

# ĶIEĢEĻU ĒKAS SIENAS SILTUMA ZUDUMU APRĒĶINS ATKARĪBĀ NO SILTUMIZOLĀCIJAS MATERIĀLA BIEZUMA HEAT LOSS OF A BRICK BUILDING WALL DEPENDING ON THE THICKNESS OF THERMAL INSULATION MATERIAL

Autors: **Oskars BLUKS**, e-pasts: [bluks.oskars@inbox.lv](mailto:bluks.oskars@inbox.lv)  
Zinātniskā darba vadītāja: **Ērika TEIRUMNIEKA**, Mg. chem., lektore,  
Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmija, Atbrīvošanas aleja 115, Rēzekne

---

**Abstract:** The proposed study has been completed to calculate and compare heat losses through the building wall depending on the thickness of the thermal insulation material layer. The aim of the work is to find the optimal thickness of thermal insulation material. The study concludes that heat loss is directly dependent on the thickness of the thermal insulation layer, but the greatest effect is achieved with the first layer.

**Keywords:** Buildnig insulation, heat losses, heat transfer coefficient  $U$ ; rock wool.

---

## Ievads

Svarīgākais ēkas energoefektivitātes paaugstināšanas paņēmieni ēku pārbūvē ir sienu siltināšana. Katras ēkas pārbūvei ir jābūt ne tikai energoefektīvai, bet arī ilgtspējīgai. Ilgtspējīgai pārbūvei ir vairākas priekšrocības ilgtspējīgas attīstības nodrošināšanā. Radot kvalitatīvu, videi un veselībai draudzīgu dzīves telpu, tiek veicināta gan ekoloģiskā, gan ekonomiskā un sociālā ilgtspējība. Tas ir veids, kā dzīvot videi un veselībai draudzīgāk, neatsakoties no mūsdienās ierastām ērtībām un kvalitātes standartiem, taču vienlaikus domājot arī par mūsu bērnu un mazbērnu nākotni un tiesībām dzīvot tīrā, resursu nenoplicinātā vidē.

**Darba mērķis:** Atrast optimālo siltumizolācijas materiāla biežumu, nepārkāpjot energoefektivitātes prasības, tajā pašā laikā nodrošinot mazākus izdevumus.

Lai sasniegtu mērķi tika izvirzīti šādi uzdevumi:

1. Izpētot literatūru par siltumizolācijas materiāliem, izvēlēties labāko no tiem;
2. Izmantojot programmu COMSOL Multiphysics, aprēķināt silikātķieģeļu sienas siltuma zudumus, mainot siltumizolācijas materiāla biežumu.

**Pētījuma metode:** Ķieģeļu sienas siltuma zudumu, rasas punkta un siltuma caurlaidības koeficienta aprēķini ar Comsol Multiphysics programmu, mainot akmens vates biežumu no 0 līdz 250 mm.

## Ēkas siltināšana

Ēku pārbūvē energoefektivitātes paaugstināšanā svarīgāko lomu spēlē sienu siltināšana. Kvalitatīva izolācija ne tikai ievērojami veicina siltuma zudumu samazināšanu un palielina sienas siltuma uzkrāšanas spēju (apstādinot apkuri, sienas lēnāk atdziest), bet arī aizsargā sienas no sasalšanas un atkuššanas, kondensāta, sēnītes un pelējuma, kas izraisa dažādas sienu deformācijas. Turklāt siltināšana palielina telpas skaņas izolāciju un “atsvaidzina” ēkas izskatu ar dekoratīvo pārklājumu.

Mūsdienās visbiežāk izmantojamie siltumizolācijas materiāli ir minerālvate (akmens vate un stikla vate), kā arī sintētiskie materiāli: poliuretāna putas, polipropilēns un polistirols.

