

**MĀCĪBU MATERIĀLS**

3. mācību nodaļa

7. nodarbība: Siltumizolācijas materiāli

UPPWOOD

*Būvstrādnieku kvalifikācijas celšana koka konstrukciju izgatavošanas metodēs energoefektīvās ēkās*

UPPWOOD

*Būvstrādnieku kvalifikācijas celšana koka konstrukciju izgatavošanas metodēs energoefektīvās ēkās*

*construction workers in wood construction methods for energy-efficient buildings*

*methods for energy-efficient buildings*

UPPWOOD

*Būvstrādnieku kvalifikācijas celšana koka konstrukciju izgatavošanas metodēs energoefektīvās ēkās*

*methods for energy-efficient buildings*

UPPWOOD

*Būvstrādnieku kvalifikācijas celšana koka konstrukciju izgatavošanas metodēs energoefektīvās ēkās*

*truction methods for energy-efficient buildings*

UPPWOOD

*Būvstrādnieku kvalifikācijas celšana koka konstrukciju izgatavošanas metodēs energoefektīvās ēkās*

*methods for energy-efficient buildings*

UPPWOOD

*Būvstrādnieku kvalifikācijas celšana koka konstrukciju izgatavošanas metodēs energoefektīvās ēkās*

*methods for energy-efficient buildings*

UPPWOOD

*Būvstrādnieku kvalifikācijas celšana koka konstrukciju izgatavošanas metodēs energoefektīvās ēkās*

*methods for energy-efficient buildings*

UPPWOOD

*Būvstrādnieku kvalifikācijas celšana koka konstrukciju izgatavošanas metodēs energoefektīvās ēkās*

SATURA RĀDĪTĀJS

[1. Ievads 2](#_Toc88072969)

[2. Definīcijas 3](#_Toc88072970)

[3. Siltumizolācijas priekšrocības ēkās 5](#_Toc88072971)

[4. Izolācijas tirgū pieejamie materiāli 7](#_Toc88072972)

[4.1. Stikla vates siltuma izolācija 9](#_Toc88072973)

[4.2. Earthwool izolācija 10](#_Toc88072974)

[4.3. Poliestera izolācija 10](#_Toc88072975)

[4.4. Akmens vates izolācija 11](#_Toc88072976)

[4.5. Atstarojošā izolācija 11](#_Toc88072977)

[4.6. Cietās siltuma izolācijas plāksnes (EPS un XPS) 12](#_Toc88072978)

[4.7. Aerosola putu izolācija 12](#_Toc88072979)

[4.8. Kokšķiedras materiāls 13](#_Toc88072980)

[4.9. Celulozes/ papīra šķiedras 14](#_Toc88072981)

[4.10. Vispārēji izolācijas materiāli, "R" vērtības, priekšrocības un trūkumi 14](#_Toc88072982)

[5. Materiālu pielietojums 16](#_Toc88072983)

[6. Defekti siltuma izolācijas sistēmās – siltuma zudumi 22](#_Toc88072984)

[7. Izmantotie informācijas avoti 25](#_Toc88072985)

1. **Ievads**

Siltumizolācija tiek definēta kā siltuma pārneses samazināšana (siltumenerģijas pārnese starp objektiem ar atšķirīgu temperatūru) starp objektiem, kas atrodas termiskā saskarē.

Galvenie jautājumi:

* Fosilā kurināmā iegūtās enerģijas apjoma samazināšana ir vissvarīgākais faktors ilgtspējas veicināšanā.
* Siltuma izolācijai ir lielākais potenciāls samazināt CO2 emisijas.
* Enerģija, ko saglabā, pateicoties siltuma izolācijai, ievērojami atsver tās ražošanā patērēto enerģiju. Tikai tad, kad ēka sasniedz zema enerģijas māju standarta prasības, nozīmīgs kļūst ēkas siltuma izolācijā uzkrātais ogleklis
* Samazināt telpās skaņas, kas ienāk no ārpuses, un otrādi.
* Uzlabot ēkas ugunsdrošību.

1. **Definīcijas**

Siltuma izolācijas materiālu un būvmateriālu termiskās īpašības ir zināmas un tās var precīzi izmērīt. Siltuma caurlaidības (plūsmas) daudzumu caur jebkuru materiālu kombināciju ir iespējams aprēķināt. Tomēr ir jāzina un jāsaprot daži tehniskie termini, lai varētu aprēķināt siltuma zudumus un saprast, kādi faktori ir iekļauti.

***Siltumenerģija***

Viena kilokalorija (1 kcal vai 1 000 kalorijas) ir siltuma (enerģijas) daudzums, kas nepieciešams, lai paaugstinātu viena kg ūdens temperatūru par vienu Celsija [°C] grādu. SI standarta enerģijas mērvienība ir Džouls [J]. Viena kcal ir aptuveni 4,18 kJ (kas nedaudz variē atkarībā no temperatūras). Cita mērvienība ir Btu (britu termiskā mērvienība). Viens Btutuvināti atbilst 1 kJ.

