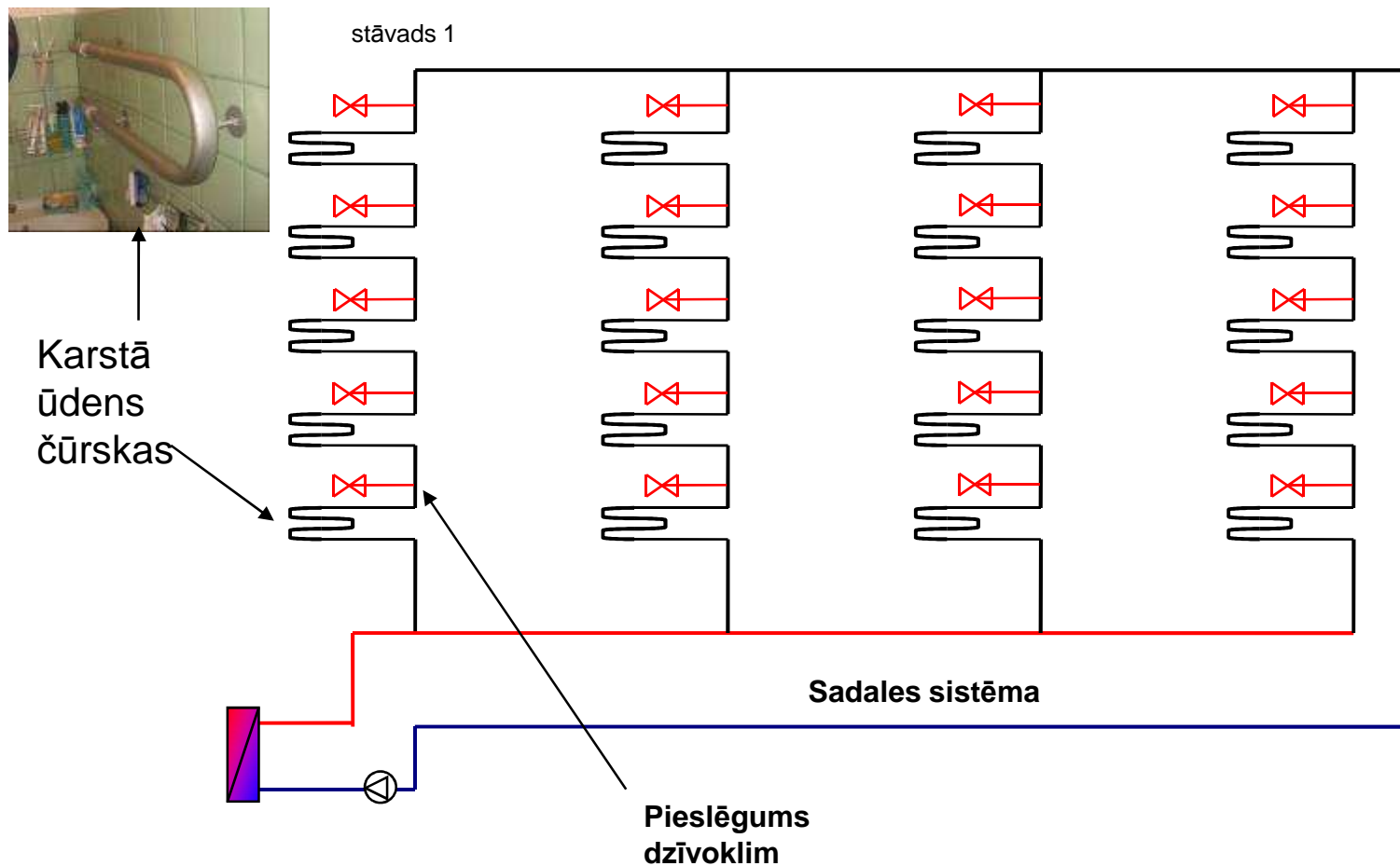
Apkures sistēma



Apkures sistēma

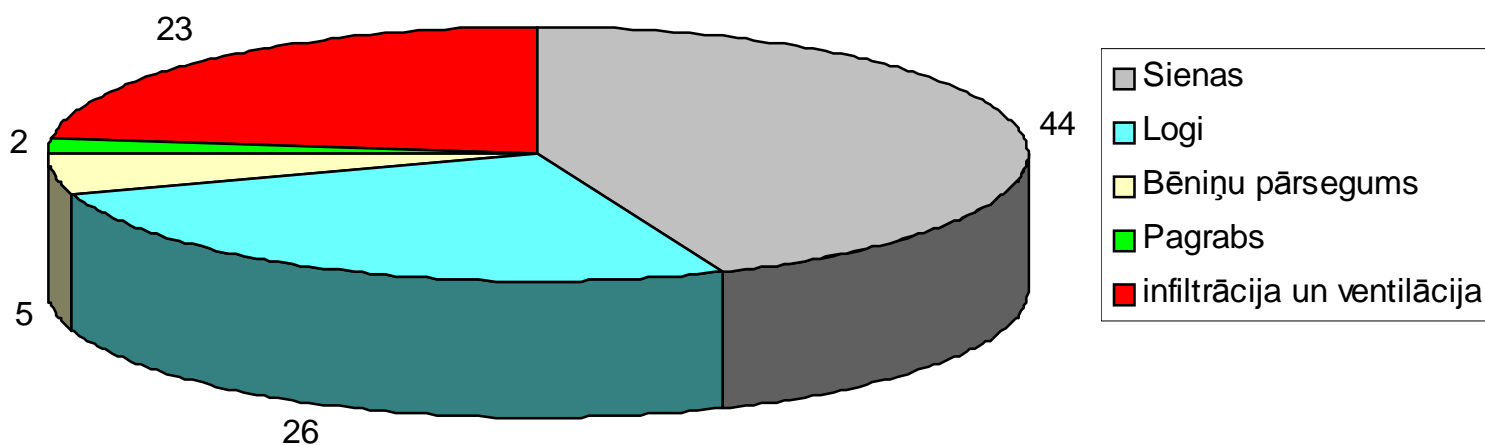


Apkures un karstā ūdens sistēma

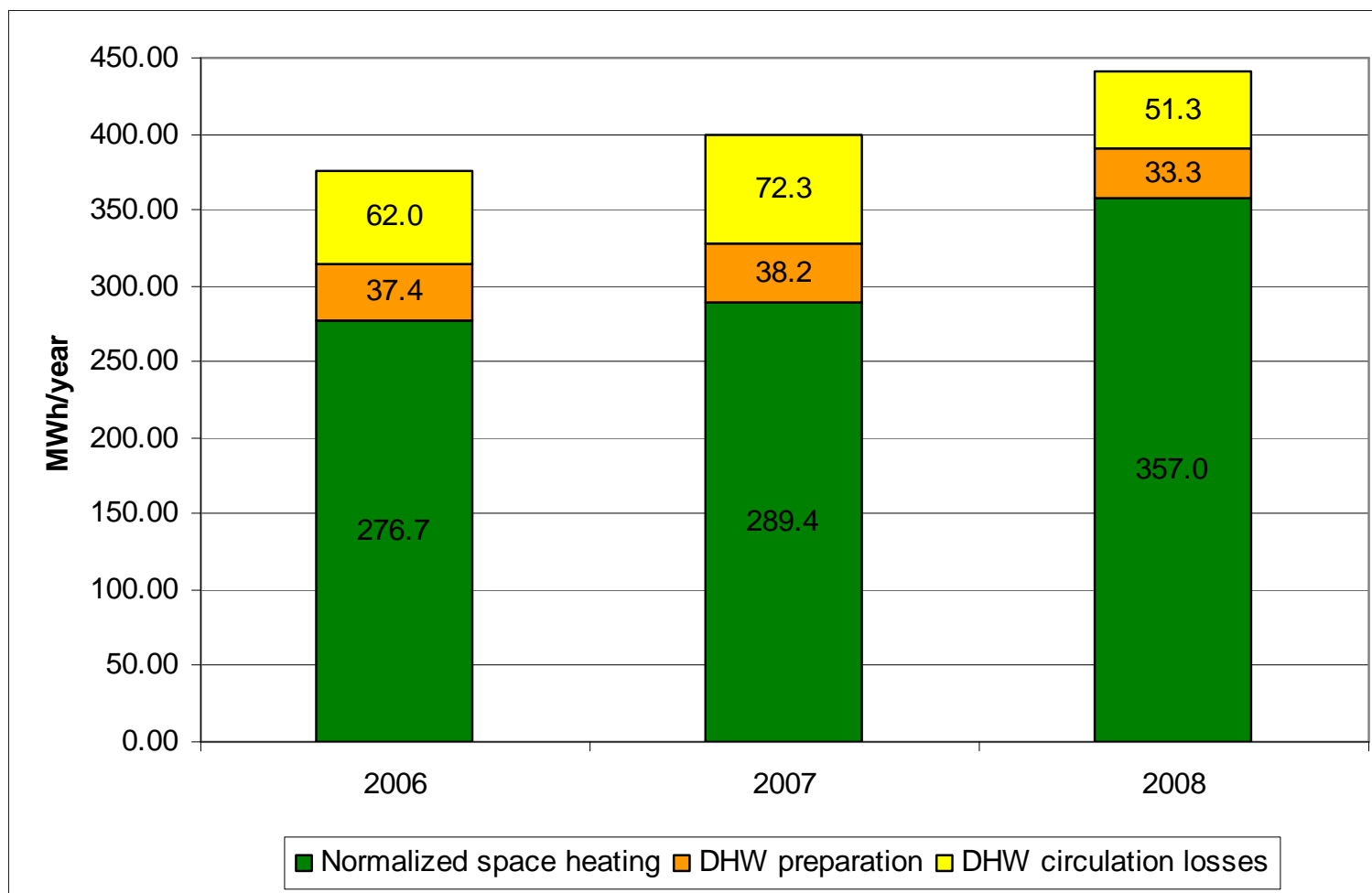


Siltuma zudumi ēkai

Zudumu sadalījums



Enerģijas patēriņa dati

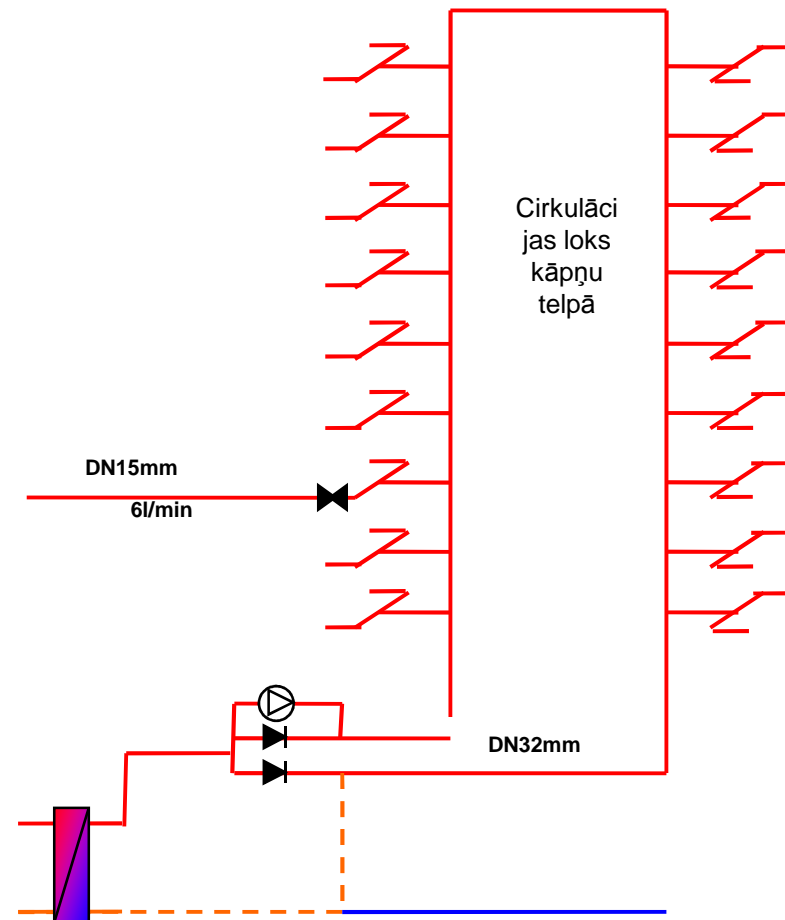


Energoefektivitātes pasākumi

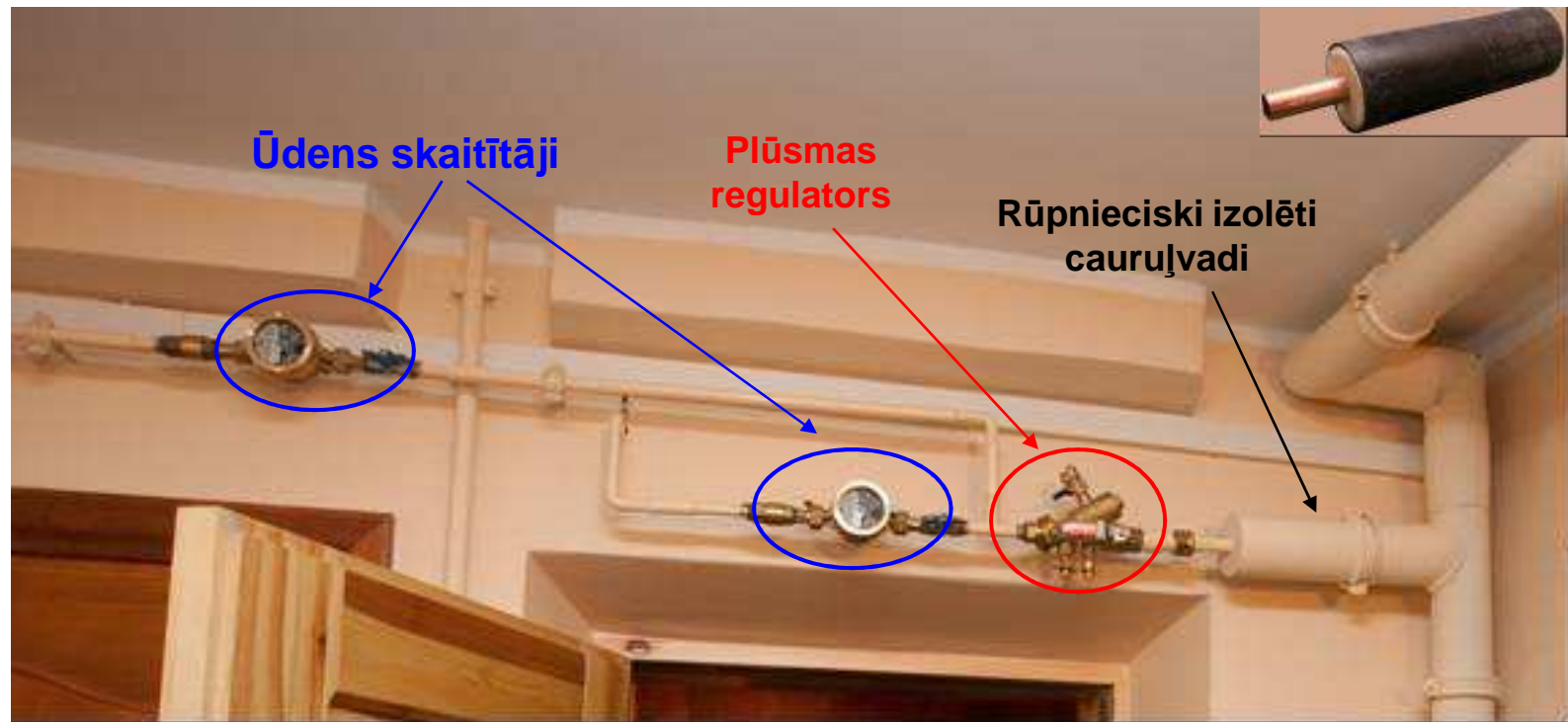
- Sienu siltināšana
- Bēniņu un pagraba pārseguma siltināšana
- Logu nomaiņa
- Durvju nomaiņa
- Karstā ūdens sistēmas pārbūve
- Apkures sistēmas daļēja pārbūve
- ISM rekonstrukcija
- Monitorings sistēmas uzstādīšana



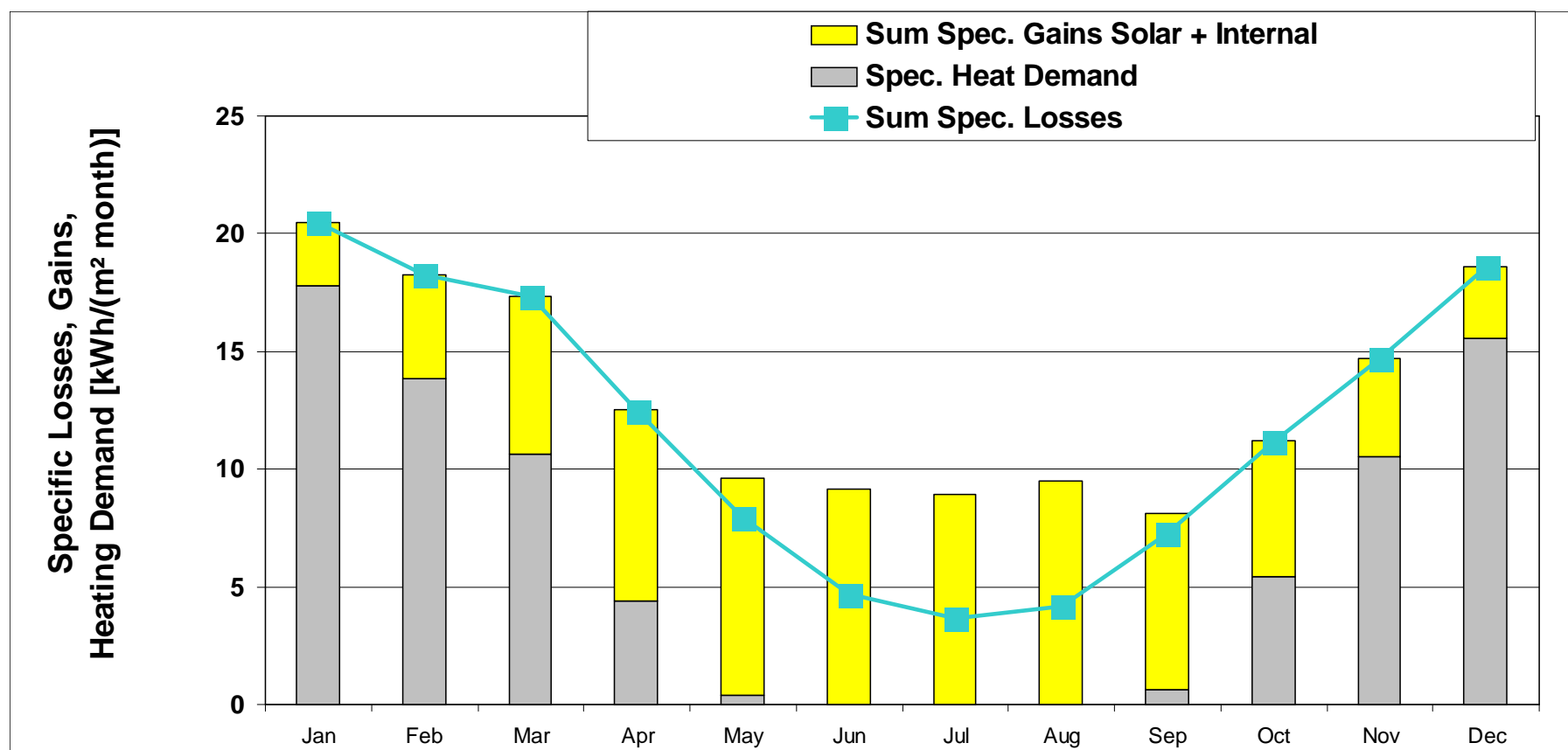
Energoefektivitātes pasākumi



Karstā ūdens sistēmas pārbūve



Enerģijas patēriņa prognoze



Monitoringa sistēma

- Ēkā uzstādīta siltumenerģijas patēriņa monitorēšanas sistēma
- Ar tās palīdzību tiek mērīti ēkas siltumenerģijas patēriņu raksturojošie parametri, kā arī katra dzīvokļa temperatūras
- Šāda sistēma dod iespēju gan kontrolēt ēkas siltumenerģijas patēriņu, gan nodrošināt atbilstošu komforta līmeni dzīvokļos