Ilgtspējīgā būvniecība ne tikai nodrošina ēkas energoefektivitāti, maksimāli saglabājot siltumu, bet arī nevar negatīvi ietekmēt cilvēka labsajūtu un apdraudēt apkārtējo vidi. Atkarībā no ēkas materiāla, ekspluatācijas mērķiem, ģeogrāfiskā izvietojuma un citiem faktoriem, katras ēkas siltumizolācijai, nosverot materiālu priekšrocības un trūkumus gan fizikālo īpašību, gan ekonomiskajā ziņā, svarīgi izvēlēties materiālu, kurš spēs nodrošināt ēkas ilgtspēju. Sintētiskie materiāli bieži vien ir lētāki un pat ar labākām izolācijas spējam ( $\lambda_d$  ap 0,03  $W/(m \times K)$ ), nekā minerālvate, toties minerālvates kalpošanas laiks, pielietojamība (vienīgais materiāls, kuru var

izmantot koka ēku siltināšanā), augstā tvaiku caurlaidība, ugunsdrošība un nekaitīga ietekme uz vidi un cilvēka veselību ir ievērojami lielāki, nekā sintētiskiem materiāliem. Izejot no tā, referātā apskatīsim sienas siltināšanu ar akmens vati.

Akmens vate ir siltināšanas materiāls, kura ražošanai tiek izmantots bazalts. Augstās temperatūras ietekmē akmens kūst un ar spēcīgo gaisa plūsmu no tā tiek izpūstas šķiedras, no kurām tiek veidotas akmens vates plāksnes.<sup>[1]</sup>

### **Siltuma zudumi, siltumcaurlaidības koeficients u. Termiskā pretestība<sup>[2]</sup>**

Siltumcaurlaidības koeficients  $U$  ir galvenais parametrs, pēc kura nosaka ēkas energoefektivitāti. Jo zemāks koeficients  $U$ , jo mazāki siltuma zudumi. Latvijas būvnormatīvs nosaka, ka dzīvojamām ēkām ārsienu maksimāli pieļaujamā vērtība  $U$  ir  $0,23\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ .

Koeficients  $U$  ir atkarīgs no termiskās pretestības un ir apgriezti proporcionāls tai:

$$U=1/R$$

$R$  – termiskā pretestība

Termiskā pretestība  $R$  ir atkarīga no materiāla biezuma un siltumvadītspējas.

$$R=d/\lambda.$$

$d$  – materiāla biezums (metros)

$\lambda$  – siltuma vadītspējas koeficients ( $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ )

Siltuma vadītspējas koeficients  $\lambda$  ir katrā materiāla fiziskā īpašība un nav atkarīgs no biezuma. Zemākais  $\lambda$  nozīmē, ka materiāls ir labākais izolators.

Būvkonstrukcijas kopējo termisko pretestību  $R_T$ , kas sastāv no perpendikulāri siltuma plūsmai termiski viendabīgiem slāņiem, aprēķina ar formulu:

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se},$$

Kur

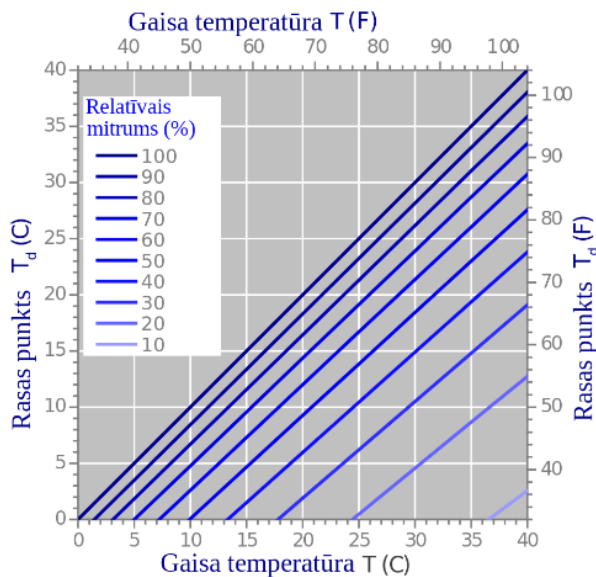
$R_{si}$  ir iekšējās virsmas termiskā pretestība,

$R_{se}$  ir ārējās virsmas termiskā pretestība.