**Darba, enerģijas un siltuma mērvienību konvertēšana**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **J** | **kJ** | **kWh** | **kcal** | **kpm** |
| **1J = 1Nm=1Ws** | 1 | 10-3 | 2,78\*10-7 | 2,39\*10-4 | 0,102 |
| **1kJ** | 1000 | 1 | 2,78\*10-4 | 0,239 | 102 |
| **1kWh** | 3,6\*106 | 3,6\*103 | 1 | 860 | 3,67\*105 |
| **1 kcal** | 4,19\*103 | 4,19 | 1,16\*10-3 | 1 | 427 |
| **kpm** | 9,81 | 9,81\*10-3 | 2,72\*10-6 | 2,34\*10-3 | 1 |

Avots: https://www.bossard.com/global-en/assembly-technology-expert/technical-information-and-tools/technical-resources/conversion-tables/conversion-table-for-units-of-work-energy-and-heat/

**Siltumvadāmība (k vērtība)**

Vienkārši runājot, tā ir materiāla jauda vadīt siltumu caur tā masu. Dažādiem izolācijas materiāliem un cita veida materiāliem ir specifiskas siltumvadāmības vērtības, ko var izmantot, lai izmērītu to izolācijas efektivitāti. To var definēt kā siltuma/enerģijas daudzumu (izteikts kcal, Btu vai J), ko var vadīt vienības laikā caur materiāla biezuma vienības laukumu, ja ir vienības temperatūras starpība. Siltumvadāmību var izteikt [kcal/m°C], [Btu/FT°F] un SI sistēmā vatos [W/m°C]. Siltumvadāmība ir zināma arī kā k-vērtība.

**Siltumvadītspējas koeficients “λ” (kcal/m2h°C)**

Siltumvadītspējas koeficientu apzīmē ar λ (grieķu burts lambda) un definē kā siltuma daudzumu (kcal), kas izvadīts vienā stundā caur 1 m2 materiāla, kura biezums ir 1 m, ja temperatūras starpība materiāla virsmām ir 1°C. Siltumvadītspējas koeficientu nosaka materiālu testējot speciālās iekārtās. Siltumvadītspējas koeficientu izmanto siltuma izolācijas materiālu klasifikācijā.. λ var izteikt arī [Btu/ft2h°F] (britu termiskā mērvienība uz kvadrātpēdu, stundā un Fārenheita grādos) vai SI mērvienībā [W/m2K] Kelvins.

**Siltuma pretestība**

Siltumpretestība ir siltuma vadītspējas k vērtības (1/k) apgrieztais lielums.

**Termiskā pretestība (R vērtība)**

Termiskā pretestība (R vērtība) ir siltumvadītspējas λ (1/ λ) apgrieztais lielums, un to izmanto, lai aprēķinātu jebkura materiāla vai kompozītmateriāla termisko pretestību. R vērtību var definēt kā pretestību, ko materiāls piedāvā siltuma plūsmai. Labam izolācijas materiālam būs augsta R vērtība. Palielinoties materiālu biezumam, tieši proporcionāli palielinās arī termiskā pretestība (R vērtība) - *x\*R vai x*/λ, kur *x* apzīmē materiāla biezumu metros.

**Siltumpārejas koeficients (U) (kcal/m2h°C)**

Kopējo siltumpārejas koeficients (U) norāda siltuma pāreju jebkurai materiāla daļai vai materiālu salikumam. SI vienības, kas apzīmē U, ir kcal uz sadaļas kvadrātmetru stundā uz Celsija grāda, starpība starp iekšējo gaisa temperatūru un ārējo gaisa temperatūru (kcal/m2h°C). To var izteikt arī citās mērvienību sistēmās. U koeficients ietver sienu un grīdas seguma termisko pretestību, kā arī atsevišķu slāņu un gaisa telpu termisko pretestību, kas var būt ietverti pašā sienā vai grīdā.

1. **Siltumizolācijas priekšrocības ēkās**

1. Ēkās izmantoto siltumizolācijas materiālu primārā funkcija ir samazināt siltuma pārvadi caur ēkas ārējām plaknēm(sienām, jumtu, logiem, pamatiem u.c.). Palielinot siltuma izolācija ēkas sienās, ir iespējams samazināt siltuma vai aukstuma daudzumu, kas nonāk ēkā, un tādējādi samazināt dzesēšanas siltuma daudzumu, lai uzturētu komfortablu klimatu ēkas iekšpusē (~20-240 C).



*Attēls 1. Siltuma zudumi ēkās*

2. Ēku sienu siltumizolācija būtiski ietekmē siltumenerģijas patēriņa samazināšanos ēkās, kā rezultātā tiek samazinātas CO2 emisijas, kas nepieciešams, lai saražotu siltumenerģiju.

3. Siltuma izolācijas energoefektivitāte

Lai apmierinātu ievērojamu daļu no pasaules enerģijas prasībām pie ierobežotiem resursiem, mūsdienās tiek patērēts ievērojams daudzums fosilais kurināmais, piemēram, nafta un dabasgāze. Pasaulē, kur resursi pakāpeniski samazinās, lai gan pieprasījums pēc enerģijas nepārtraukti pieaug, tiek piemērotas dažādas programmas, lai nodrošinātu efektīvu enerģijas izmantošanu. Ēku energoefektivitāte kļūst par prioritāro enerģijas taupīšanas instrumentu.