Monitoringa sistēma





Komforts telpās

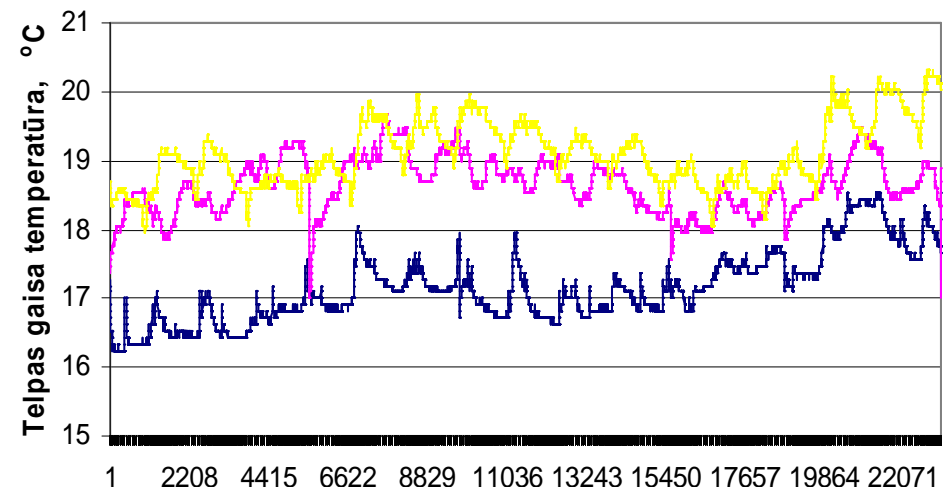


Telpu gaisa temperatūras

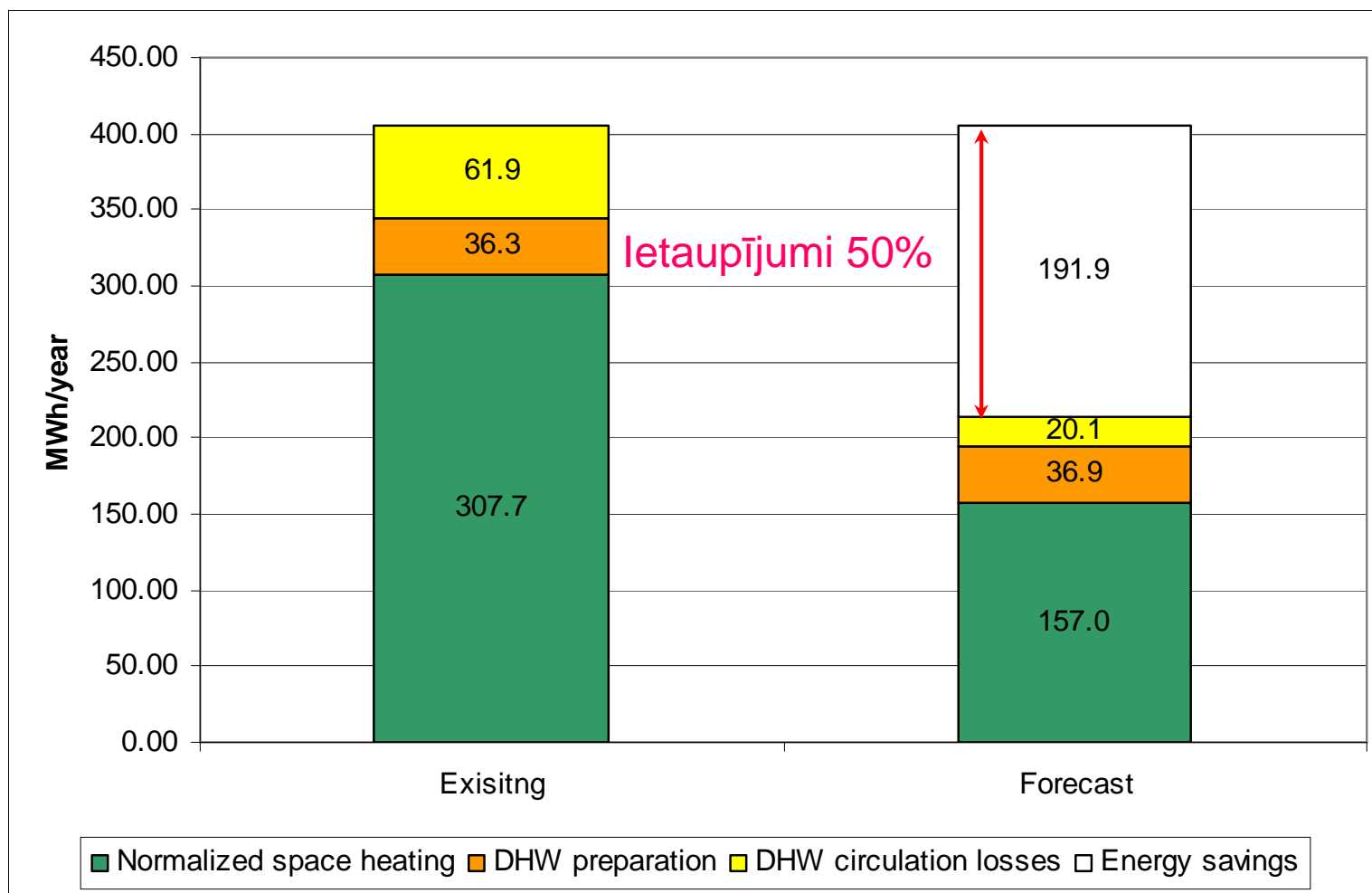
- No 1.februāra līdz 18.februārim tika veikti telpu gaisa temperatūru mērījumi Gaujas ielā 9, Gaujas ielā 11 un Gaujas ielā 13



- Vidējās telpu gaisa tem
 - Gaujas 9: +18,3 °C
 - Gaujas 11: +20,0 °C
 - Gaujas 13: +21,6 °C



Rezultāti



Gaujas iela 13, projekta izmaksas

Pasākums	Energoefektivitātes pasākumi	Ne-energoefektivitātes izmaksas	Kopā
Ēkas siltināšana	42 346	3 250	45 596
Jumta remonts		2 347	2 347
Logu nomaiņa	15 171	2 879	18 049
Balkonu remonts		11 922	11 922
Kāpņu telpas, ieejas		14 127	14 127
Ventilācijas sistēmas uzlabošana		1 851	1 851
Citas izmaksas	7 248	5 566	12 814
Siltummezgla renovācija	4 135		4 135
Apkures sistēmas renovācija	14 710		14 710
Karstā ūdens sistēmas rekonstr.	15 198		15 198
Monitoringa sistēmas uzstād.	3 630		3 630
Kopējās izmaksas:	102 437	41 942	144 380

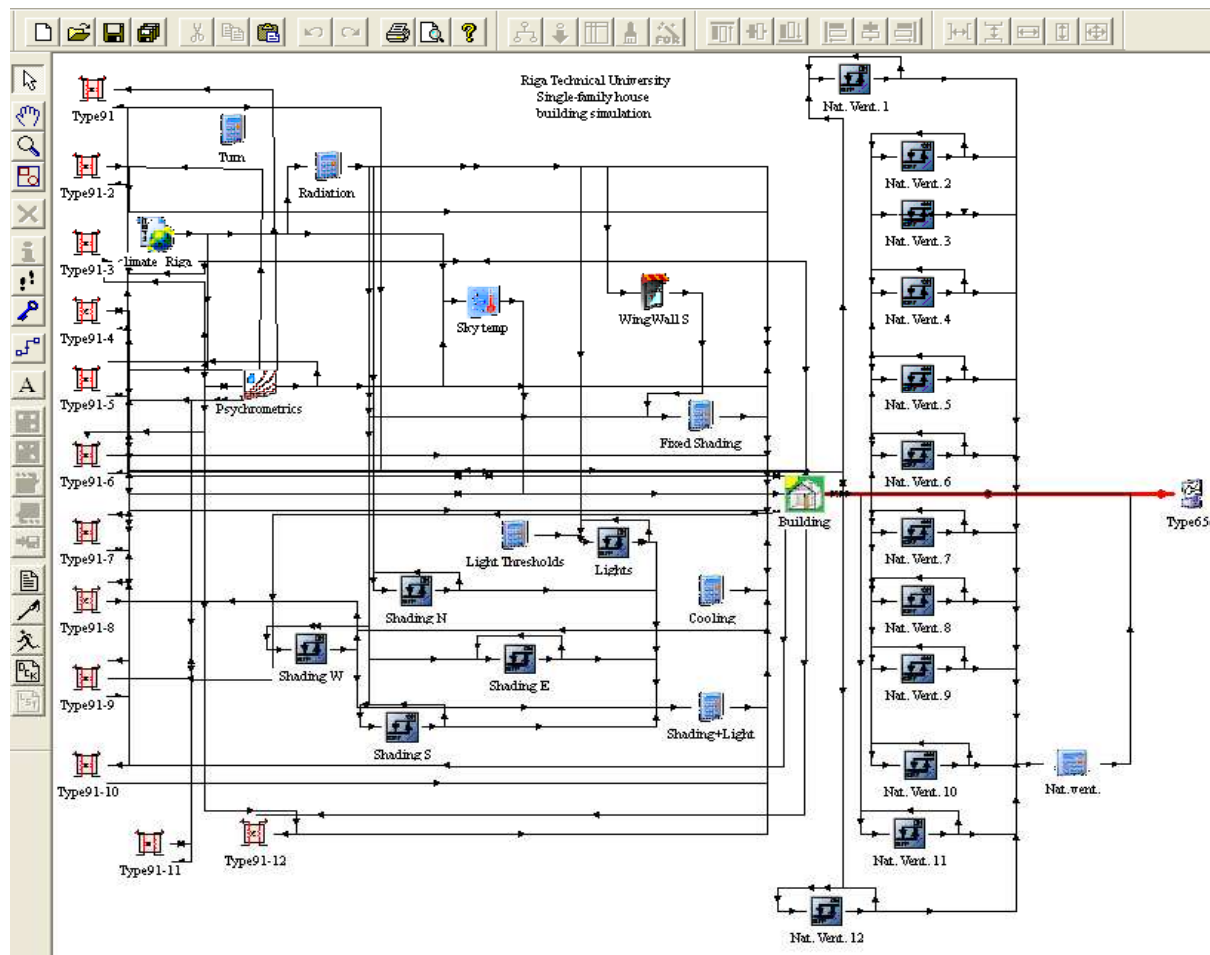
Aprēķinu programmas

- PHPP 2007
- TRNSYS
- Ekomāja

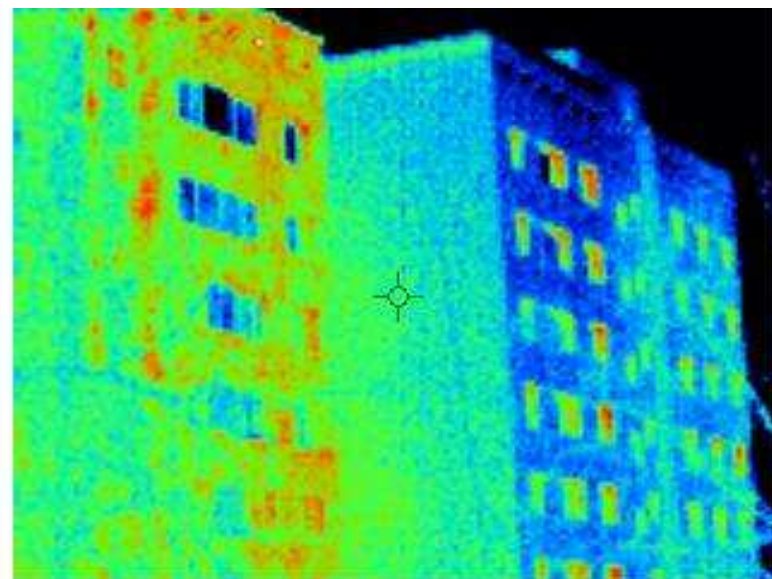
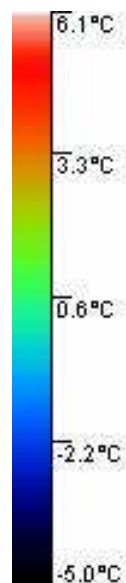
Overall building dimensions	
Address	602.eka
Building length	52.00 m
Building width	11.90 m
Number of storeys	9
Total floor area	5569.20 m ²
Average floor height	2.96 m
Heated area	3890.00 m ²
Building volume	16484.83 m ³
Perimeter	127.80 m
Number of apartments	72

To collect building data you can use source data form (MS Word/2000).

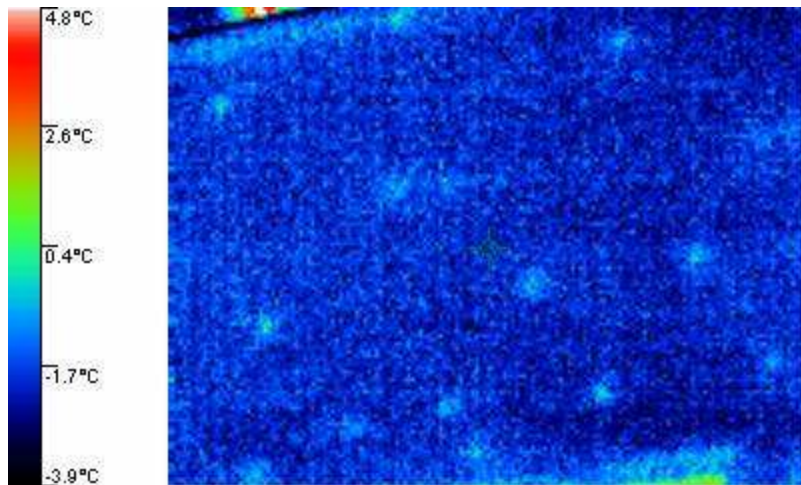
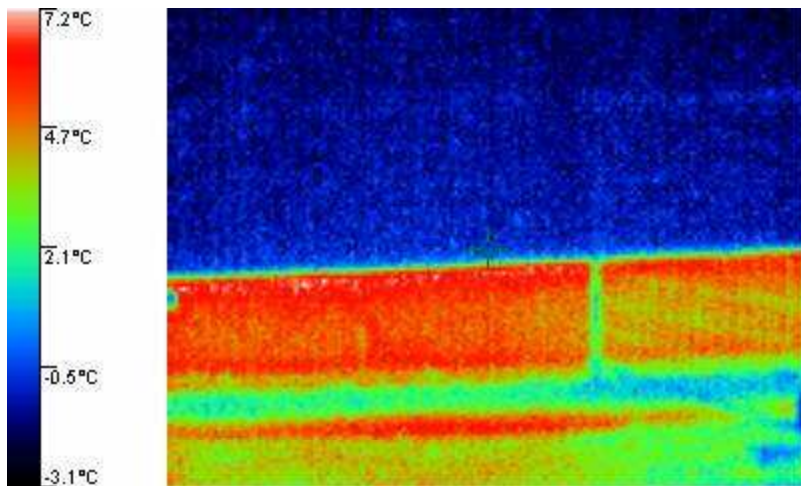
TRNSYS – datorprogramma ļauj veidot, ēkas modeli, simulēt siltumapmaiņas procesus ēkās un veikt ēkas energoefektivitātes novērtējumu



Ko vēl iespējams uzlabot?

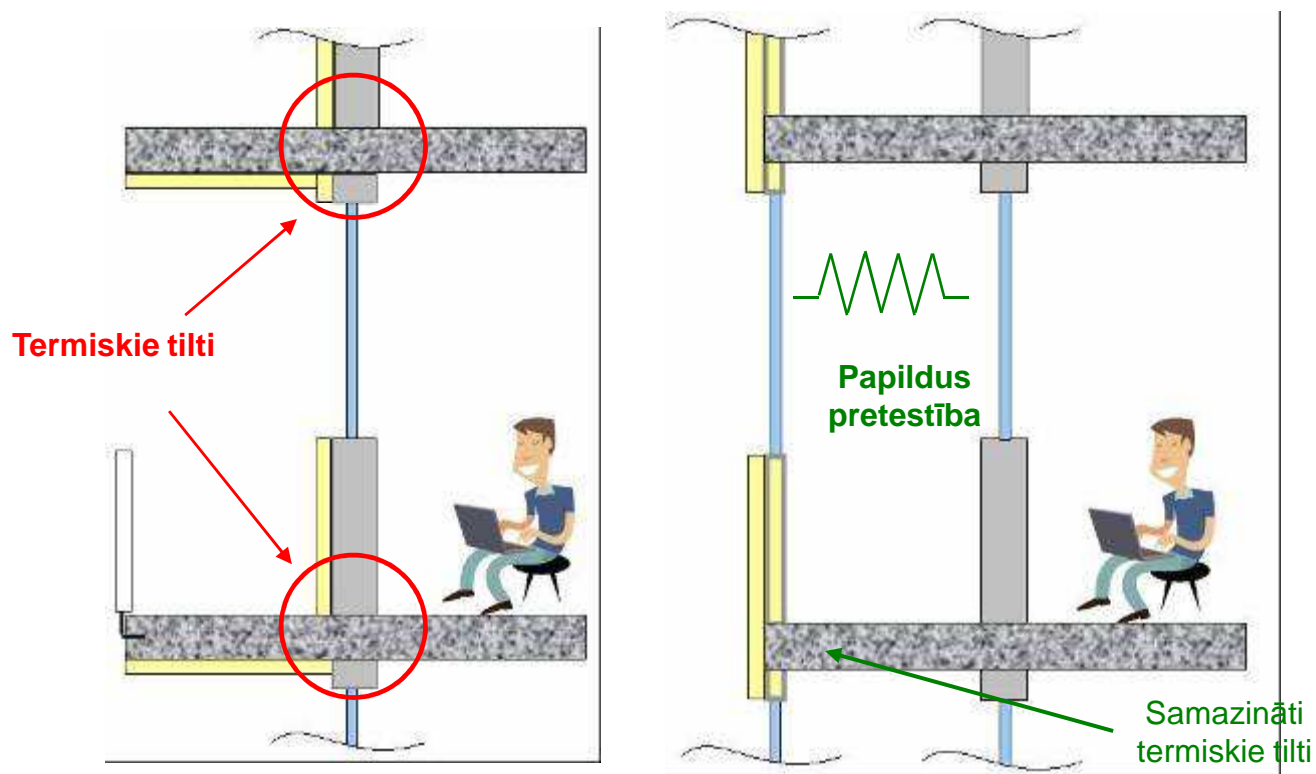


Renovācija kvalitātes kontrole



Ieteikumi

- Termiskie tilti
- Logi kāpņu telpās
- Karstā ūdens cauruļvadu diametru iespējams samazināt

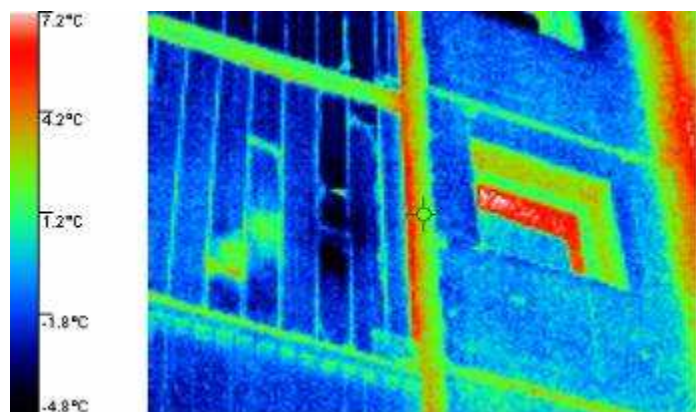


Kas ir termiskais tilts?



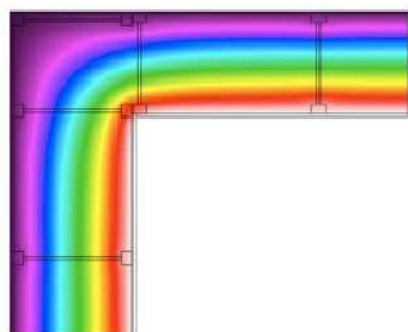
Termiskais tilts veidojas, ja:

- Konstrukciju šķērso materiāli ar atšķirīgu siltumvadītspēju
- Mainās konstrukcijas biezums
- Atšķirības starp iekšējiem un ārējiem izmēriem



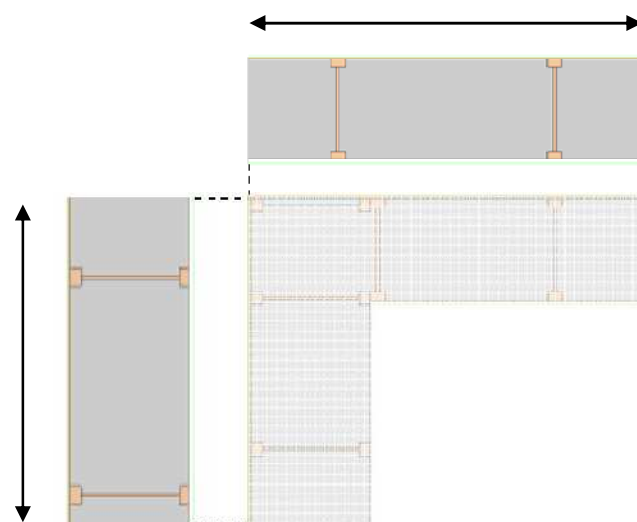
Termiskā tilta būtība

L^{2D}



-

$U_{\text{siena}} \cdot l_{\text{siena}}$

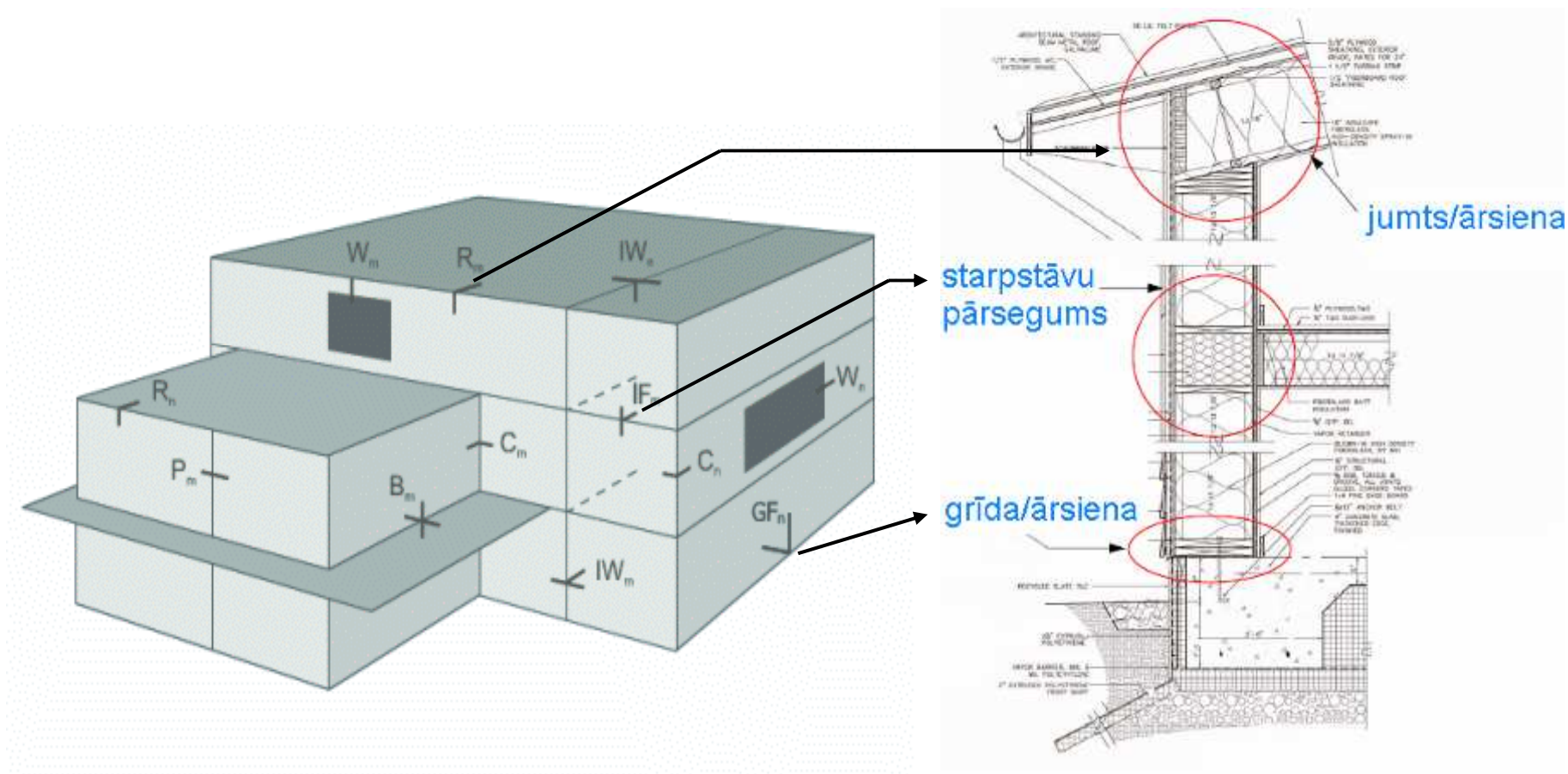


= ψ

Ja temperatūru starpība ir 1 °C, tad caur katru termiskā tilta garuma metru katru 1s aizplūst 1J siltuma

$$\frac{J}{K \cdot m \cdot s} = \frac{W}{K \cdot m}$$

Termisko tiltu veidi



Termisko tiltu negatīvā ietekme

- Palielina siltumenerģijas patēriņu ēkā
- Pazemina virsmas temperatūru
- Rada kondensācijas draudus, tiek bojātas konstrukcijas
- Pasliktinās iekštelpu klimats, komforta līmenis
- Samazināta nekustamā īpašuma vērtība