Ārējās virsmas termiskā pretestības  $R_{se}$  vērtība parasti ir  $0,04\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ ,  $R_{si}$  **horizontālai gaisa plūsmai** =  $0,13\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ .

### **Rasas punkts<sup>[3]</sup>**

Otrs svarīgs aspekts, kurš jāievēro ēkas siltināšanas procesā ir rasas punkts. Rasas punkts ir temperatūra, līdz kurai jāatdziest gaisam, lai tajā esošais mitrums kļūtu piesātināts, un sāktos gaisa mitruma kondensācija (rasas izkrišana). Rasas punkts ir atkarīgs no gaisa relatīva mitruma. Piemēram, pie normāla gaisa relatīvā mitruma (~50%) un sākotnējās telpas temperatūras  $20^\circ\text{C}$ , kondensāts sāks veidoties, gaisam atdziestot līdz  $\sim 8^\circ\text{C}$  (skat. 1.att.).



1.att.

Lai nodrošinātu ēkas norobežojošo daļu optimālos siltumizolācijas parametrus, ir jāzina ne tikai rasas punkta vērtības lielums, bet arī tās atrašanās vieta uz virsmas vai sienas korpusā.

Ja sienas korpusu sastāv no ķieģeļiem, akmens vai monolīta betona, tad, ievērojot būvniecības tehnoloģiju šādās ēkās, rasas punkts atrodas sienā iekšā. Tā atrašanās vieta ir vērsta uz ēkas iekšējo malu. Atkarībā no ārējās temperatūras rasas punkta atrašanās vieta mainās. Piemēram, ja temperatūra ārā strauji pazeminās, rasas punkts pārvietojas uz sienas virspusi telpā, kā rezultātā uz sienām un logiem parādās mitrums.

Par siltumizolācijas materiālu izvēloties akmens vati un tās pareizo biezumu, panāk to, ka rasas punkts atrodas siltināšanas materiāla iekšā, tādā veidā pasargājot sienu no lieka mitruma uzkrāšanās.

### Siltuma zudumi, siltuma caurlaidības koeficients un rasas punkta atrašanās vieta atkarībā no akmens vates slāņa biezuma

Siltuma zudumi ir atkarīgi no gaisa temperatūras gan telpā, gan ārā, tāpēc tie nepārtraukti mainās gada, sezonas, diennakts vai pat dažu stundu laikā. Tāpēc siltumu zudumu aprēķinos par pamatu tiek ņemta kāda perioda vidējā temperatūra. Apskatīsim bieži sastopamās silikātķieģeļu sienas (25 cm jeb 1 ķieģeļa platuma siena) siltuma zudumus, rasas punkta atrašanās vietu un siltumcaurlaidības koeficientu atkarībā no siltumizolācijas slāņa biezuma janvārī, kad vidēja gaisa temperatūra Latvijā ir aptuveni  $-7^{\circ}\text{C}$ <sup>[4]</sup>, bet telpās jāuztur komfortablie  $+20^{\circ}\text{C}$ .