4. Stiprākas un ilgizturīgākas ēkas

Siltumizolācija samazina siltuma kustību un tvaika kondensāciju ēku konstrukcijās. Tāpēc tas novērš mitrumu, pelējumu, sasalšanu, deformāciju, kas var rasties ēkā un vājināt dzelzs daļas korozijas vai koksnes trupes dēļ, un palīdz saglabāt ēku. Pateicoties siltumizolācijai, ēkai tiek pagarināts kalpošanas laiks un palielināta izturība.

5. Pozitīva ietekme uz cilvēka veselību

Homogēna siltuma sadale starp iekštelpām ar pareizu siltumizolācijas uzklāšanu uzlabo komfortu dzīvojamās telpās.

Turklāt siltumizolācija no ēkas ārpuses pozitīvi ietekmē cilvēku veselību, novēršot tādus faktorus kā mitrumu, pelējumu, sēnītes, putekļus, troksni un gaisa piesārņojumu, kas var negatīvi ietekmēt cilvēku veselību.

6. Vides un ekoloģiskais līdzsvars Siltumizolācija palīdz aizsargāt ekoloģisko līdzsvaru. Siltinātas ēkas apkurei, dzesēšanai un klimatizēšanai tiek izmantots minimāls enerģijas daudzums; samazināts fosilā kurināmā, piemēram, ogļu un dabasgāzes patēriņš. Rezultātā tiek samazināta oglekļa dioksīda (CO2), sēra dioksīda (SO2) un citu kaitīgo siltumnīcefekta gāzu emisija atmosfērā, kas, savukārt, samazina negatīvo ietekmi uz ekoloģisko līdzsvaru.

Ja ēka ir siltuma izolēta , izvēloties atbilstošu kurināmā veidu un tam atbilstošu kurtuvi/tehniku, ir iespējams izmantot visu saražoto enerģiju ēkas apkurei vai dzesēšanai. Tādējādi Jūs varat samazināt kurināmā ietekmi uz vides piesārņojumu.

7. Veicina skaņas izolāciju

Siltumizolācija samazina troksni, kā arī laikapstākļu ietekmi no ārpuses, tāpēc tā palīdz novērst trokšņa kaitīgo ietekmi uz cilvēkiem. Turklāt siltumizolācija ēkas spraugās, piemēram, liftos, kāpņu telpās un palīgtelpās novērš skaņas izbēgšanas piltuves rašanos.

8. Ieguldījums valsts un ģimenes ekonomikā

Pateicoties siltumizolācijai, kas aizsargā ēku no ārējiem faktoriem, tiek samazināti uzturēšanas un remonta izdevumi. Tas samazina fosilā kurināmā importu un mūsu valsts atkarību no ārvalstīm, jo tiek nodrošināta optimāla enerģijas resursu izmantošana. Turklāt tas arī veicina ekonomiku, samazinot izdevumus par ēkas enerģiju un ģimenes veselības aprūpi.

Lai izvēlētos labāko izolācijas veidu, vispirms jānosaka sekojošais:

* Kur Jūs vēlaties vai kur nepieciešams uzstādīt / papildināt izolāciju
* Ieteicamās R vērtības zonās, kuras vēlaties izolēt.

1. **Izolācijas tirgū pieejamie materiāli**

Rūpnieciskie siltuma izolācijas materiāli lielākoties tiek klasificēti trīs grupās – neorganiskie vai minerālšķiedras, porainās plastmasas un augu/dzīvnieku izcelsmes.

**Neorganiskie vai minerālšķiedras** produkti ietver akmens vati, sārņu vati un stikla vati, ko var iegūt no pārstrādātiem atkritumiem. Šos materiālus izkausē augstā temperatūrā, savērpj šķiedrās un pēc tam pievieno saistvielu, lai veidotu cietas loksnes un izolācijas ruļļus. Ja minerālšķiedrus siltuma izolācijas materiālus noņem piemērotos apstākļos, kalpošanas laika beigās, tos var izmantot atkārtoti un pārstrādāt.

**Peroķīmiskie vai šūnu plastmasas** produkti ir atvasināti no naftas un ietver cieto putupoliuretānu, fenola, uzputotu polistirolu un ekstrudētu polistirolu. Produkti ir pieejams kā birstošs siltuma izolācijas materiāls kā cietas loksnes un putas. Agrāk šo materiālu ražošanas procesā bija iesaistīti ozonu noārdošas vielas, piemēram, hidrohlorofluoroglekis (HCFC). Tomēr mūsdienās šo materiālu ražošanas process ir pārorientēts uz neitrālu ogļūdeņražu izmantošanu. Tādējādi nepieciešams pievērst uzmanību, lai šūnu plastmasas siltuma izolācijas produktu ražošanas procesā netiktu izmantotas ozonu noārdošas vielas . Šūnu plastmasas produktus var pārstrādāt, bet tas ir tehnoloģiski rarežģīts un dārgs process. Šūnu plastmasas produkti ir piemēroti sadedzināšanai īpašās kurtuvēs kalpošanas laika beigās, lai ražotu siltuma un elektroenerģiju.