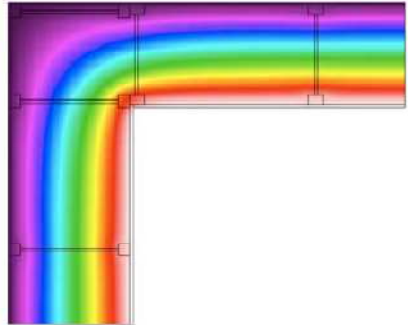
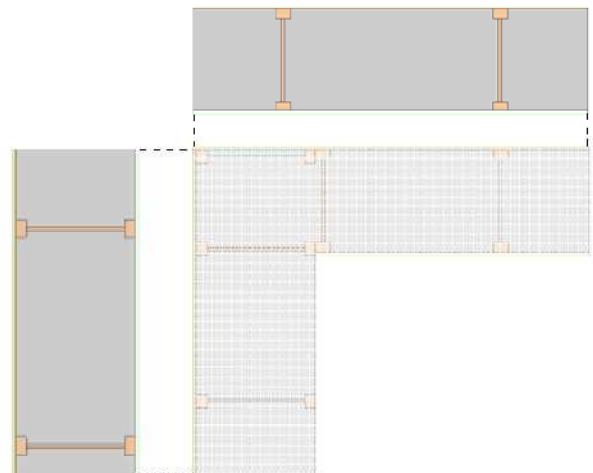
Termiskos tiltus ietekmē

- Pieguļošo norobežojošo konstrukciju U-vērtība;
- Siltumizolācijas nepārtrauktība un biezums;
- Siltumizolācijas izvietojums konstrukcijā;
- Atšķirība starp iekšējiem un ārējiem izmēriem;
- Tehniskais risinājums un tā kvalitāte.

Termisko tiltu aprēķins

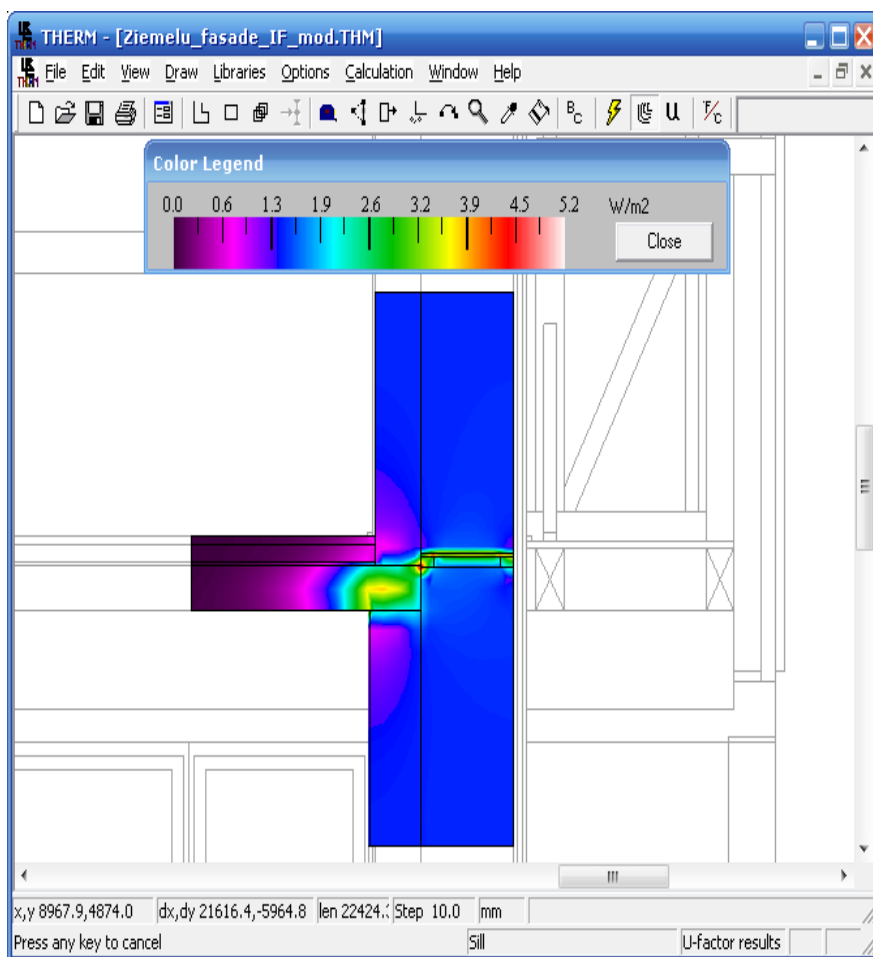
$$\Psi = L^{2D} - \sum_{j=1}^N U_j l_j$$

L^{2D}

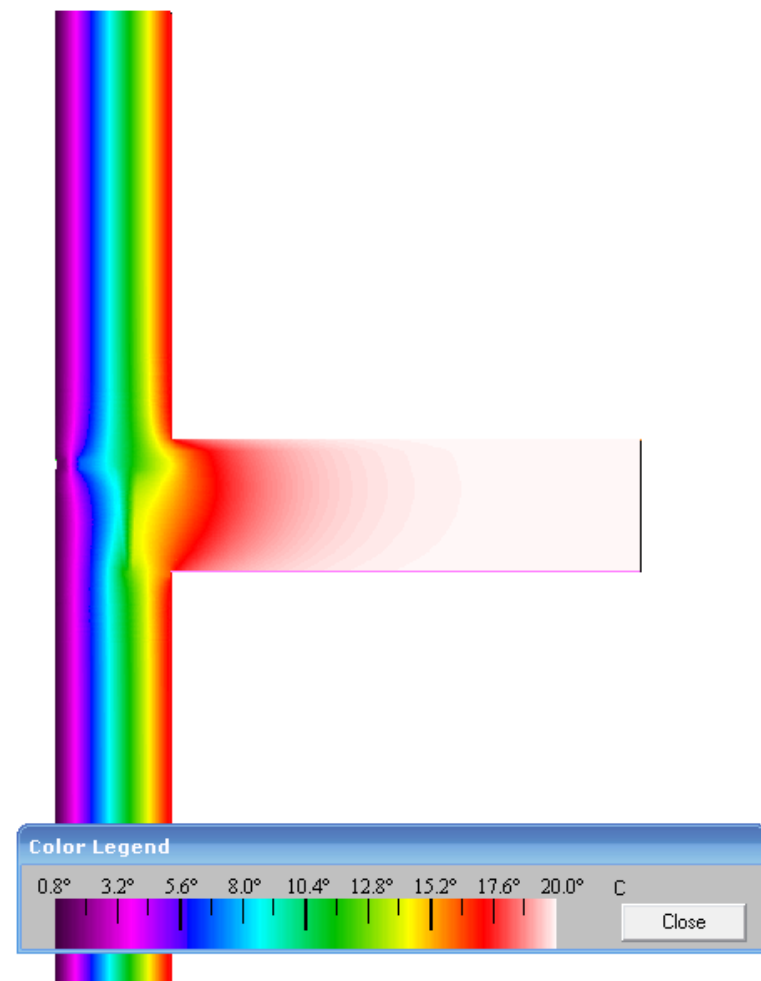
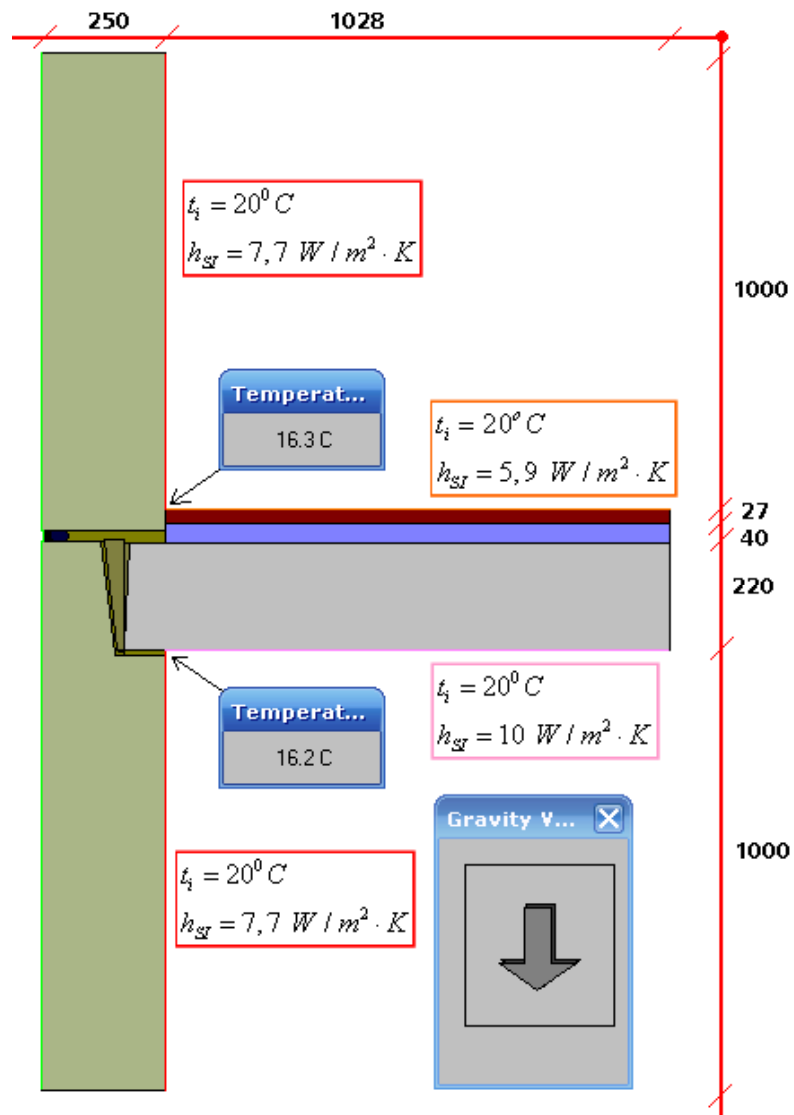

-

=
 Ψ

$U_{siena} \cdot l_{siena}$

Aprēķina metodes



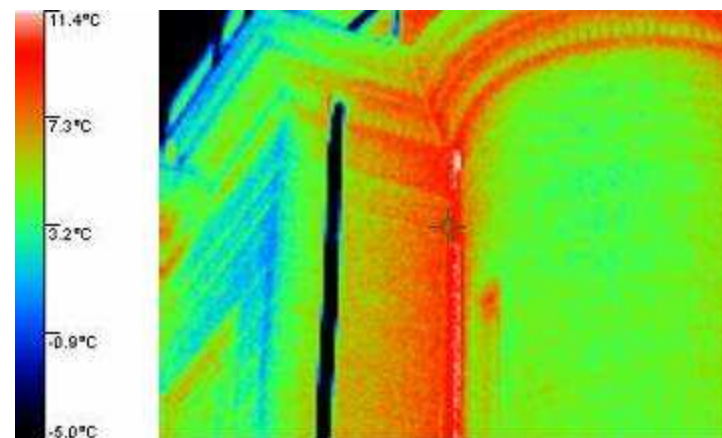
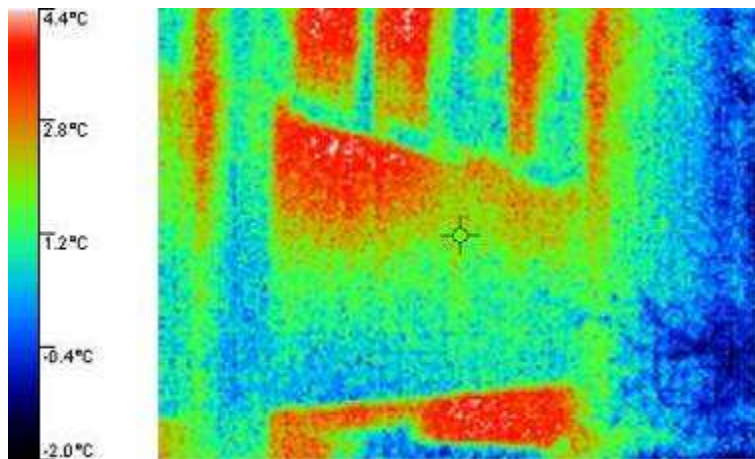
- Detalizētā metode saskaņā ar standartu LVS EN ISO 10211
- Vienkāršotā metode saskaņā ar standartu LVS EN ISO 14683
- Modelēšanas datorprogrammas THERM, Physibel



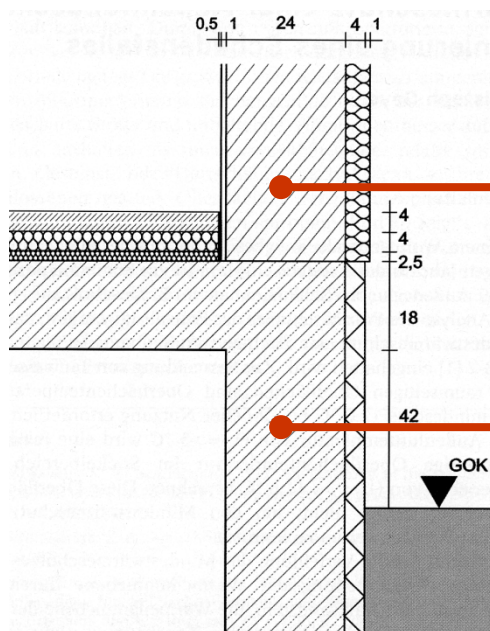
Kad izmantot modelēšanu?

- Termiskie tilti zema patēriņa ēkā aprēķināti pēc LVS EN ISO 14683 sastādīja 65% no kopējiem zudumiem
- Termiskie tilti zema patēriņa ēkā aprēķināti pēc LVS EN ISO 10211 sastādīja tikai 16% no kopējiem zudumiem
- Vienkāršotā metode nevar tikt izmantota pasīvo ēku un zema patēriņa ēku aprēķinam
- Esošajās sērijveida daudzdzīvokļu ēkās pastāv nopietnas termisko tiltu problēmas

Siltuma zudumi caur termiskajiem tiltiem.

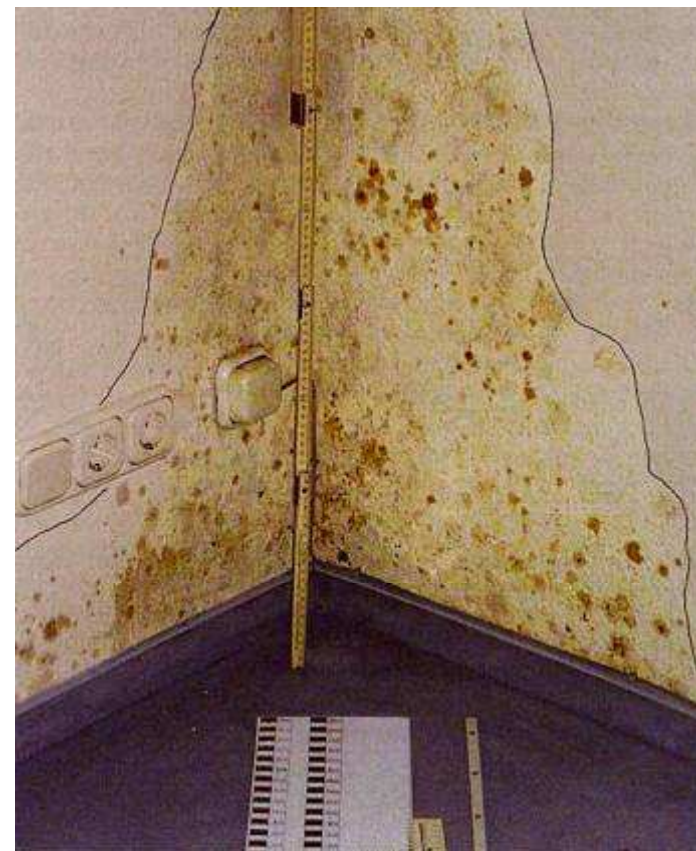


Iekštelpu klimats un konstrukcijas



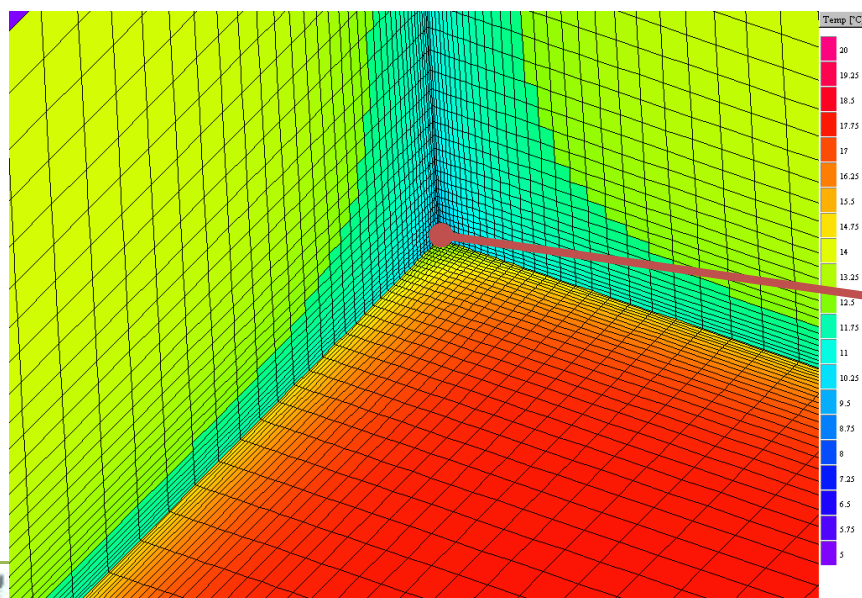
Kieģeļu mūris

betons



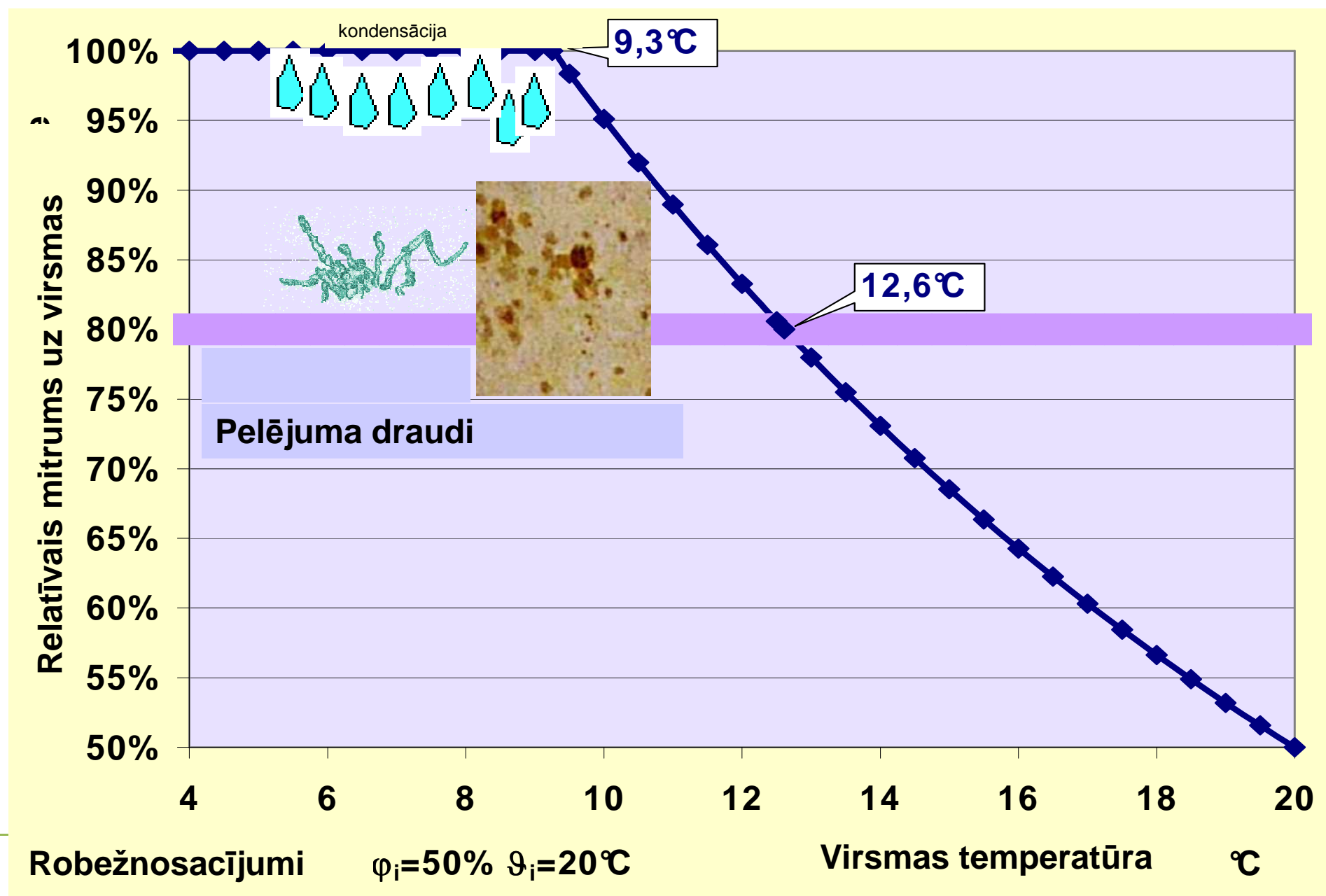
**Minimālā temperatūra:
9,4 °C**

[Geyer 2003]