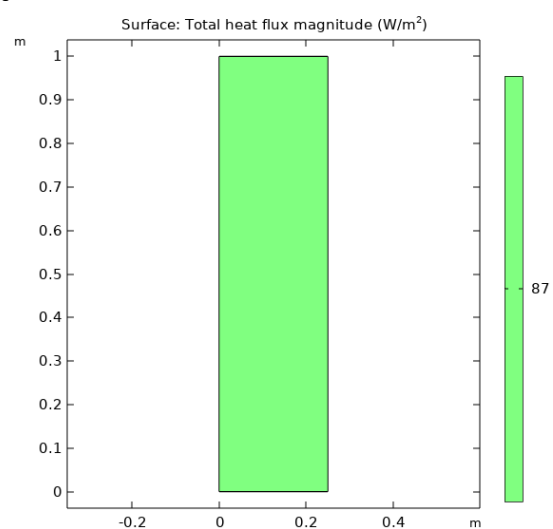
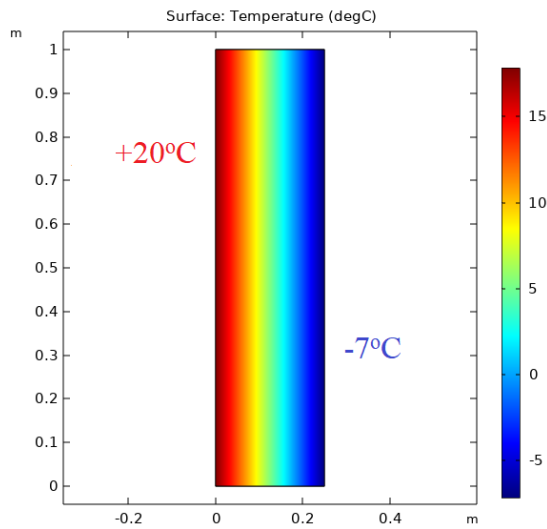
#### Silikātķieģeļu parametri:

Blīvums  $\rho_0$   $1800 \text{ kg/m}^3$ ; Siltumvadītspēja  $\lambda_d$   $0,87 \text{ W/(m x K)}$ ; Īpatnējā siltumietilpība  $c$   $880 \text{ J/(kg x K)}$ <sup>[4]</sup>;

#### Akmens vates parametri:

Blīvums  $\rho_0$   $24 \text{ kg/m}^3$ ; Siltumvadītspēja  $\lambda_d$   $0,036 \text{ W/(m x K)}$ ; Īpatnējā siltumietilpība  $c$   $1030 \text{ J/(kg x K)}$ <sup>[4]</sup>.

## Sienas siltuma zudumu aprēķins ar Comsol Multiphysics programmu (bez siltumizolācijas slāņa)



Temperatūras sadalījums sienā ir vienmērīgs, kas nozīmē, ka rasas punkts atrodas sienas centrā ( $\sim 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). T. i., atdziestot telpas gaisa temperatūrai līdz  $\sim 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , uz sienām “izkritīs” kondensāts.

Siltuma enerģijas zudums šajā gadījumā ir 87 vati uz katru kvadrātmetru.

Lai noteiktu, vai šādas publiskās ēkas siena iekļaujas LV normatīvos, aprēķināsim siltumcaurlaidības koeficientu  $U$ .

Balstoties uz augstāk aprakstītajām aprēķinu formulām, atrodam termisko pretestību  $R_T$ :

$$R_T = 0,13 + (0,25 : 0,87) + 0,04 = 0,46 \text{ (m}^2\text{K/W)}$$

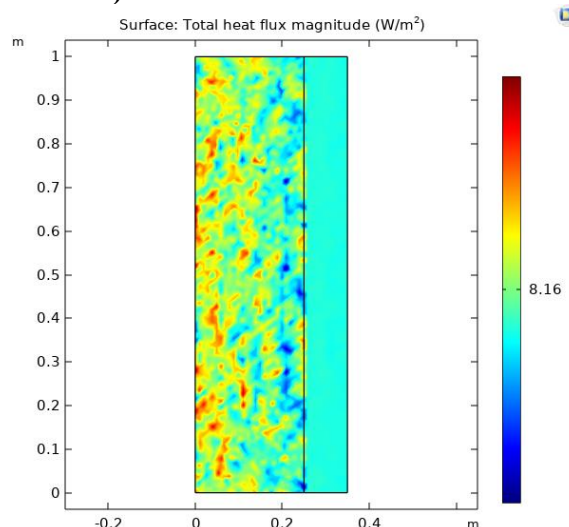
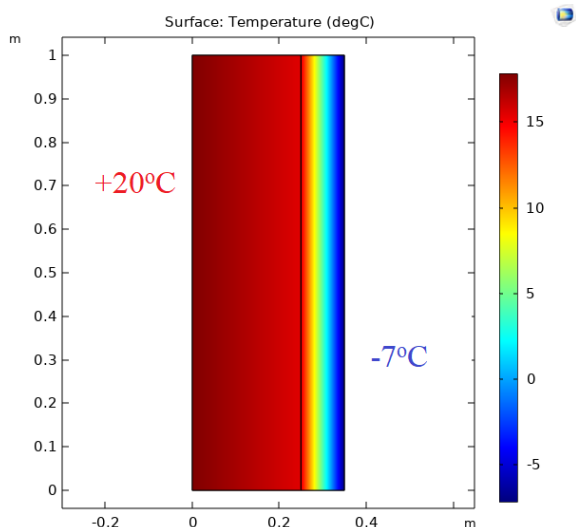
un siltumcaurlaidības koeficientu  $U$ :