**No dabiskās vai atjaunojamā šķiedras** atvasināti produkti ietver celulozes šķiedru, aitas vilnu, kokvilnu un linus. Šiem produktiem ir zema iestrādātā enerģija, jo materiālus var iegūt no atjaunojamiem izejmateriāliem. Produkti ir šķiedras, ruļļu vai saspiestas plāksnes formā. To ražošana ietver ķīmisku apstrādi, lai nodrošinātu atbilstošas īpašības, piemēram, ugunsizturību un kaitēkļu invāzijas novēršanu. Tāpēc kalpošanas laika beigās tos ir sarežģīti izmantot enerģijas iegūšanai, tos sadedzinot.

**Izolācijas materiāli**

**Organiskie materiāli**

**Neorganiski materiāli**

**Dabiski (atjaunojami)**

**Naftas ķīmijas produkti**

**Stikla vate**

**Akmens vate**

**Uzputots polistirols (EPS)**

**Ekstrudētais polistirols (XPS)**

Fenola formaldehīds (PF)

**Poliuretāns (PUR)**

**Poliizocianurāts (PIR)**

Urīnvielas-formaldehīds (UF)

**Celuloze**

Kokosrieksts

Linu vilna

**Kaņepes**

**Pārstrādāta kokvilna**

**Aitu vilna**

**Koka vilna**

Uzputots korķis

Kalcija silikāts

Putu stikls

**Perlīts**

Vermikulīts

**Keramzīts**

Polilaktīds (PLA) (jaunie materiāli)

Vakuuma izolācijas paneļi (VIP)  
(jauni materiāli)

Termoloksnes (jauns materiāls)

Greensulate (sēne) (jauns materiāls)

Aerogels  
(jaunais materiāls)

*Attēls 2. Tirgū pieejamie siltumizolācijas materiāli Piezīme: biežāk izmantotie siltumizolācijas materiāli ir atzīmēti treknrakstā.*

**4.1. Stikla vates siltuma izolācija**

Tas ir visizplatītākais siltuma izolācijas materiāla veids, ko izmanto dzīvojamās, komerciālās vai rūpnieciskās vietās. Stikla vati sauc arī par stikla šķiedras siltuma izolāciju un tā ir izgatavota no līdz 80% pārstrādāta stikla materiāla. Stiku izkausē krāsnī, tad izkusušo masu vērpj vērpšanas iekārtā , lai izveidotu šķiedras. Stikla šķiedras stikla vates izolācijā viedojas miljoniem mazu gaisa kabatu, kurās iestrēgstsgaiss. Stikla vates izolācijas R vērtība svārstās no R1.5 sienām līdz R6.0 griestiem. Stikla vates siltuma izolācija ir salīdzinoši lēta, salīdzinot ar citiem siltuma izolācijas produktiem. Stikla vates siltuma izolācijas produkti ietver; Knauf Earthwool izolācija, Fletcher Pink ruļļi un Bradford siltumizolācija.

**Stikla vates funkcijas un priekšrocības:** augsta siltuma efektivitāte nedegošs, ietaupa enerģiju – zemāki enerģijas rēķini, mīksts, paņemot rokās un instalējot, viegls, lokans un elastīgs.

**4.2. Earthwool izolācija**

Stikla vates izolācija ir vispārēja izolācijas kategorija, bet Earthwool izolācija ir īpašs produkts, ko ražo Knauf Insulation. Tomēr Earthwool siltuma izolācija atšķiras no parastajiem stikla vates produktiem. Earthwool izolācija tiek ražota, izmantojot ECOSE tehnoloģiju, kas ir ilgtspējīga, atjaunojama bioloģiska saistviela, kas nesatur pievienotu formaldehīdu. Netiek izmantotas tradicionālās ķīmiskās benzīna bāzes vielas. Earthwool ir viens no visbiežāk izmantotajiem siltumizolācijas materiāliem dzīvojamās, komerciālās un rūpnieciskās vietās. Pieejams sienu, griestu, grīdas un akustiskie produktu veidi.

**Earthwool īpašības un priekšrocības:** mazkairinošs produkts, tas nozīmē, ka tas ir praktiski niezi neizraisošs, videi draudzīgs dabiska saistviela, kam ir augsta siltuma efektivitāte – komforts visa gada garumā, pieejami akustiskie produkti, nedegošs, 50 gadu garantija, iepakots ar kompresiju – vairāk produkta iepakojumā, bez smaržas.

**4.3. Poliestera izolācija**

Poliesters tiek ražots no vismaz 50% pārstrādātas PET plastmasas, piemēram, dzērienu pudelēm, kas citādi nonāktu atkritumu poligonos. Poliestera šķiedras tiek savienotas, izmantojot karstumu, un netiek izmantotas nekādas saistvielas. Tas nodrošina poliesteram stingru, bet elastīgu struktūru. Poliesters ir populārs siltumizolācijas materiāls, jo tas nesatur elpojošas daļiņas, un to ļoti bieži izvēlas cilvēki ar astmu vai smagu putekļu alerģiju. Poliestera materiāls ir mīksts pieskaroties un neizraisa niezi, tādēļ tas ir lielisks materiāls, ja pats veicat renovāciju vai pārbūvi, jo, ar to strādājot, nav nepieciešams aizsargapģērbs. Salīdzinot ar stikla vati, poliestera siltumizolācijas materiāls var būt dārgāks. Tomēr to var izmantot tādiem pašiem mērķiem kā stiklšķiedras materiālu. Tie ietver: komerciālās un dzīvojamās ēkas. Materiāls ir iepriekš sagriezts, lai tas ietilptu koka rāmji spraišļos sienās, griestos, zemgrīdā un starp starpstāvu grīdu sijām. Poliestera izolācijas produktu piemēri ietver: Bradford Polymax, Autex Greenstuf Polyester un Autex akustiskais diapazons (Quietspace, Etch, Workstation).