Kritiskā temperatūra

Avots: Berthold Kaufmann, PHI

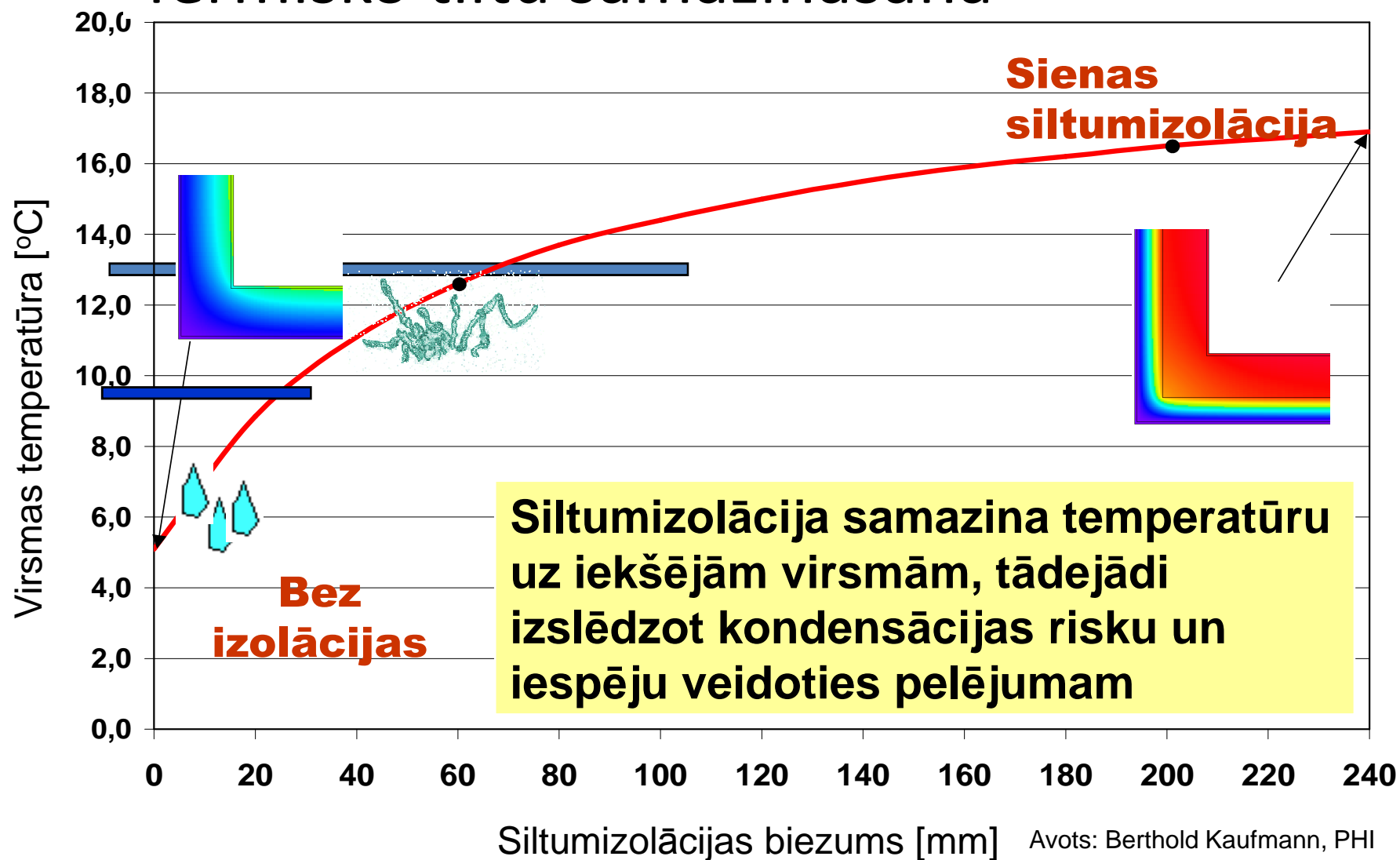




Avots: Gatis Žogla



Termisko tiltu samazināšana





Konstrukcija bez termiskiem tiltiem

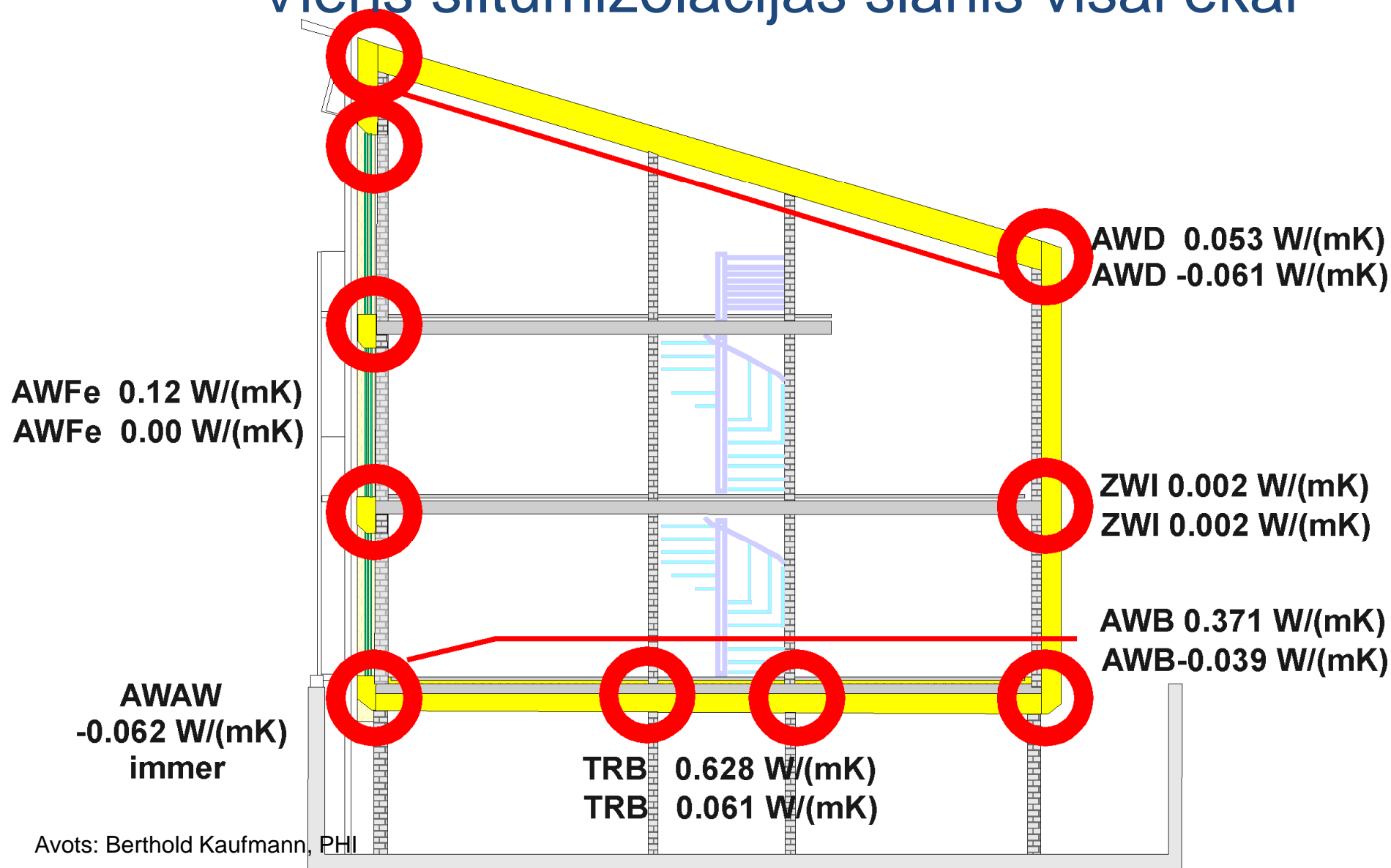


Rada kondensācijas draudus, tiek bojātas konstrukcijas

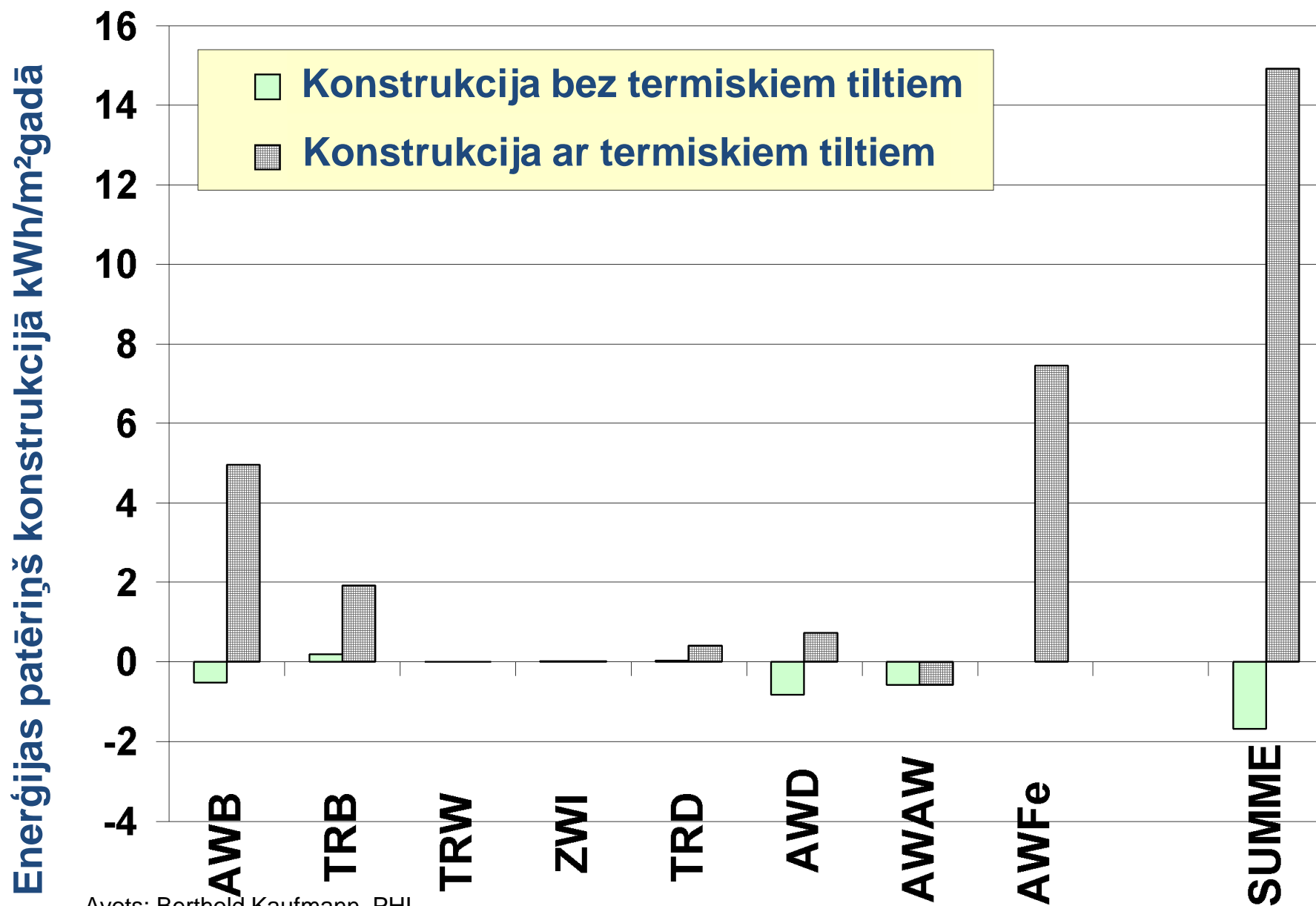


Konstrukcija bez termiskiem tiltiem ...

Viens siltumizolācijas slānis visai ēkai



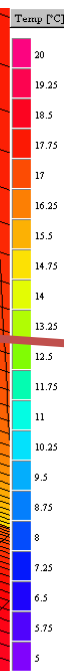
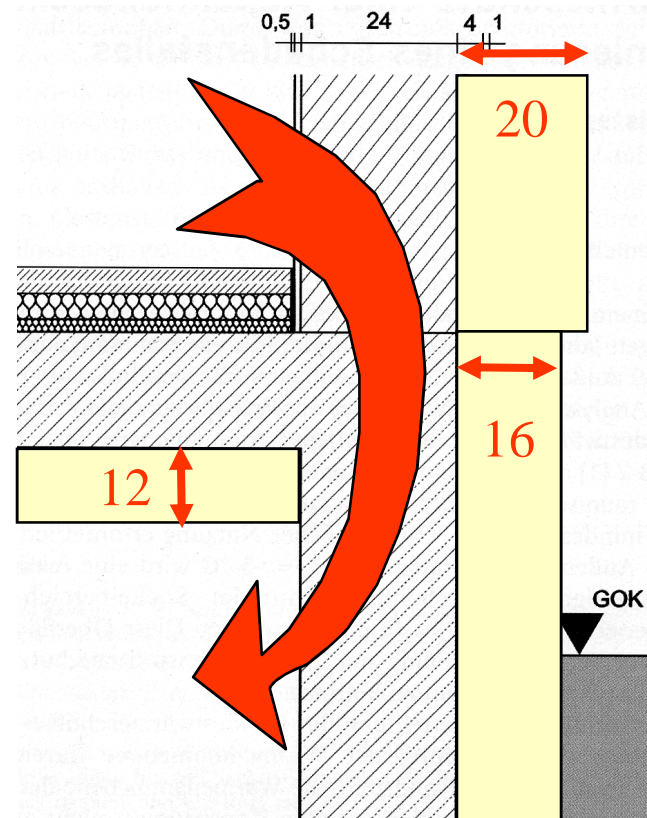
.... Vai pūles ir tā vērtas



Avots: Berthold Kaufmann, PHI

Siltuma zudumu samazinoša

Ēkas renovācijas rezultātā
grūti novērst visus
termiskos tiltus

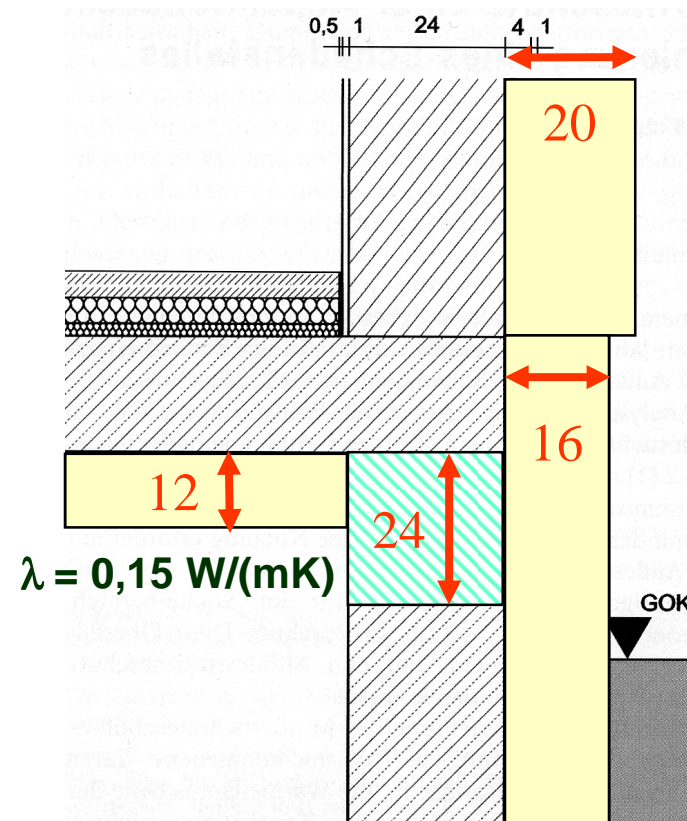
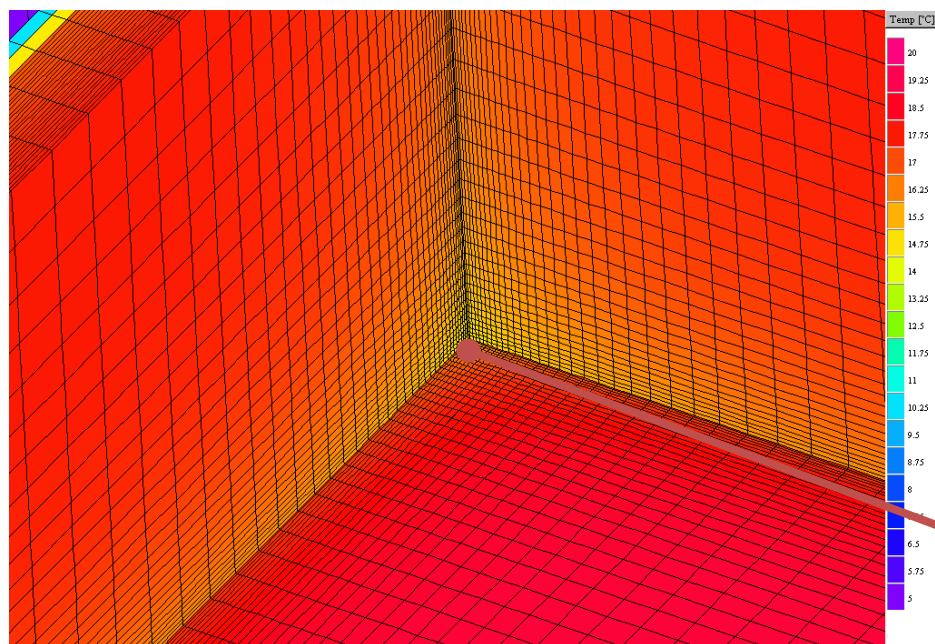


Minimālā temperatūra:
13,2 °C

Var tikt pieļauta (stūris
bez mēbelēm)

Optimāls risinājums jaunai konstrukcijai

Siltumizolācija zem pagraba pārseguma Sienu atdalīšana



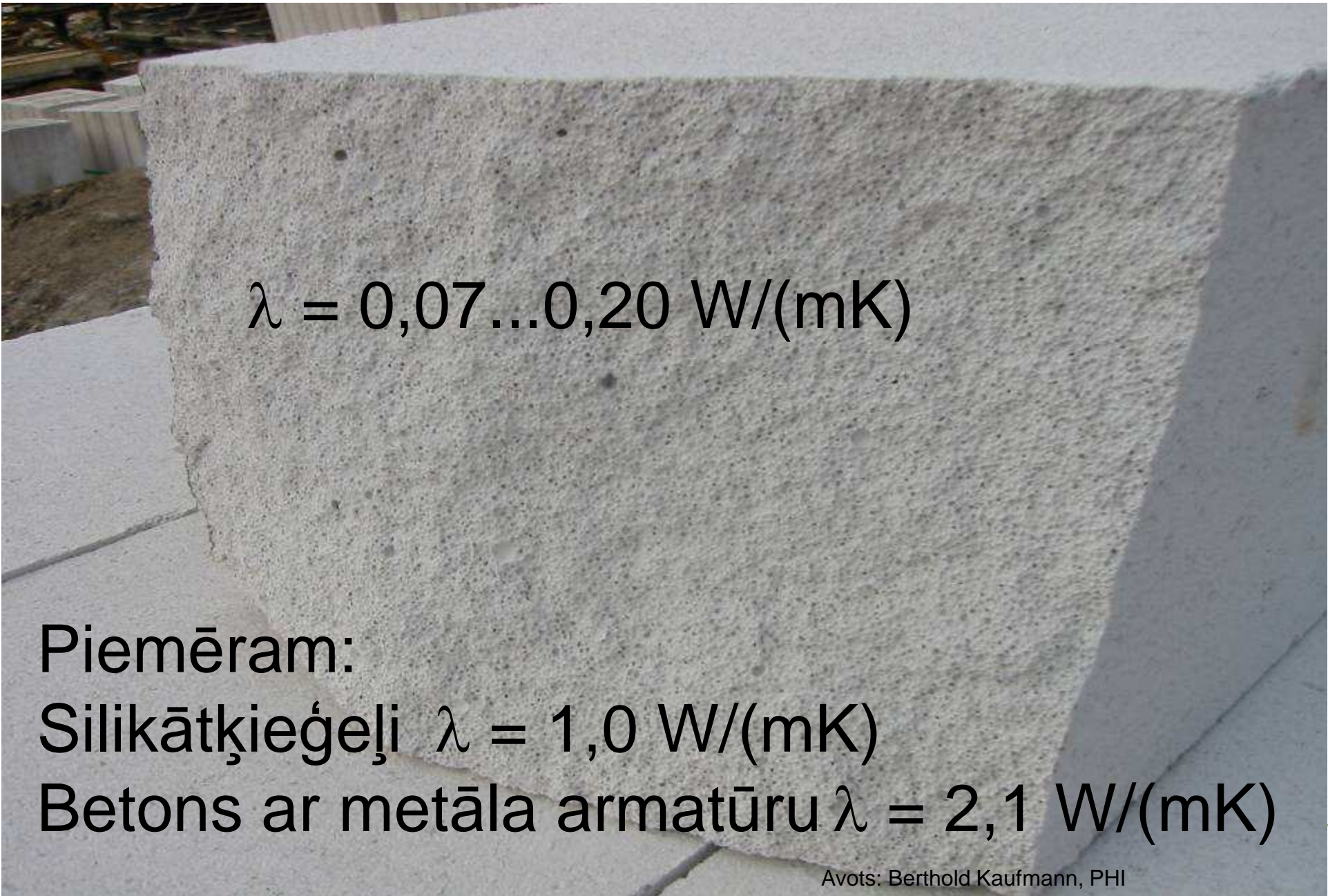
Minimālā temperatūra: 14,4 °C

Bez termiskiem tiltiem ...