$$U = 1 : 0,46 = \underline{\underline{2,19 \text{ W/(m}^2\text{*K)}}}$$

	Materiāls	Biezums d, m	$\lambda_d$ W/(m x K)	$R_n$ , m <sup>2</sup> K/W	$R_T$ , m <sup>2</sup> K/W	$U$ , W/(m <sup>2</sup> *K)
Pamatmateriāli	Silikātķieģelis	0,25	0,87	0,29	0,46	2,19
Siltumizolācijas slānis	Akmens vate	0	0,036	0,00		

2,19 W/(m<sup>2</sup>\*K) ievērojami pārsniedz pieļaujamo normu (0,23 W/(m<sup>2</sup>\*K)), tāpēc šādai publiskai ēkai ir obligāti nepieciešama siltināšana.

## Sienas siltuma zudumu aprēķins ar Comsol Multiphysics programmu (ar 10 cm biezo minerālvates slāni)



Kā redzams sienas temperatūra visa platumā praktiski ir nemainīga ( $\sim 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Lielākais tās kritums (rasas punkts) atrodas siltināšanas materiālā iekšā, kas praktiski pasargā sienu no kondensāta “izkrišanas” jebkurā temperatūrā.

Siltuma enerģijas zudums šajā gadījumā samazinās vairāk nekā (!) 10 reizes, sastādot vien 8,16 vatus uz katru kvadrātmetru.

Ievērojami paaugstinās termiskā pretestība:

$$R_T = 0,13 + (0,25 : 0,87) + (0,10 : 0,036) + 0,04 = 3,24 \text{ (m}^2\text{K/W)}$$

un attiecīgi samazinās siltumcaurlaidības koeficientu U:

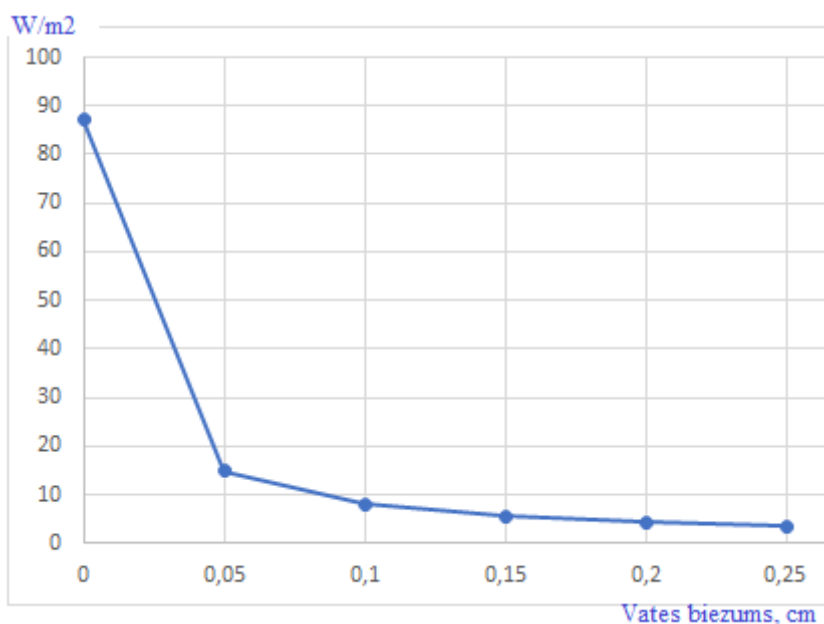
$$U = 1 : 3,24 = \underline{\underline{0,31 \text{ W/(m}^2\text{*K)}}}$$