**Poliestera īpašības un ieguvumi:** izgatavots no pārstrādātiem materiāliem, pašu produktu var pārstrādāt, nesatur alergēniskas daļiņas, vieglāk elpo, nav toksiskas un nav kairinošas, droši pieskarties, neuzliesmojošs, 50 gadu ilgizturības garantija.

**4.4. Akmens vates izolācija**

Akmens vates izolācija ir izgatavota no akmens, piemēram, bazalta. Akmens vati ražo, vispirms kausējot akmeni un pēc tam vērpjot to augstā temperatūrā, lai radītu šķiedras, kas veido izolācijas paklājus vai ruļļus. Šajā procesā netiek izmantoti saistvielu sveķi. Akmens vates izolācijai ir izcila ugunsizturība, jo ir nedegošs materiāls, nevada siltumu un var izturēt temperatūru, kas pārsniedz 1000°C. Akmens vates izolēšanas spēja, izmantojot šķiedrās iesprostoto gaisu, kas ierobežo siltuma pārnesi. Akmens vates izolācija ir trīs reizes dārgāka nekā stikla vates izolācija. Akmens vate nodrošina augstas R-vērtības, skaņas un ugunsdrošības klases. Akmens vati var izmantot gan dzīvojamās, gan komerciālās telpās, lai gan akmens vati visbiežāk izmanto sienu konstrukcijās starp blakus dzīvokļiem. Daži akmens vates izolācijas piemēri: James HardieFire un Bradford Fireseal.

**Akmens vates funkcijas un priekšrocības:** ļoti izturīga, saskare ar ūdeni negatīvi neietekmē efektivitāti, ugunsizturīga, nedegoša, augsta akustiskā klase, augstas siltumefektivitāte, 10 gadu garantija.

**4.5. Atstarojošā izolācija**

Šo siltuma izolācijas materiālu veidu no atstarojoša alumīnija (vai līdzīga materiāla). Atstarojošajai izolācijai pašai par sevi ir maza R vērtība - ap R1.0. Tomēr, ja to uzstāda pareizi ar slēgtu gaisa kārtu (noblīvētā dobumā bez gaisa kustības), var sasniegt daudz augstākas R vērtības. Papildu R-vērtību nodrošina šī slēgtā gaisa kārta, tāpēc būtībā, jo lielāks slēgtā gaisa kārta, jo lielāka kopējā R-vērtība. Atstarojošā folija palielina mājas siltumizolācijas vērtību, atstarojot siltumu, kas iekļūst ēkā, un to var izmantot komerciālās un dzīvojamās telpās. Atstarojošas izolācijas piemēri: Kingspan gaisa šūnu klāsts un Fletcher izolācijas klāsts.

**Atstarojošās folijas īpašības un priekšrocības:** rentabla, plāna un viegla, tādēļ ar to ir viegli strādāt un uzstādīt, var izmantot kā tvaika barjeru, jo to neietekmē mitrums, nenoārdāma un neuzliesmojoša viela, nav toksiska un kancerogēna, tādēļ uzstādīšana ir drošāku un vienkāršāka, izmantojot mazāk drošības aprīkojumu, tā ir ļoti efektīva siltā klimatā, kur ir noderīgi uzturēt ēkas vēsas.

**4.6. Cietās siltuma izolācijas plāksnes (EPS un XPS)**

Cietās siltuma izolācijas plāksnes ir paredzētas, lai sasniegtu augstas R-vērtības ar mazu biezumu, piemēram, Kingspan Kooltherm un citas ir izstrādātas, lai atstarotu siltumu, piemēram, folijas plāksnes izolācija. Siltumizolācijas plāksnes var radīt stabilu iekštelpu temperatūru, un tās samazina siltuma zudumus ziemā un siltuma palielināšanos vasarā. Izolācijas plāksnēm var būt vai nu slēgtu šūna vai atvērtu šūnu struktūra. Slēgto šūnu struktūra ir cietāka un stingrāka, un tā darbojas kā efektīva tvaika barjera, kas samazina risku, ka mājā varētu iekļūt mitrums. Slēgto šūnu izolācijas plāksnes piemērs ir ekstrudētā polistirola izolācija vai XPS izolācija. No otras puses, atvērto šūnu struktūra ir mīkstāka un atsperīgāka, un siltumizolācijas materiālā ir gaisa spraugas. Slēgto šūnu izolācijas plāksnes piemērs ir putupolistirola izolācija vai EPS izolācija.

Izolācijas plāksnes ir efektīvs siltumizolācijas produkts gan komerciālām, gan dzīvojamām ēkām, un tās ir piemērotas plašam lietojumu klāstam, tostarp: jumtiem, sienām, griestiem, arī katedrāles griestiem, dzīvojamo ēku zemgrīdas konstrukcijām, industriālo rūpnīcu apšuvumam.