Avots: Berthold Kaufmann, PHI



Materiāli sienu savstarpējai atdalīšanai


$$\lambda = 0,07 \dots 0,20 \text{ W/(mK)}$$

Piemēram:

Silikātķieģeļi $\lambda = 1,0 \text{ W/(mK)}$

Betons ar metāla armatūru $\lambda = 2,1 \text{ W/(mK)}$

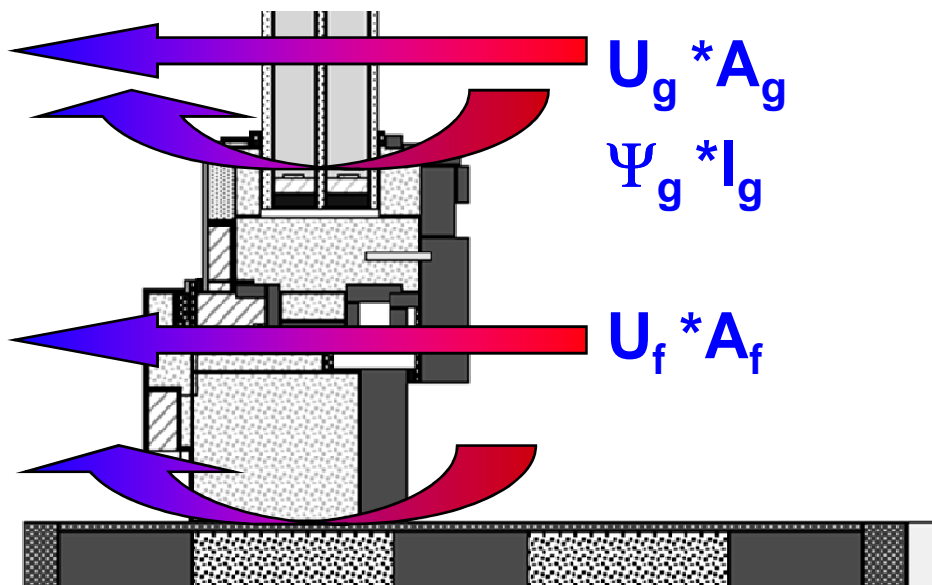


Renovācija

Risinājums...



Elementu ieslēgumi



$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + l_g \cdot \psi_g}{A_g + A_f}$$

A_g – stiklojuma lakums projektēts uz plaknes, m²;

A_f – rāmja laukums projektēts uz plaknes, m²;

U_g – stiklojuma siltuma caurlaidības koeficients, W/(m²·K);

U_f – rāmja siltuma caurlaidības koeficients, W/(m²·K);

l_g – lineārā termoiskā tilta garums, kas sakrīt ar rāmja un stiklojuma saskares robežas garumu, m;

ψ_g - termiskā tilta starp stiklojumu un rāmi siltuma caurlaidības koeficients, W/(m·K).

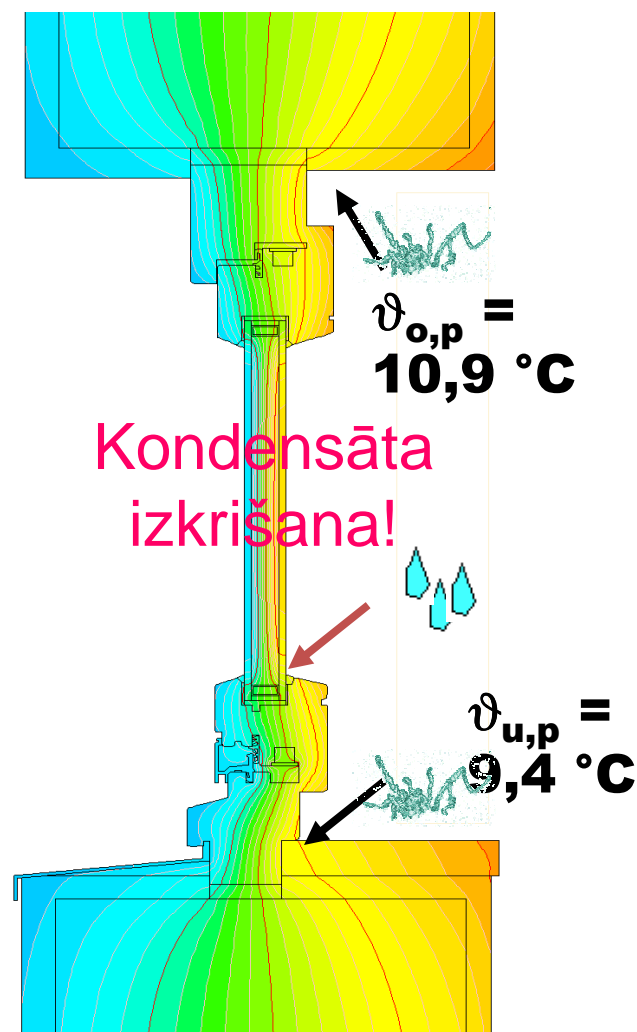
Loga novietojuma izvēle

Rasas punkta temperatūras uz iekšējām virsmām



slikti loga rāmji
Standarta
novietojums

$$U_w = 1,70 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$
$$\Psi = 0,07 \text{ W/(mK)}$$



Standarta loga rāmis

Temperatūra uz loga rāmja ir kritiska (rasas punkta temperatūra)

Notiek ūdens kondensācija

$$T(\text{virsmas}) < 9^{\circ}\text{C}$$

Alumīnija starplikas

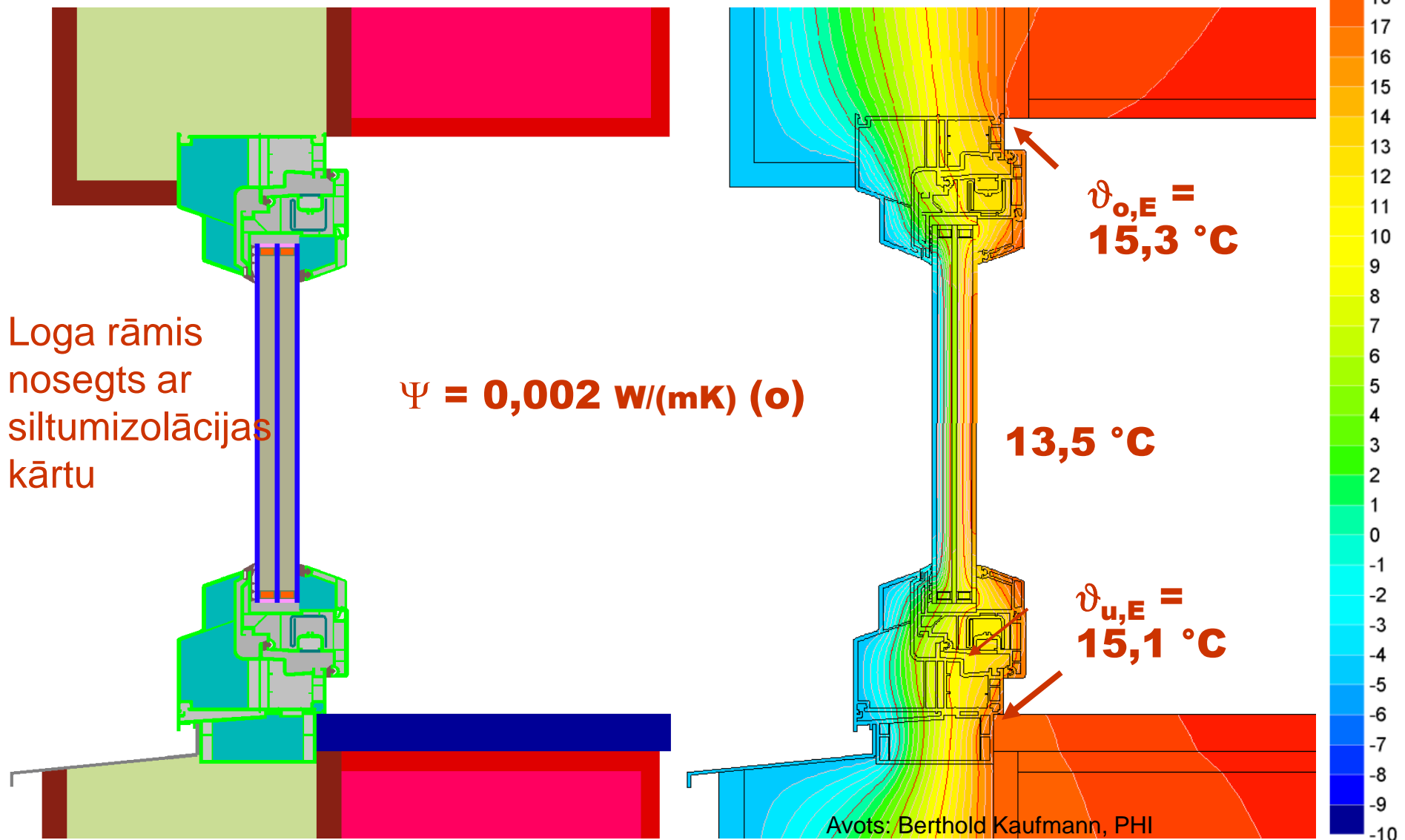
$$U_w > 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$T(\text{ārā}) = -10^{\circ}\text{C}$$

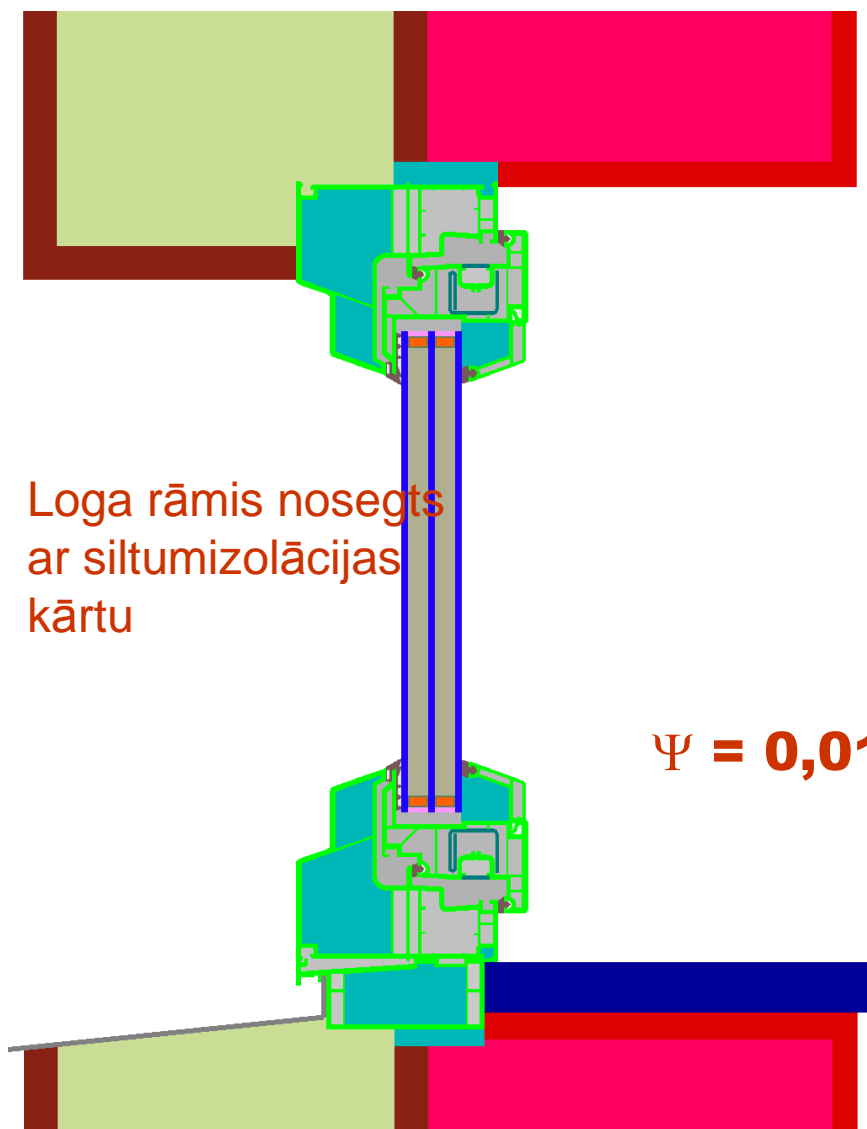
$$T(\text{telpās}) = 20^{\circ}\text{C} \text{ relatīvais mitrums } 50 \%$$



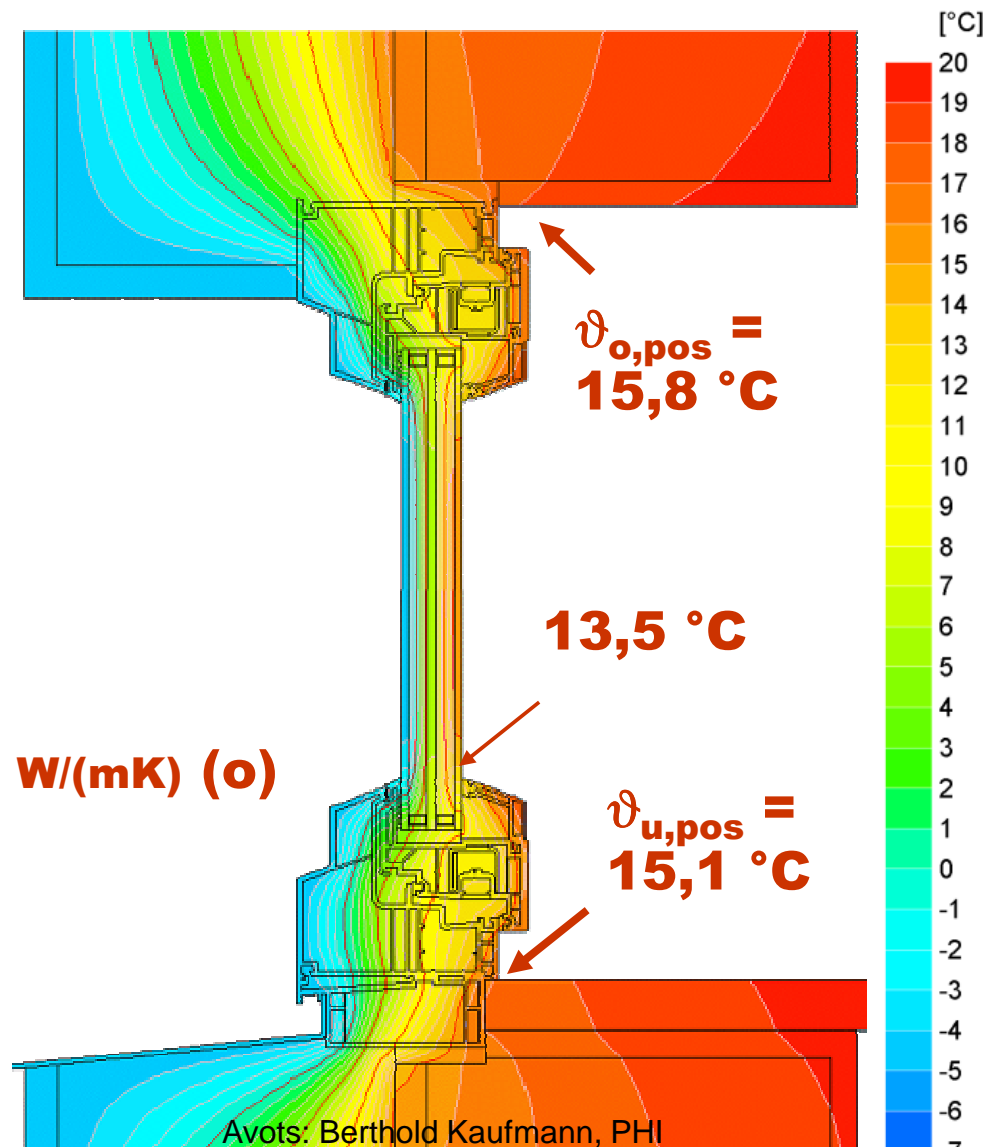
Optimāla loga novietojums siltumizolācijas slānī



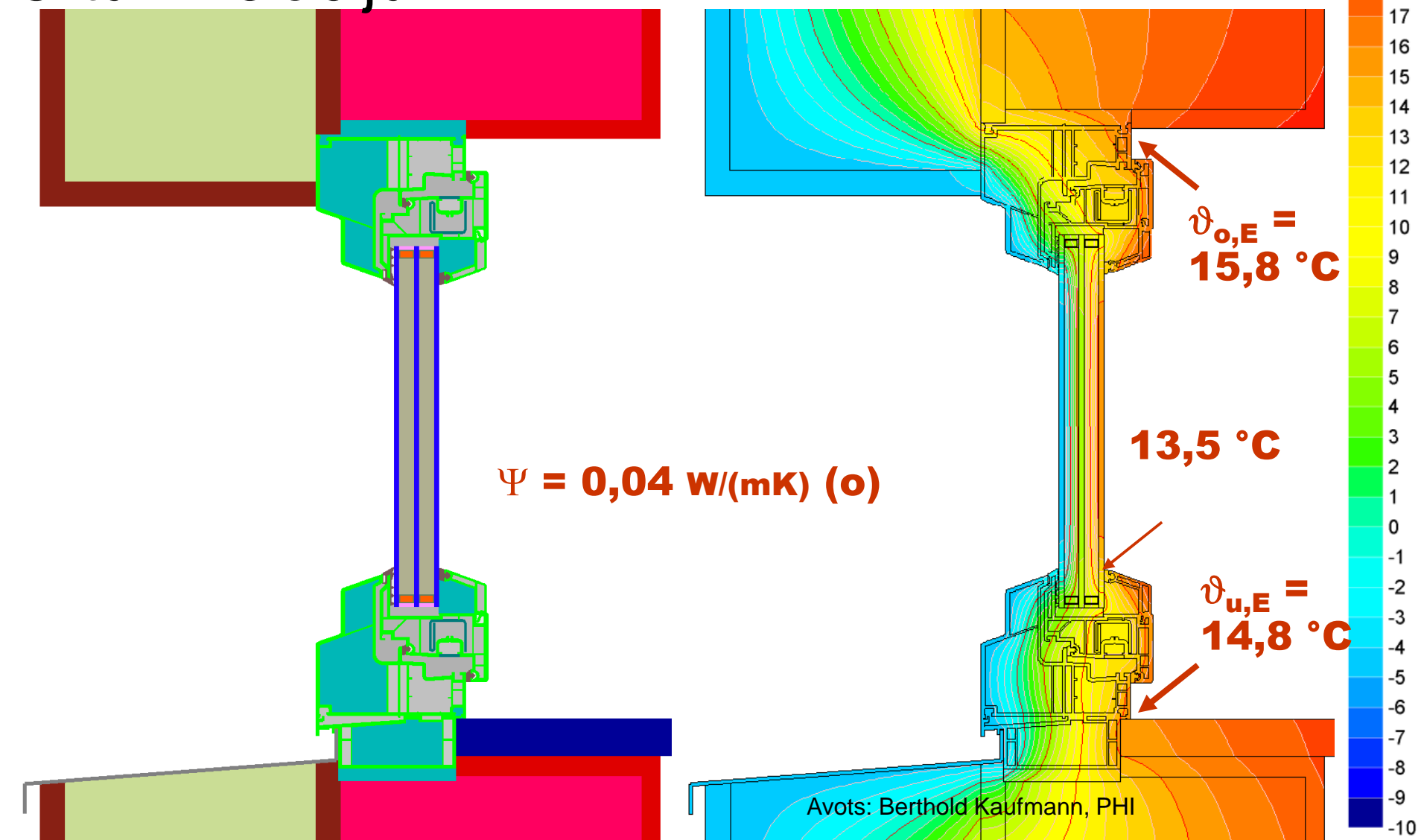
Logs daļēji izvietots uz sienas



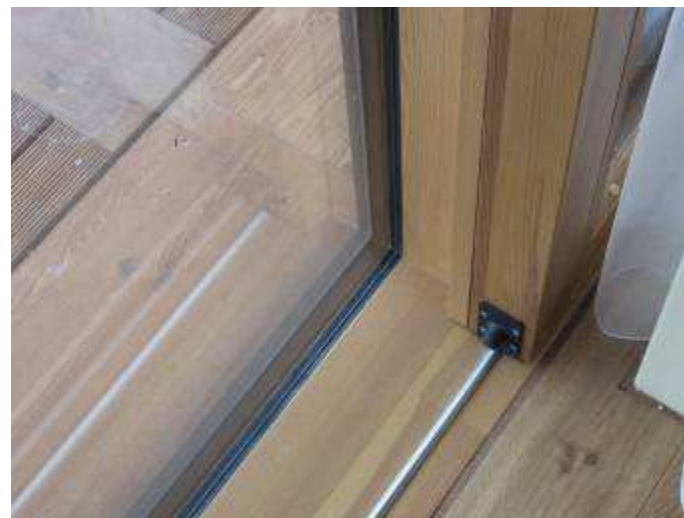
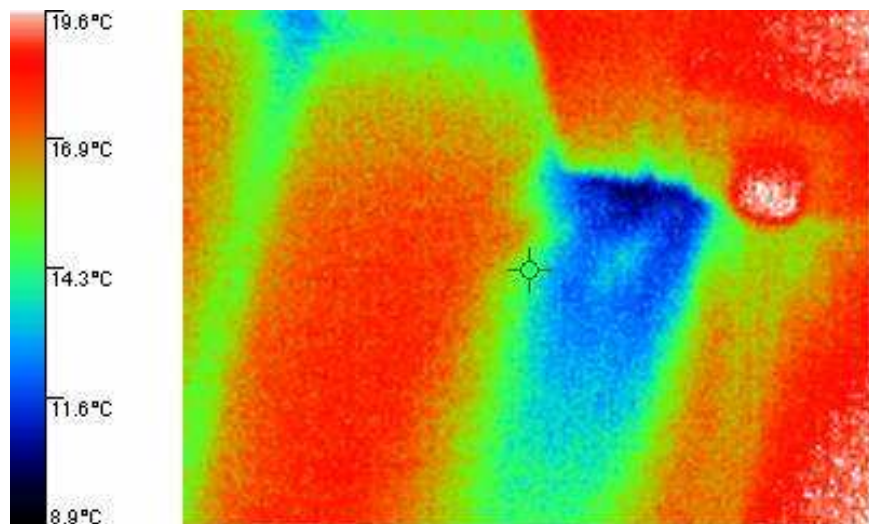
$$\Psi = 0,012 \text{ W/(mK) (o)}$$