	Materiāls	Biezums d, m	$\lambda_d$ W/(m x K)	$R_n$ , m <sup>2</sup> K/W	$R_T$ , m <sup>2</sup> K/W	U, W/(m <sup>2</sup> *K)
Pamatmateriāli	Silikātkieģelis	0,25	0,87	0,29	3,24	0,31
Siltumizolācijas slānis	Akmens vate	0,1	0,036	2,78		

0,31 W/(m<sup>2</sup>\*K) vēl nesasniedz vēlamos 0,23 W/(m<sup>2</sup>\*K), taču ir ļoti tuvs. Šādā gadījumā jādomā, vai ir vērts uzklāt vēl vienu 5 cm biezo vates slāni, vai tomēr izdevīgāk izvēlēties piemērotāku ārējās un iekšējās apdares materiālu, līdz ar to, ļoti ticams, sasniegt vēlamo rezultātu.

\*Aprēķinām siltuma zudumus ar COMSOL Multiphysics programmu atkarībā no minerālvates biezuma, rezultātus apkopojot tabulā un sastādot grafiku:

Vates biezums, cm	0	5	10	15	20	25
Siltuma zudumi, W/m <sup>2</sup>	87	14,91	8,16	5,61	4,28	3,46



2.att.

### Rezultāti un to izvērtējums

Tabulā un grafikā var redzēt, kā mainās siltuma zudumi atkarībā no siltumizolācijas slāņa biezuma. Svarīgi saprast to, ka pat minimālais 5 cm slānis nes ievērojamo efektu, samazinot siltuma zudumus 6 reizes. Tāpēc bieži vien nav nekādas vajadzības trīskāršot vai pieckāršot savus izdevumus, liekot kārtējos vates slāņus. Piemēram, ja tā ir Jūsu privātmāja, un noteikumi neprasa konkrēto “ciparu”, absolūti pietiekoši būs ar vienu 5 cm biezu akmens vates slāni.

### Secinājumi

- Lai nodrošinātu visas ilgtspējīgās būvniecības prasības ēkas sienu siltināšanas procesā, par siltumizolācijas materiālu jāizvēlas minerālvate.
- Ja publiskās ēkas siena ir 25 cm bieza silikātķieģeļu siena, siltumcaurlaidības koeficienta 0,23 W/(m<sup>2</sup>\*K) sasniegšanai nepieciešams vismaz 10-15 cm biezs akmens vates ( $\lambda_d = 0,036 \text{ W}/(\text{m} \times \text{K})$ ) slānis.
- Privāto, nepublicko ēku siltināšanā nav nepieciešamības sasniegt konkrēto koeficienta U vērtību, tāpēc šādā gadījumā prātīgi ir ietaupīt, jo pat minimālais 5 cm biezs slānis samazina siltuma zudumus vismaz 6 reizes.

### Literatūra

1. *Что такое базальтовая каменная вата?* (2017) <https://xn--e1aebmcscce2a6c6fc.com.ua/blog/> sk. 12.04.2020
2. Borodiņecs A., Krēsliņš A. (2007) *RTU rekomendācijas būvnormatīva LBN 002-01 pielietošanai ēku projektēšanā un būvniecībā*. Rīga: RTU izdevniecība.
3. *Точка росы. Определение точки росы в стене при различных видах утепления.* (2014) <http://www.builderclub.com/statia/tochka-rosy-opredeleniye-tochki-rosy-v-stene-pri-razlichnyh-vidah-utepleniya> sk. 11.04.2020
4. Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 002-19 "Ēku norobežojošo konstrukciju siltumtehnika" (2019) <https://likumi.lv/ta/id/307966-noteikumi-par-latvijas-buvnormativu-lbn-002-19-eku-norobezojoso-konstrukciju-siltumtehnika> sk. 10.04.2020