**4.7. Aerosola putu izolācija**

Aerosola putas parasti ir dārgākas nekā lielākā daļa citu izolācijas materiālu. To ieklāj ar pūtēju un to izstrādā apmācīts profesionāls personāls. Tas nozīmē, ka kopējās izmaksas var būt augstākas, salīdzinot ar citu siltuma izolējošo materiālu izstrādi. Izsmidzināšanas putas ir labākas, hermetizējot gaisa noplūdes, novēršot ūdens sūces un samazinot pelējuma, sarežģītu jumtu konstrukciju siltināšanā Tas nozīmē, ka pastāv mazākas iespējas sabojāt izolāciju, tāpēc pārbaudes nav jāveic tik bieži. Aerosola putu kalpošanas laiks ir aptuveni 50 gadi, ja to nesaslapina. Aerosola putām tāpat kā cietajām plāksnēm ir divas galvenās kategorijas, ko sauc par atvērto šūnu putām un slēgto šūnu putām. Atvērtā šūnu aerosola putas, pateicoties gaisam, kas iekļūst šūnās, ir blīvākas un porainākas, nodrošinot lielāku skaņu slāpējošu efektu. Atvērto šūnu putas ir lētākas nekā slēgto šūnu izolācija. Tomēr slēgto šūnu struktūra ir stingrāka un cietāka, tādēļ tās labāk notur gaisu un ūdeni no ieplūšanas Jūsu mājās. Putu aerosols ir efektīvs siltumizolācijas materiāls dzīvojamās mājās un ir piemērots rekonstrukcijas darbiem.

**Aerosola putu izolācijas īpašības un priekšrocības:** samazina enerģijas rēķinus, hermetizē, samazinot gaisa velkmi mājā, novērš pelējuma augšanu, garš kalpošanas laiks - līdz apm. 50 gadiem, videi draudzīgs produkts

**4.8. Kokšķiedras materiāls**

Izejvielas kokšķiedras izolācijas materiālam tiek iegūtas no ilgtspējīgas mežsaimniecības, kas atbilst FSC (Mežu uzraudzības padomes) stingrajām prasībām. FSC® mērķis ir veicināt videi draudzīgu, sociāli atbildīgu un ekonomiski ilgtspējīgu meža apsaimniekošanu. Līdz ar to tie, kas izmanto kokšķiedras izolācijas materiālus, dod ievērojamu ieguldījumu klimata aizsardzībā. Vidējs koks augšanas laikā uzglabā aptuveni 1 tonnu CO² un vienlaikus saražo 0,7 tonnas skābekļa. CO², kas tiek uzglabāts kokos oglekļa veidā, saglabājas arī gatavajā produktā – kamēr no jauna iestādītie koki turpina absorbēt siltumnīcefekta gāzi CO² no atmosfēras.

Kokšķiedras izolācijas materiālus raksturo laba izturība pret saspiešanu, kā arī izmēru stabilitāte. Pēc sagriešanas detaļas saglabā formu un tās ir droši uzstādīt pat griestos. Pateicoties izolācijas materiāla elastīgajai struktūrai, vismazākos nelīdzenumus var viegli izlīdzināt. Materiāls tiek izmantots kā plāksnes vai ielocīts starp koka spraišļiem.

**4.9. Celulozes/ papīra šķiedras**

Celulozes / papīra šķiedras izolācijas materiālu īpašības ir līdzīgas kokšķiedras izolācijas materiāliem. Materiāls ir izgatavots no pārstrādātas makulatūras (avīzēm), kam pievienotas antifungicīdu un antipirīna ķīmiskās vielas. Ekoloģiska izolācija, kas izgatavota no pārstrādāta papīra un ķīmiskām vielām un kas nesatur boru.

**Pielietošanas jomas** - gaisa injicēta izolācija jumta, sienu un griestu koka rāmjos. Vaļēji izpūsta izolācija bēniņu grīdās. Saliekamo sienu un jumtu konstrukcijas. Ideāls siltinājums, veicot jumtu un grīdu renovāciju. Bez savienojumiem, bez griešanas, izolē visu izmēru kasetes, augstas kvalitātes celuloze, pateicoties mūsdienu ražošanas iekārtām, lieliska izolācija ziemā, lieliska aizsardzība pret karstumu vasarā, ūdens tvaiku atvērts veselīgam iekšējam klimatam, ilgtermiņa noturība pret noslīdēšanu ar minimālu materiāla patēriņu, piemērots lietošanai ar visu izmēru mašīnām, apmācīts uzstādītāju tīkls nodrošina augstas kvalitātes uzstādīšanu

**4.10. Vispārēji izolācijas materiāli, "R" vērtības, priekšrocības un trūkumi**

Daži no biežāk izmantotajiem izolācijas materiāliem ir salīdzināti zemāk tabulā, norādot konkrētā veida relatīvās izolācijas vērtības, kā arī priekšrocības un trūkumus. Kopumā dārgāki materiāli, piemēram, poliuretāna putas ir efektīvāki izolatori, ņemot vērā biezumus. Izmantojot klasifikācijas “R vērtību” sistēmu (sk. 2. punktā dotās definīcijas), dažādiem izolācijas materiālu veidiem var panākt līdzvērtīgu “R vērtību”.