Pēc renovācijas rāmis nosepts ar siltumizolāciju

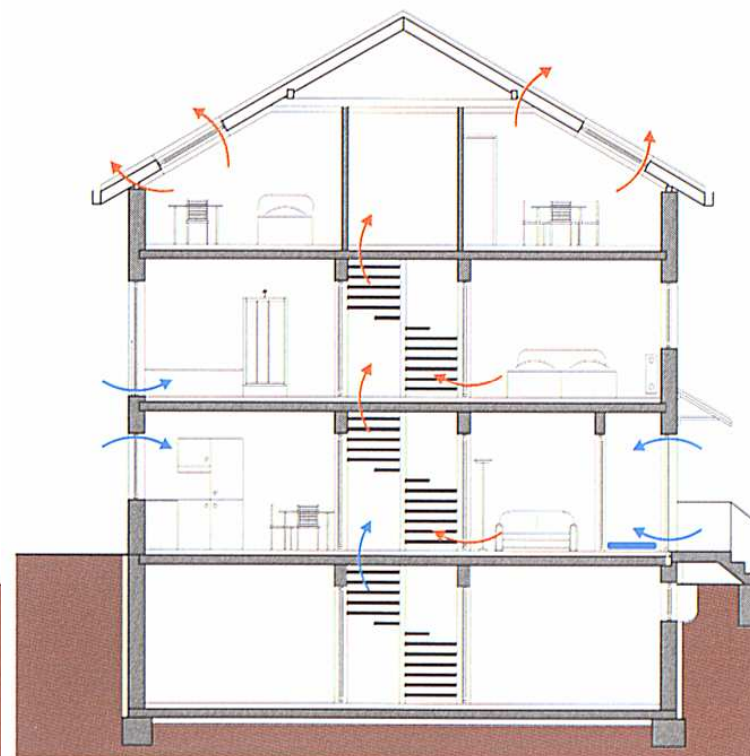
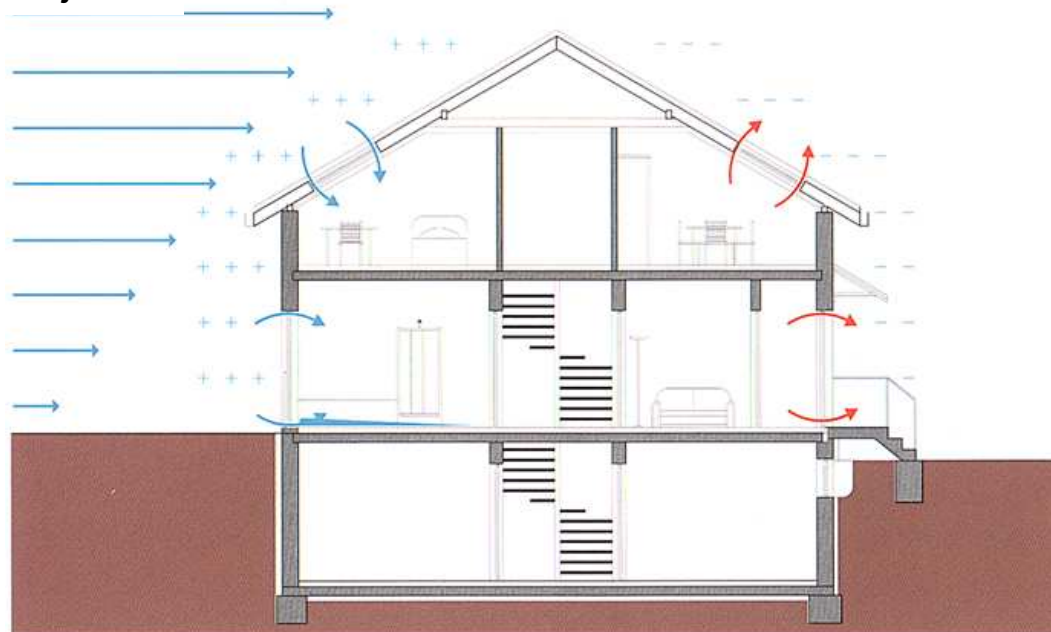


Siltumizolācijas iestrāde (kondensāts un ēkas blīvums)



Infiltrācija caur ēkas neblīvumiem

vējš



Gaisa infiltrācija atkarīga no laika apstākļiem un ēkas blīvuma pakāpes

avots: ebōk

Ēkas blīvuma pakāpe atbilstoši LBN 002-01

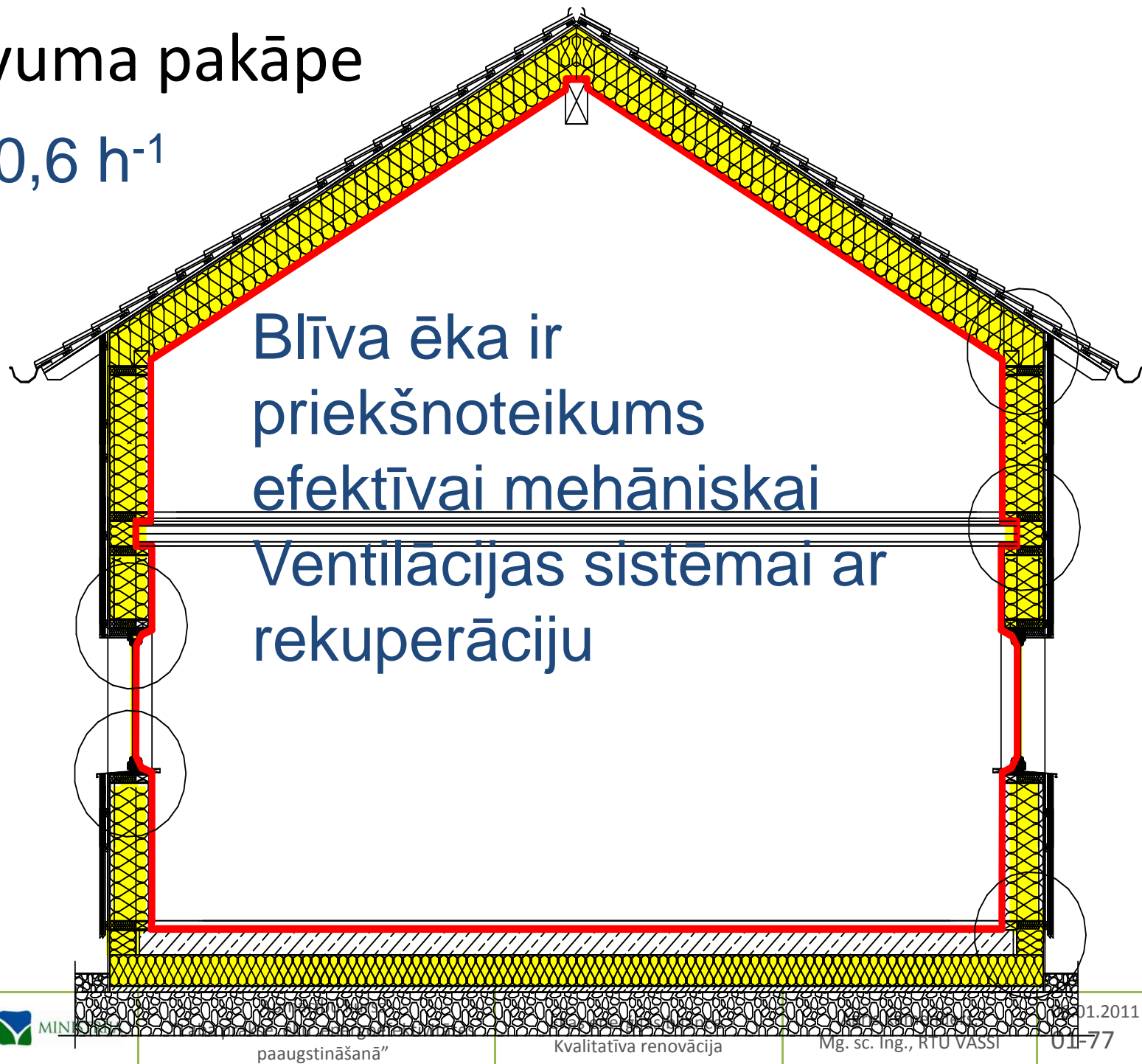
Maksimālā pieļaujamā gaisa caurlaidība pie 50 Pa:

- dzīvojamām mājām, pansionātiem, slimnīcām un bērnodārziem ir $3 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \times \text{h})$. Pie telpu augstuma 3m: $n_{50} = 1 \text{ h}^{-1}$,
- publiskajām ēkām: $4 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \times \text{h})$,
- ražošanas ēkām: $6 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \times \text{h})$.

Šobrīd praksē netiek ievērots. Netiek veikta reāli mērījumi darbu kvalitātes kontrolei

Ēkas blīvuma pakāpe

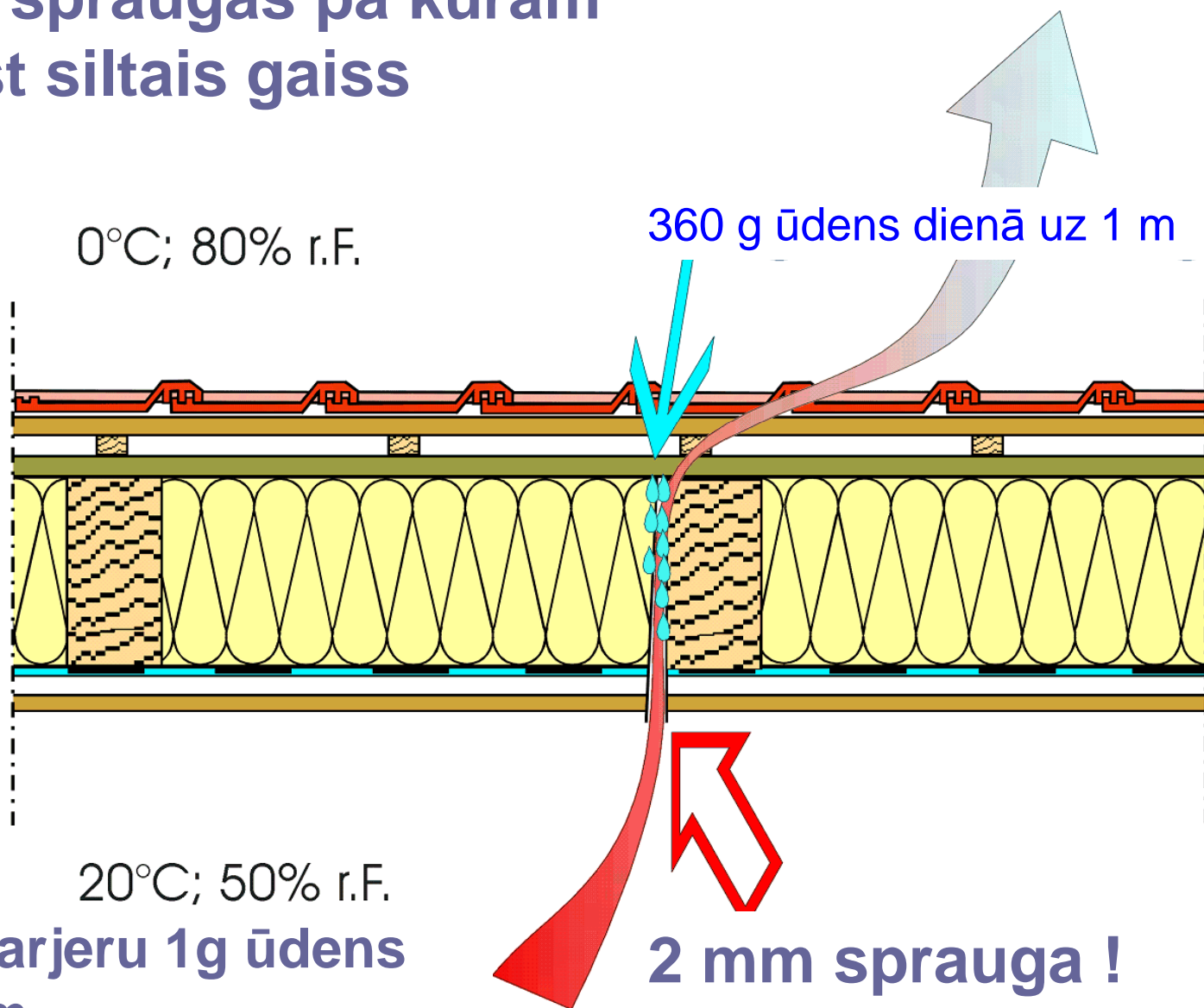
$$n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$$



Ēkas blīvums ir ļoti svarīgs

Jānovērš spraugas pa kurām
var izplūst siltais gaiss

mērķis: $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$



2 mm sprauga !

Avots: Berthold Kaufmann, PHI

Nepareiza siltumizolācijas iestrāde

- Nav gaidītā siltumenerģijas samazinājuma;
- Siltuma zudumi nekontrolētas gaisa apmaiņas dēļ;
- Kondensāta draudi;
- Nelietderīgi izmantota nauda, laiks un resursi.











Avots: Gatis Žogla



Avots: Gatis Žogla



Avots: Gatis Žogla



Avots: Gatis Žogla



Avots: Gatis Žogla



Avots: Gatis Žogla

Kondensācija:

- Kondensācija mitrums sienās un uz virsmām;
- Palējuma veidošanās;
- Materiālu degradācija mitruma ietekmē (materiālu caursalšana, sāls, kristālu veidošanās)



Mitrums ēkā?

- **No kurienes rodas mitrums?**
 - Telpās un ārpus ēkas
- **Kā mitrums pārvietojas?**
 - Tvaika veidā
 - Ūdens veidā



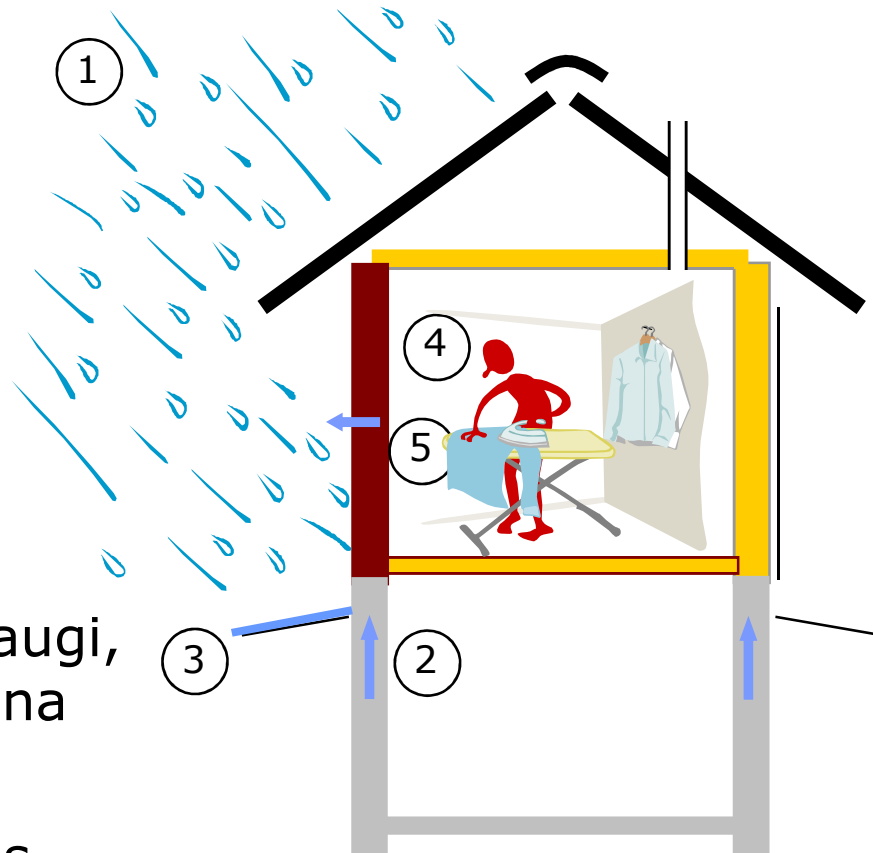
Mitrums telpās?

Ārpus ēkas

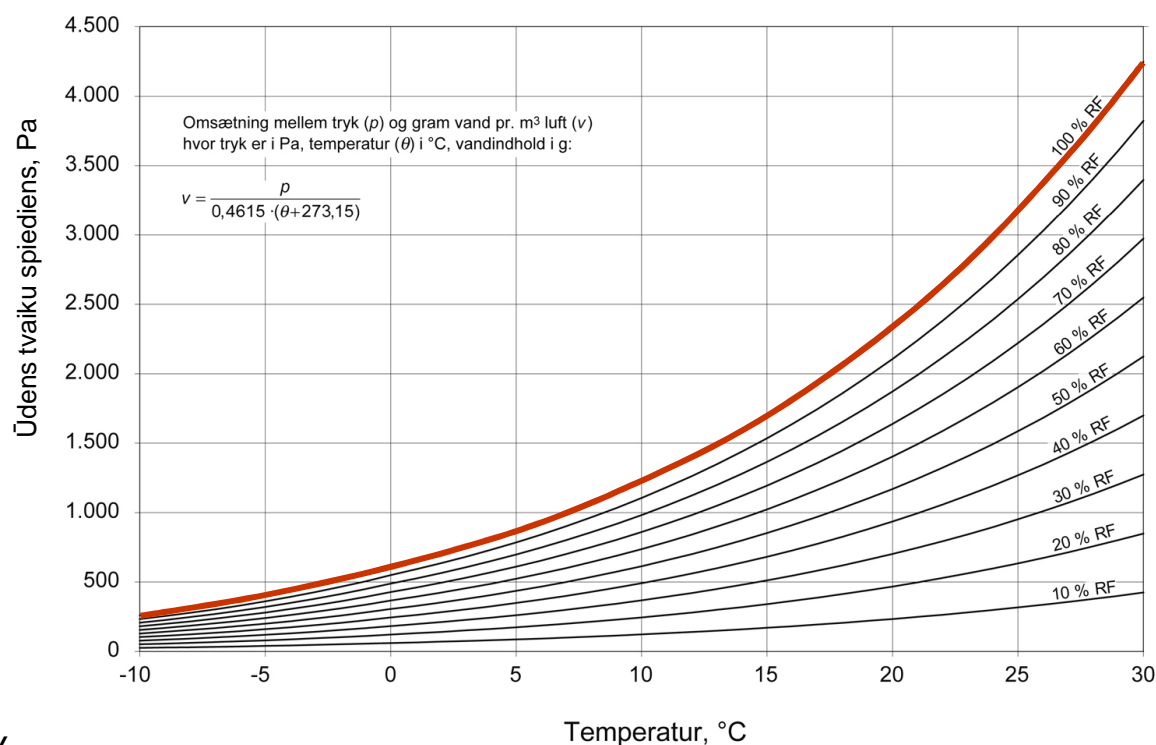
1. Lietus un sniegs
2. Grunts ūdens
3. Virszemes ūdens

Telpās

4. Uzturoties ēkā: ēst gatavošana, veļas mazgāšana, istabas augi, telpu tīrīšana, elpošana
5. Mitrums konstrukcijās



- Gaiss var saturēt tikai noteiktu ūdens daudzumu
- Jo lielāks mitruma saturs gaisā, jo lielāks ir ūdens tvaiku parciālais spiediens gaisā



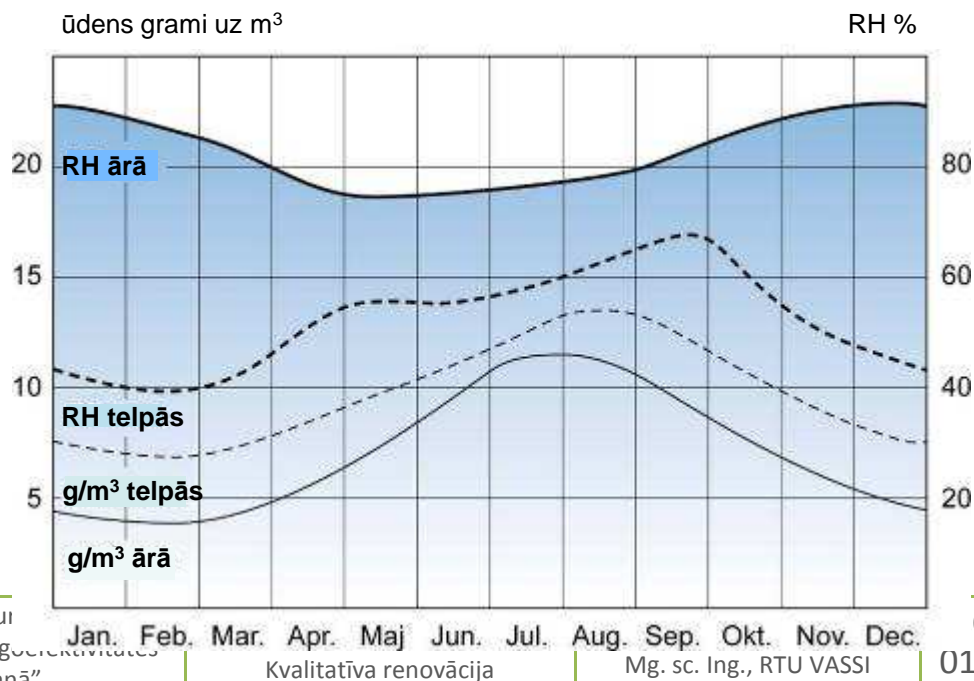
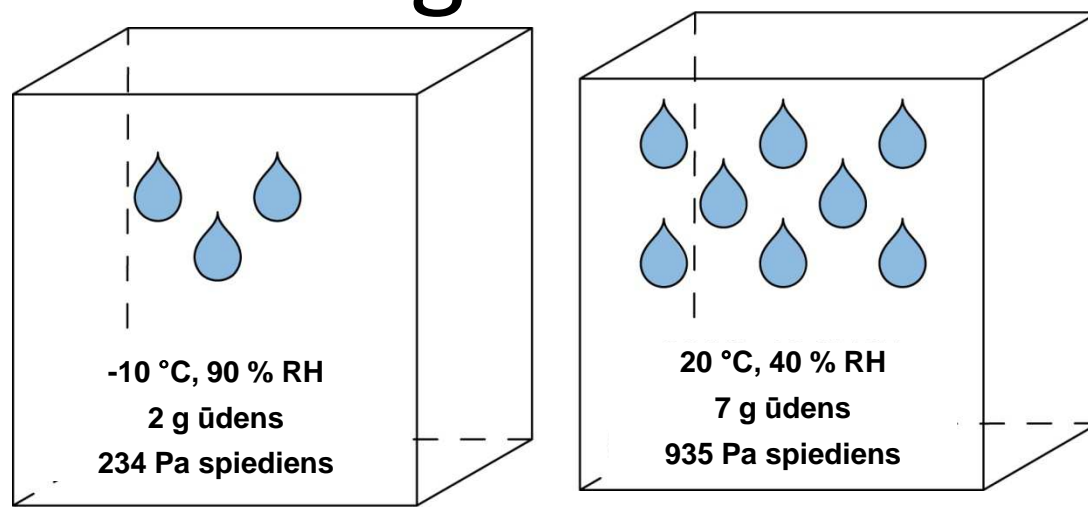
Relatīvais mitrums:

$$RH = \frac{v}{v_s} \cdot 100\% = \frac{p}{p_s} \cdot 100\%$$

Avots: Eva Møller, DTU

Ūdens daudzums gaisā

- Silts gaiss var saturēt vairāk ūdens kā auksts gaiss
- Pat ja absolūtais ūdens daudzums gaisā pie zemām temperatūrām ir mazs, **relatīvais** mitrums var būt augsts.



Piesātināta ūdens tvaika spiediens

Ūdens daudzums
gaisā pie
noteiktas
temperatūras vai
spiediena var tikt
atrast :

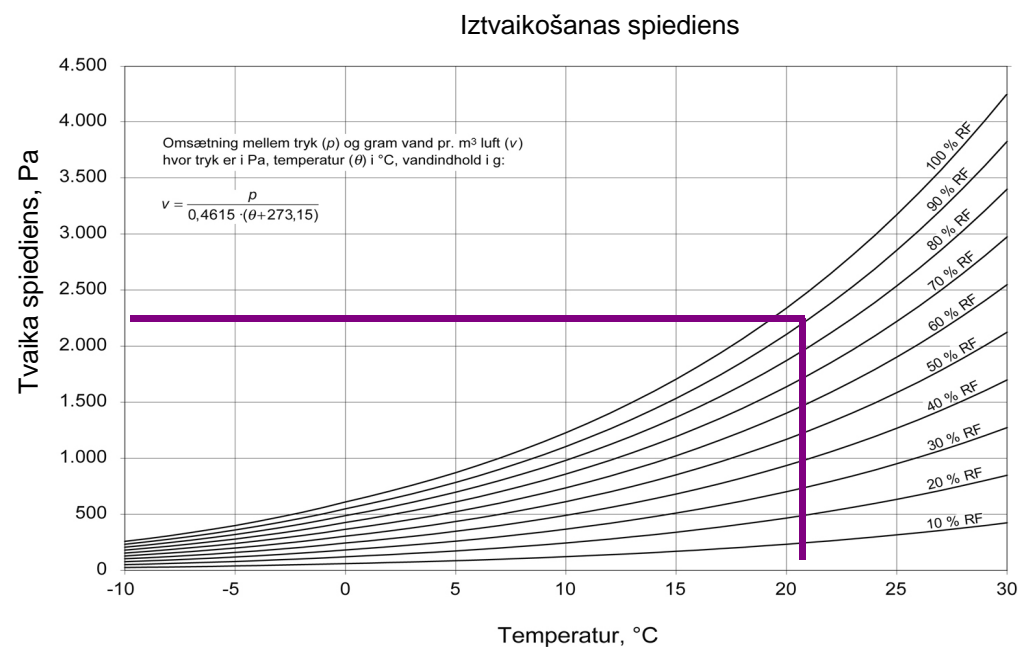
- Diagrammas
- Tabulas
- Formulas
(neprecīzākas)

$$p_s = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta}{237,3 + \theta}}$$

Priekš $\theta \geq 0^\circ\text{C}$

$$p_s = 610,5 \cdot e^{\frac{21,875 \cdot \theta}{265,5 + \theta}}$$


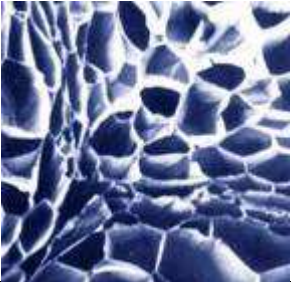
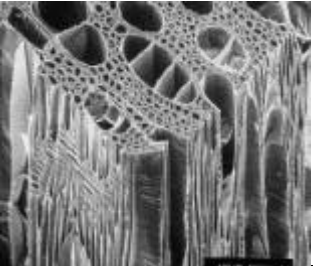

priekš $\theta < 0^\circ\text{C}$



Avots: Eva Møller, DTU

Mitrums materiālos

- Cik daudz mitruma un kādā veidā tas atrodas materiālos ir atkarīgs no materiālu **struktūras**

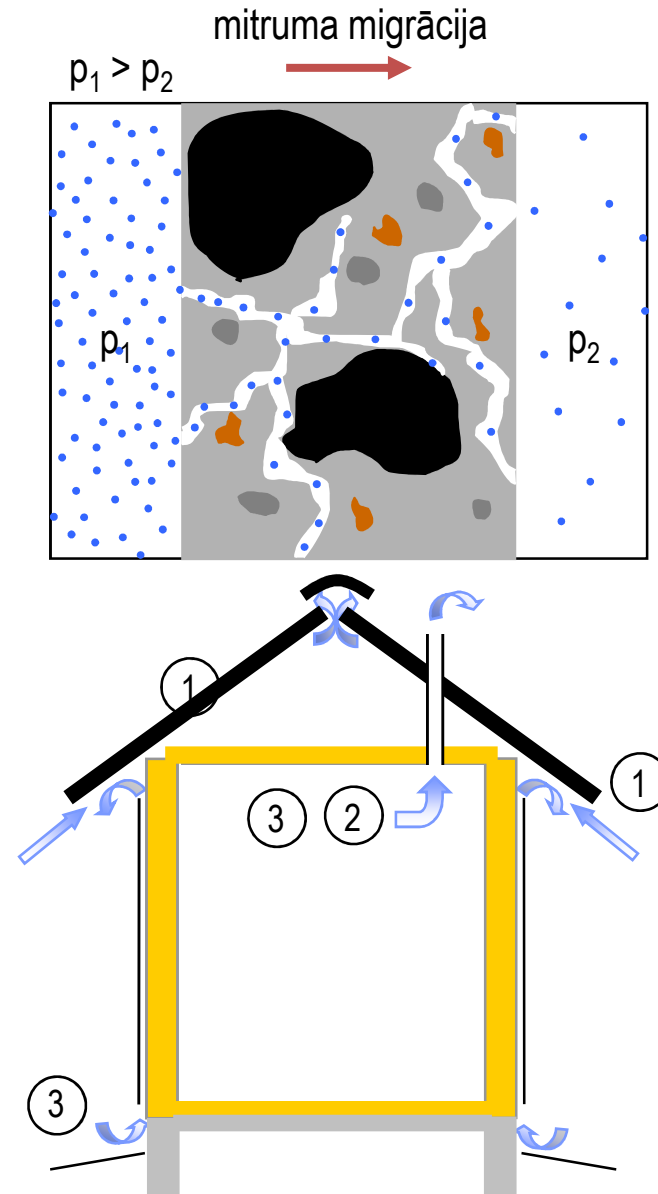
Nav poru	Noslēgtas poras	Atvērtas poras	Veido poras
Stikls, metāls	Plastmasas	Koks, ķieģelis, betons	Grants. Smilts
			

Avots: Eva Møller, DTU

Hidroskopiski materiāli uzņem mitrumu no gaisa

Mitruma migrācija konstrukcijās

- Difūzija
 - Molekulu kustība
 - Materiālu īpašības
- Ārējie apstākļi
 1. Vējš
 2. Ventilācija
 3. Vilkme

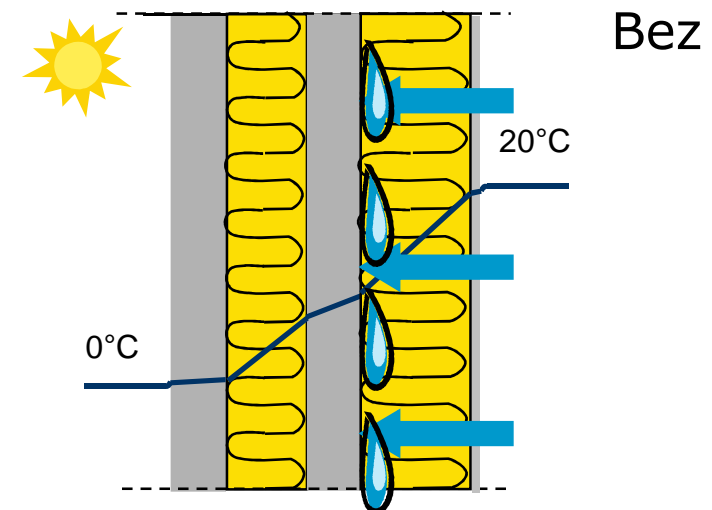
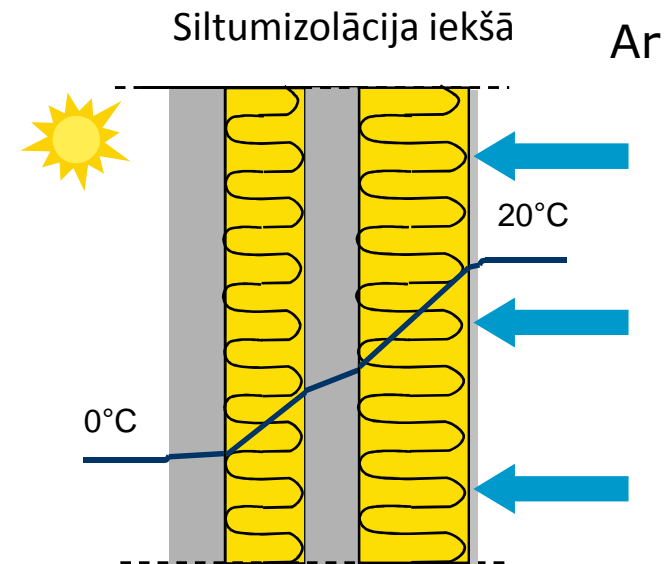
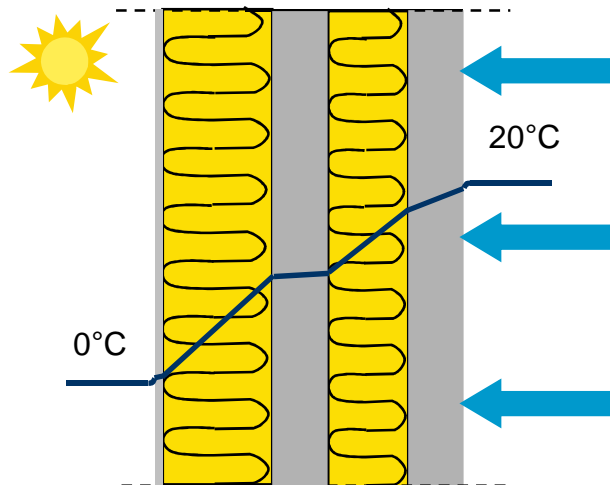


Avots: Eva Møller, DTU

Piemērs:

Papildus siltumizolācija:
Ar tvaika barjeru vai bez tās?

Kad silts mitrs gaiss
satiek aukstu sienu



Avots: Eva Møller, DTU

Pelējuma sēnīšu un korozijas riska novērtējums



VIDES



MINISTRIJA

Apmācību kurss
“Labā prakse ēku energoefektivitātes
paaugstināšanā”

Ēkas enerģijas balance.
Kvalitatīva renovācija

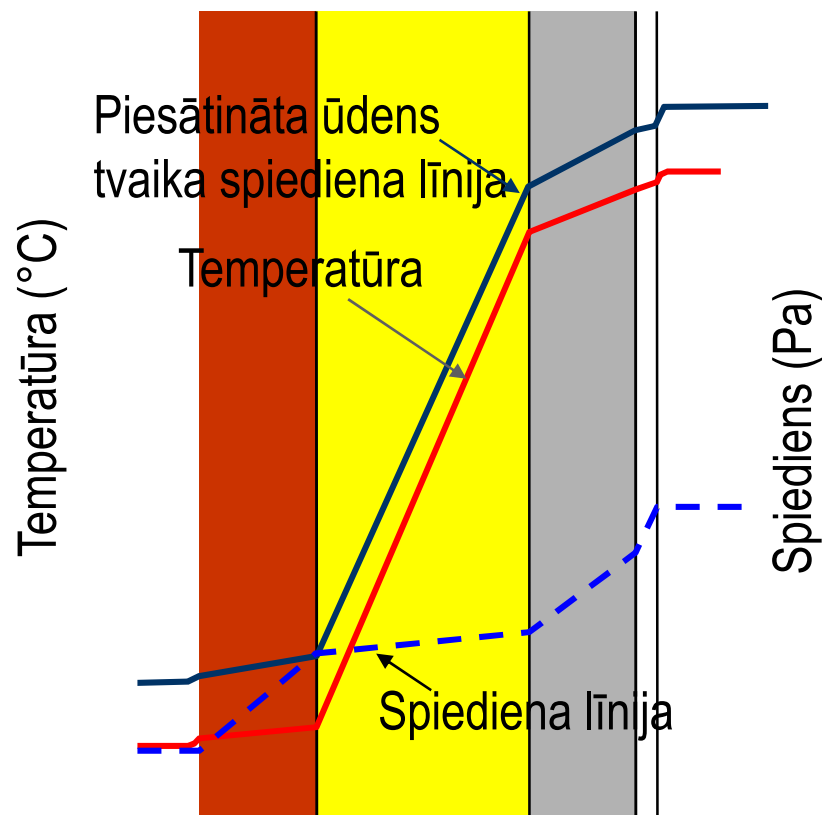
Agris Kamenders,
Mg. sc. Ing., RTU VASSI

06.01.2011
01-99

- Mitruma režīma aprēķins nav vajadzīgs, ja siltumizolācijas siltajā pusē visu slāņu kopējais $s_d > 5s_d$ aukstās puses slāņiem.
- Ja šis nosacījums nav izpildīts, tad ar aprēķinu jāapliecina, ka kondensāta uzkrāšanās bilance gada laikā nav pozitīva.

Mitruma režīma aprēķins

- Rasas punkts
 - Vai temperatūra sasniegs rasas punkta temperatūru?



Avots: Eva Møller, DTU

Aprēķinu metode

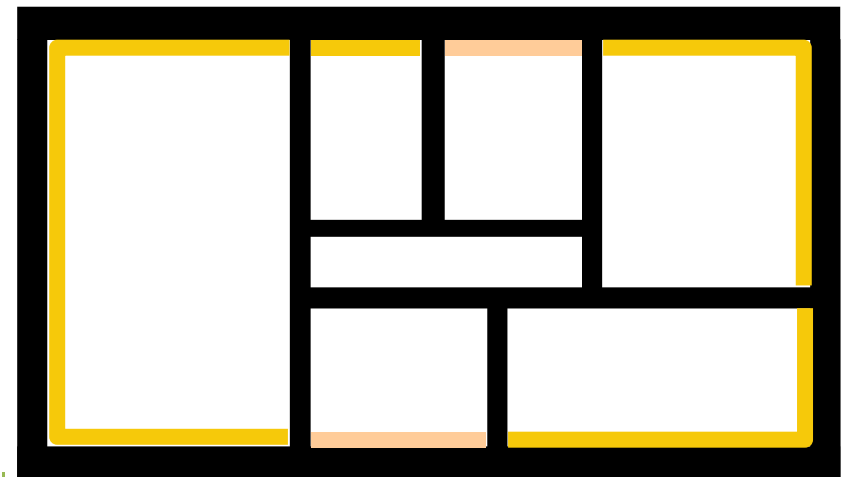
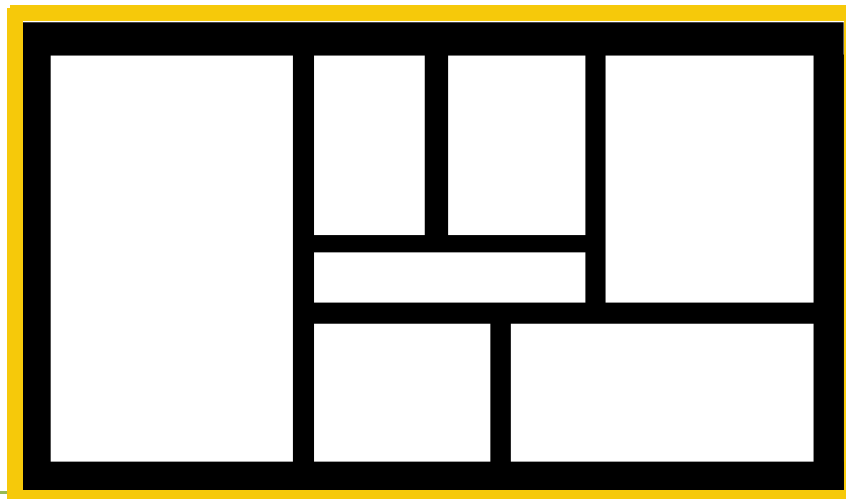
- 1) Aprēķina katra slāņa un konstrukcijas kopējo termisko pretestību;
- 2) Aprēķina katra slāņa un konstrukcijas gaisa difūzijas ekvivalentu;
- 3) Aprēķina temperatūras sadalījumu konstrukcijā;
- 4) Atkarībā no temperatūras sadalījuma tabulām nosaka piesātināto ūdens tvaiku spiedienu p_{sat} , Pa, un parāda to grafiski atkarībā no gaisa difūzijas ekvivalenta;
- 5) nosaka visu mēnešu vidējās temperatūras, relatīvo mitrumu un ārējā gaisa parciālo spiedienu p_e , Pa;
- 6) Nosaka ārēja un iekšēja gaisa ūdens tvaiku parciālo spiedienu starpību Δp , drošības nolūkos palielinot to 1,1 reizēs;
- 7) pēc formulas aprēķina iekšējā gaisa ūdens tvaiku parciālo spiedienu p_i , Pa;
- 8) grafikā, kur ir parādīta piesātināta tvaika spiediena atkarība no gaisa difūzijas ekvivalenta, atzīme iekšēja un ārējā gaisa spiedienu un savieno tos ar taisnu līniju;
- 9) analizē grafiku



Avots: Eva Møller, DTU

- **Termiskā īpašības**

- Siltumizolācija no ārpuses
- Siltumizolācijas no iekšpuses

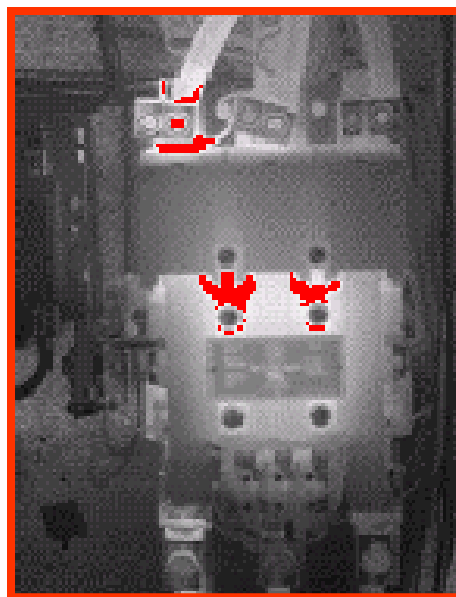
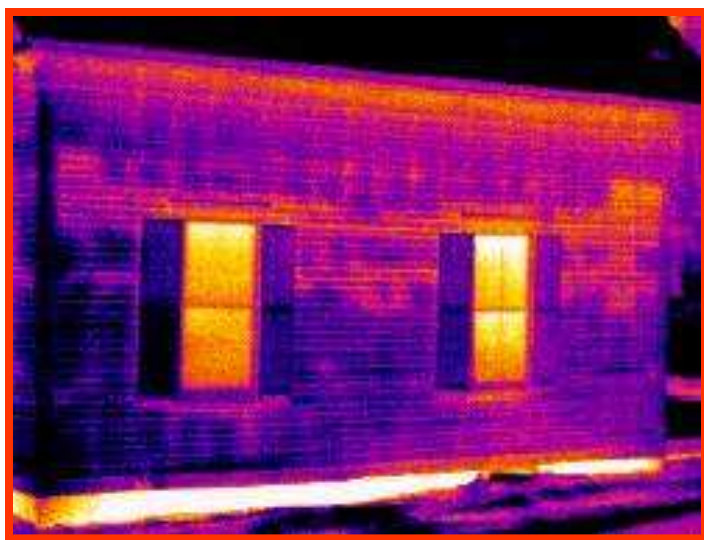