**Tabula 1.** Vispārēji izolācijas materiāli, "R" vērtības, priekšrocības un trūkumi

| **Izolācijas materiāls** | **R vērtība, 25mm** | **Priekšrocības** | **Trūkumi** |
| --- | --- | --- | --- |
| Poliuretāns, loksne | 6,25 | Ļoti laba R vērtība, var izmantot ar stiklšķiedras sveķiem | Ne vienmēr ir viegli pieejams, salīdzinoši dārgs |
| Poliuretāns, aerosols | 7,0 | Ļoti laba R vērtība, var izmantot ar stiklšķiedras sveķiem, vienkārša uzklāšana, izmantojot smidzināšanas aprīkojumu | Ne vienmēr ir viegli pieejams, dārgs, nepieciešams īpašs smidzināšanas aprīkojums |
| Poliuretāns, šķidrs (divdaļīgā ķīmiskā viela) | 6,6 | Ļoti laba R vērtība, var izmantot ar stiklšķiedras sveķiem, relatīvi vienkārša uzklāšana | Ne vienmēr ir viegli pieejams, dārgs, nepieciešami ļoti rūpīgi tilpuma aprēķini |
| Polistirols, loksnes (gludas) Tirdzniecības nosaukums “Styrofoam” | 5,0 | Viegli pieejams, zemas izmaksas, saprātīga R vērtība | Nevar izmantot ar stikla šķiedras sveķiem, ja vien tas netiek aizsargāts, viegli sabojāt |
| Polistirols, uz vietas uzputotas un izpūstas lodītes. Pazīstams kā Isopor, Polypor, u.c. | 3,5 līdz 4,0 | Saprātīgas R vērtības, zemākas izmaksas nekā loksnēm ar gludu virsmu | Nevar izmantot ar stikla šķiedras sveķiem, ja vien tas netiek aizsargāts, viegli sabojāt |
| Korķa plāksne | 3,33 | Pieeja daudzos tirgos, saprātīgas izmaksas, var pārklāt stiklšķiedru | Zemākas R vērtības nekā poliuretāna vai stirola putām |
| Stiklšķiedras vilnas ruļļi | 3,3 | Zemas izmaksas, viegla uzstādīšana | Viegli absorbē ūdeni vai citus šķidrumus, pēc saslapšanas zaudē izolācijas vērtību |
| Akmens vates ruļļi | 3,7 | Tāpat kā iepriekš | Tāpat kā iepriekš |
| Koka skaidas | 2,2 | Viegli pieejams, zemas izmaksas, nav alerģisks | Pēc saslapšanas absorbē mitrumu un zaudē r-vērtības, trūd |
| Kokšķiedras materiāls | 3,33 | Viegli pieejams, zemas izmaksas, nav alerģisks | Pēc saslapšanas absorbē mitrumu un zaudē r-vērtības, trūd |
| Celulozes/ papīra šķiedras | 4,16 | Viegli pieejams, zemas izmaksas, nav alerģisks | Pēc saslapšanas absorbē mitrumu un zaudē r-vērtības, trūd |
| Zāģu skaidas | 2,44 | Viegli pieejamas, zemas izmaksas | Pēc saslapšanas absorbē mitrumu un zaudē r-vērtības, vibrācijas ietekmē sablīvējas |
| Salmi | 4,75 | Viegli pieejamas, zemas izmaksas | Pēc saslapšanas absorbē mitrumu un zaudē r-vērtības, tajos mīt insekti u.c. |
| Gaisa sprauga | ~1.0 | Bez maksas | Jābūt pilnīgi hermetizētam, lai novērstu gaisa cirkulāciju, kas izraisa siltuma infiltrāciju |