Kvalitātes kontrole

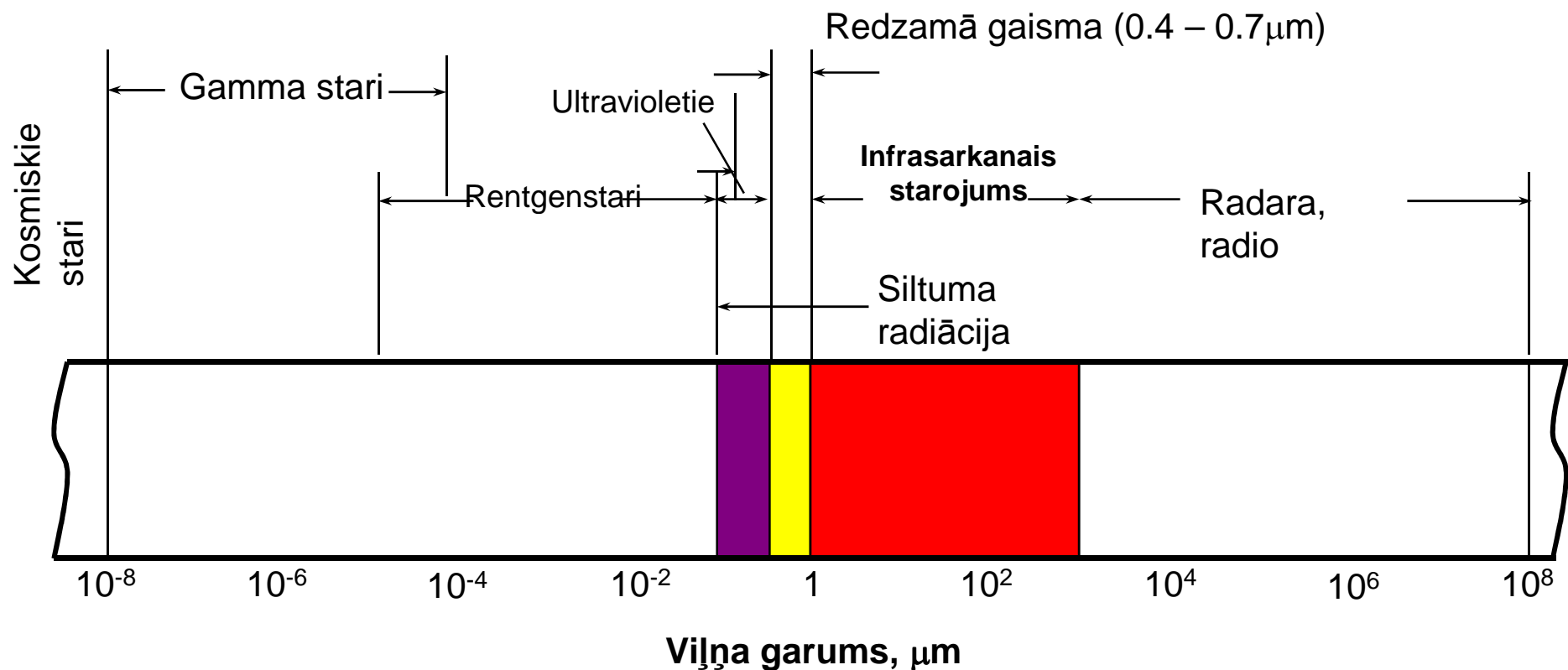
1. Termogrāfija
2. Ēkas blīvums
3. Konstrukciju U vērtības noteikšana (mērīt un aprēķināt)
4. Mitrums

Kur izmantot termogrāfiju

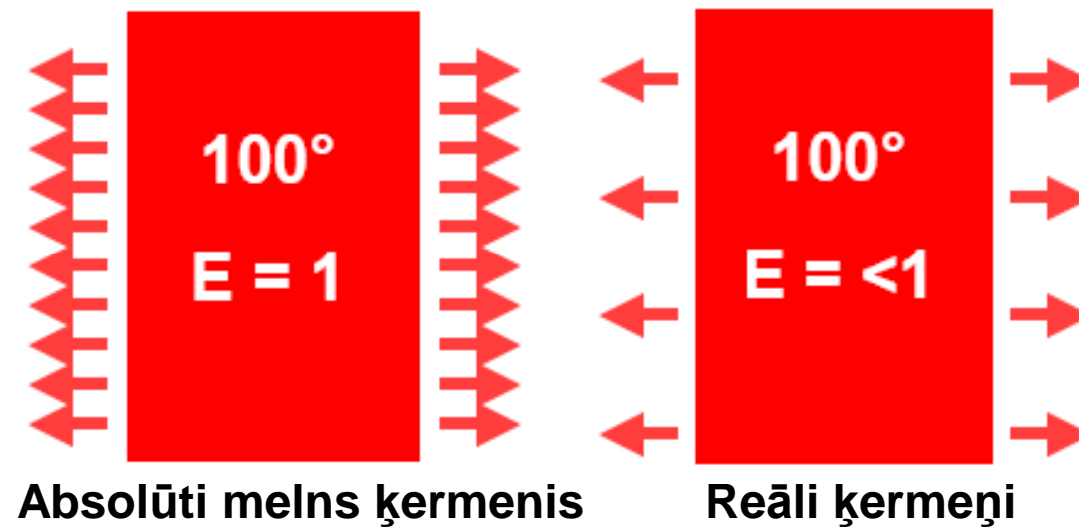
- Būvniecība
- Ražošanas procesu kontrole
- Elektrotehnika
- Apsardzes sistēmās
- Medicīna un veterinārija
- Siltumapgādes sistēmās
- Nolūžu kontrolēšanai



Termogrāfija



Ķermeņa melnuma pakāpe



Siltuma zudumi starošanas ceļā

- Ķermeņa
melnuma
pakāpe

Materiāls	ϵ
Alumīnija spoža virsma	0,05
Nerūsējošais tērauds	0,3
Varš (oksidēts)	0,68
Varš (pulēts)	0,02
Asfalts	0,88
Betons	0,9
Krāsota virsma: •eļļas krāsa •alumīnija krāsa	0,9 0,3 – 0,6
Augsne	0,94
Cilvēka āda	0,98
Ķieģeļi (sarkanie)	0,93

Termogrāfija ēkās

- Būvniecības darbu kvalitāte
- Termiskie tilti
- Mitrums konstrukcijās
- Gaisa infiltrācija
- Ventilācija un apkures sistēmās, savienojuma vietas

Mērinstrumenti



- Izšķirt spēja (pikseļu skaits)
- Kameronas jūtīguma pakāpe (mazas temperatūru atšķirības)
- Kameronas temperatūras diapazons



Termogrāfijas precizitāte

- Objekta melnuma pakāpe;
- Attālums no mērījuma izdarīšanas punkta līdz objektam;
- Redzamības laukums;
- Laika apstākļi;
- Izmantotā aparatūra;

Ierobežojošie faktori

- Tehniskie: Konstruktijas veids, izmantotie materiāli, redzamība
- Laika apstākļi: temperatūru starpība, temperatūru maiņa telpās, saules radītajam nokrišņi.

Darba norise

1. Vai termogrāfija piemērota jautājuma risināšanai (ventilējamās fasādes, piekārtie griesti, spīgīgas virsmas, mazas temperatūru izmaiņas utt)
2. Mērījumu plāna sastādīšana un mērījumu apstākļu izvēle vai to radīšana.

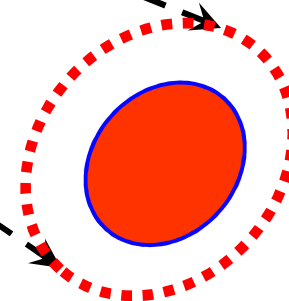
Mērāmā objekta izmēra un attāluma attiecība



Optiskā
izšķirtspēja

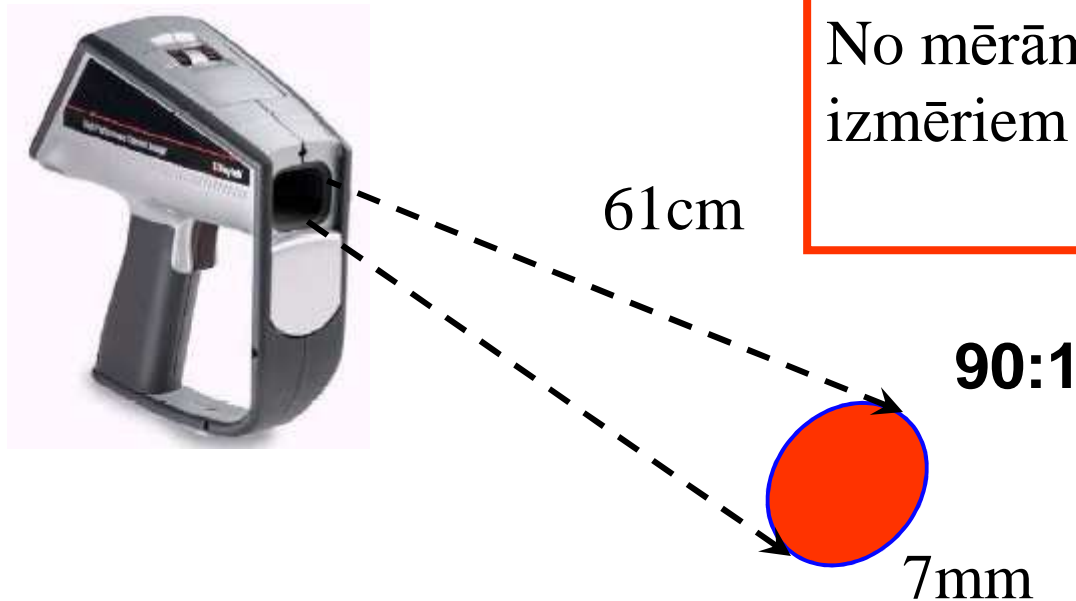
90:1

...objekts var būt pārāk mazs vai jūs atrasties pārāk tālu, lai precīzi noteiktu temperatūras uz virsmām



Optiskā izšķirtspēja

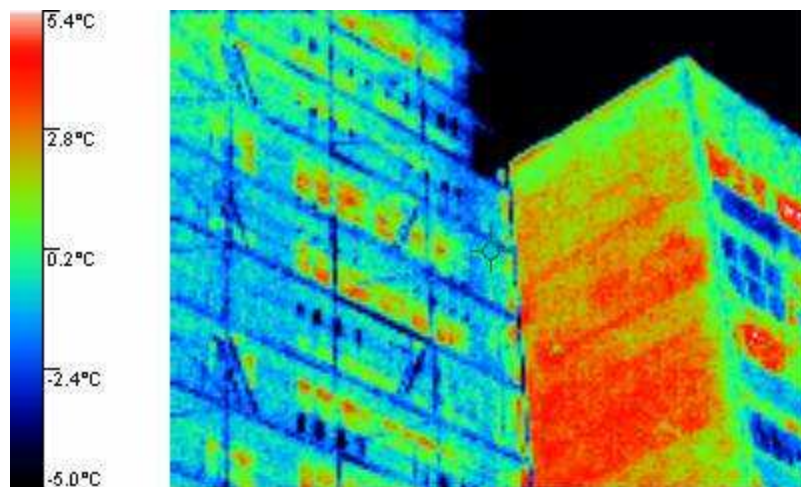
Mērīšanas attālums atkarīgs
No mērāmā objekta
izmēriem



Optiskā izšķirtspēja: Skaitlis 90 nozīmē, ka viena metra attālumā termokamera mērīs apli kura diametrs ir 1.1 cm (1 metrs dalīts ar 90). Tā, piemēram, divu metru attālumā no objekta termokamera mērīs apli ar 2.2 cm diametru.

Mērījuma mērķis

- Sniegt kvalitatīvu (vizuālu) informāciju par konstrukciju. Notiek salīdzināšana
- Mērķis ir iegūt temperatūru lauku sadalījumu.

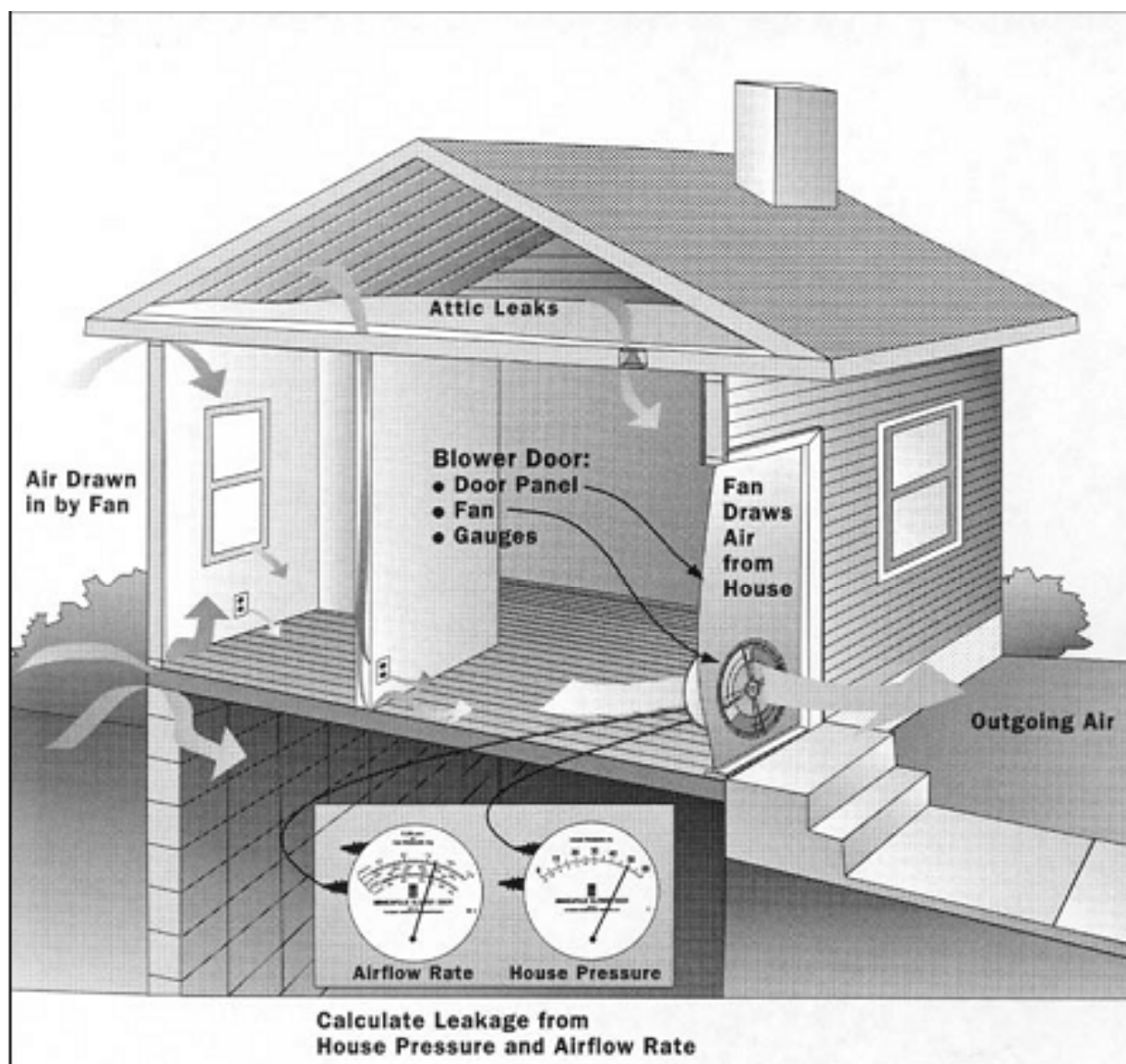


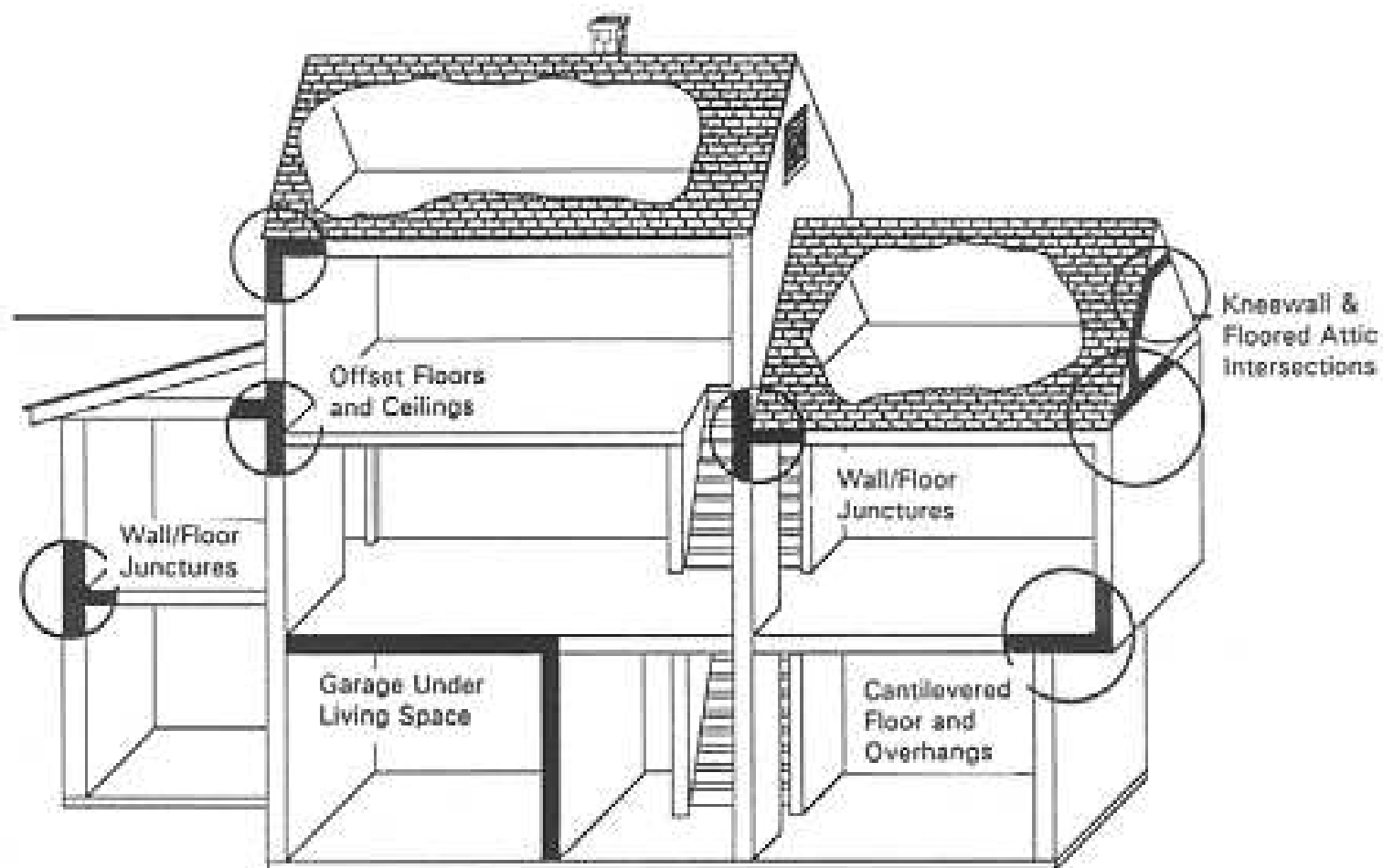
Pārspiediena tests



Pārspiediena tests



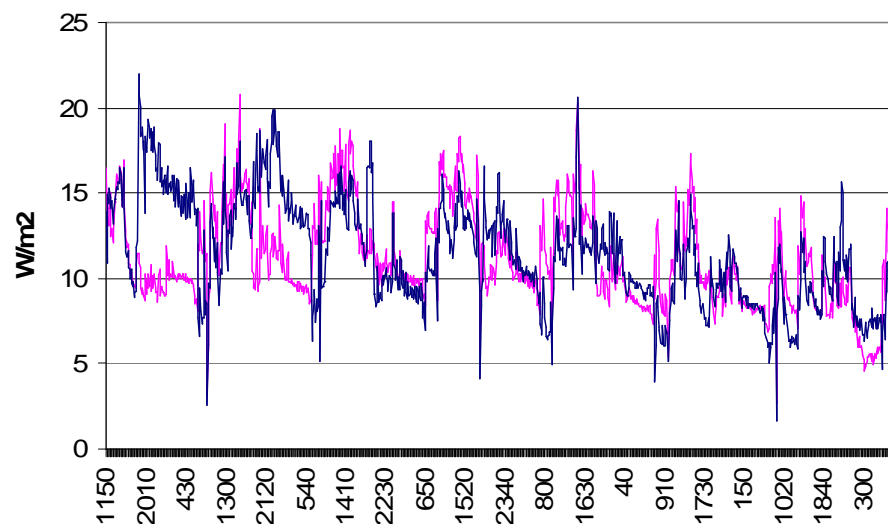




Mērinstrumenti (anemometrs)



Siltuma plūsmas mērījumi ārsienās



Paldies!

Ekodoma
3-3 Noliktavas iela, Rīga
LV1010, Latvija

Tel: +371 7323212
Fax: +371 7323210
Mob: +371 26745700
email: agris@ekodoma.lv

Web side Ekodoma:
www.ekodoma.lv