1. **Materiālu pielietojums**

| **Tips** | **Materiāls** | **Kur var pielietot?** | **Uzstādīšanas metode** | **Priekšrocības** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| [**Sega: paklāji un ruļļi**](https://www.energy.gov/energysaver/weatherize/insulation/types-insulation#batts) | Stiklšķiedra  Minerālvate (akmens vai sārņu)  Plastmasas šķiedras  Dabīgās šķiedras | Nepabeigtas sienas, ieskaitot pamatu sienas  Grīdas un griesti | Uzstādīts starp spraišļiem, spārēm un sijām. | Var darīt pats.  Piemērots standarta atstarpēm starp spraišļiem un sijām, kurās praktiski nav šķēršļu. Salīdzinoši lēti. |
| [**Betona bloku izolācija**](https://www.energy.gov/energysaver/weatherize/insulation/types-insulation#concreteblock)  **un betona bloku izolēšana** | Putu plāksne, kas jānovieto sienas ārpusē (parasti jauna konstrukcija) vai sienas iekšpusē (esošās mājas):  Daži ražotāji betona maisījumā ietver putu lodītes vai gaisu, lai palielinātu R vērtības | Nepabeigtas sienas, ieskaitot pamatu sienas  Jaunbūve vai plaša renovācija  Sienas (izolācijas betona bloki) | Nepieciešamas specializētas prasmes  Izolācijas betona bloki dažkārt tiek krauti viens uz otra, neizmantojot javu (sausā kraušana) un nesasaistot virsmas. | Izolācijas kodols palielina sienas R-vērtību.  Siltinot betona bloku sienas ārpusi, kondicionētajā telpā tiek ievietota masa, kas var Izolācijas ārpus betona bloka sienas vietas masu iekšpusē kondicionētu telpu, kas var izlīdzināt iekštelpu temperatūru.  Autoklavētiem gāzbetona un autoklavētiem šūnbetona mūra blokiem ir 10 reizes lielāka izolācijas vērtība nekā parastam betonam. |
| [**Putu plāksnes vai cietās putas**](https://www.energy.gov/energysaver/weatherize/insulation/types-insulation#foam) | Polistirols  Poliizocianurāts  Poliuretāns | Nepabeigtas sienas, ieskaitot pamatu sienas  Grīdas un griesti  Neventilēti lēzeni jumti | Lietošana iekštelpās: jāpārklāj ar 1/2 collu ģipša loksni vai citu būvniecības kodeksā apstiprinātu materiālu, lai garantētu ugunsdrošību.  Lietošana ārā: jāpārklāj ar apšuvumu, kas ir noturīgs pret laikapstākļu iedarbību. | Augsta izolācijas vērtība, ņemot vērā salīdzinoši mazo biezumu.  Var bloķēt siltuma īsslēgumus, ja uzstāda nepārtraukti virs rāmjiem vai sijām. |
| [**Izolācijas betona veidņi (ICF)**](https://www.energy.gov/energysaver/weatherize/insulation/types-insulation#icf) | Putu plāksnes vai putuplasta bloki | Nepabeigtas sienas, ieskaitot pamatu sienas jaunbūvēs | Uzstāda kā daļu no ēkas konstrukcijas. | Izolācija tiek burtiski iebūvēta mājas sienās, radot augstu siltumizturību. |
| [**Brīvs iepildīts un iepūsts**](https://www.energy.gov/energysaver/weatherize/insulation/types-insulation#loosefill) | Celuloze  Stiklšķiedra  Minerālvate (akmens vai sārņu) | Norobežotas esošās sienas vai atvērti jaunu sienu dobumi  Nepabeigtas bēniņu grīdas  Citas grūti sasniedzamas vietas | Iepūš, izmantojot īpašu aprīkojumu, dažreiz ieber. | Laba opcija, lai pievienotu izolāciju esošām gatavām vietām, neregulāras formas vietām un ap šķēršļiem. |
| [**Atstarojošā sistēma**](https://www.energy.gov/energysaver/weatherize/insulation/types-insulation#radiant) | Kraftpapīrs ar folijas virspusi, plastmasas plēve, polietilēna burbuļi vai kartons | Nepabeigtas sienas, griesti un grīdas | Folijas, plēves vai papīri, kas uzstādīti starp koka karkasa spraišļiem, sijām, spārēm un šķērssijām. | Var darīt pats.  Piemērots rāmjiem ar standarta atstarpi.  Burbuļa forma ir piemērota, ja rāmis ir neregulārs vai ja ir šķēršļi.  Visefektīvākais variants, lai novērstu siltuma plūsmu uz leju, efektivitāte ir atkarīga no atstarpes. |
| [**Stingri šķiedraina vai šķiedru izolācija**](https://www.energy.gov/energysaver/weatherize/insulation/types-insulation#rigidfiber) | Stiklšķiedra  Minerālvate (akmens vai sārņu) | Cauruļvadi nekondicionētās telpās  Citas vietas, kur nepieciešama izolācija, kas var izturēt augstu temperatūru | Apkures, ventilācijas un gaisa kondicionēšanas sistēmu tehniķi izveido izolāciju cauruļvados vai nu savās darbnīcās vai objektā. | Var izturēt augstu temperatūru. |
| [**Izsmidzinātas putas un uzputotas uzstādīšanas vietā**](https://www.energy.gov/energysaver/weatherize/insulation/types-insulation#sprayedfoam) | Cementējošas  Fenola  Poliizocianurāts  Poliuretāns | Slēgta esošā siena  Atvērti jauni sienas dobumi  Nepabeigtas bēniņu grīdas | Uzklāj, izmantojot nelielus aerosola konteinerus, vai lielākos daudzumos kā izsmidzinātu (uzputotu uzklāšanas vietā) produktu. | Laba opcija, lai pievienotu izolāciju esošām gatavām vietām, neregulāras formas vietām un ap šķēršļiem. |
| [**Strukturāli izolējoši paneļi (SIP)**](https://www.energy.gov/energysaver/weatherize/insulation/types-insulation#sips) | Putu plāksne vai šķidrs putu izolācijas kodols  Salmu kodola izolācija | Nepabeigtas sienas, griesti, grīdas un jumti jaunbūvēs | Būvstrādnieki uzstāda SIP kopā, lai veidotu mājas sienas un jumtu. | SIP būvētas mājas nodrošina izcilu un vienmērīgu izolāciju, salīdzinot ar tradicionālākām būvniecības metodēm; to izbūvei nepieciešams arī mazāk laika. |

Siltumizolācijas materiāla ekonomiskais biezums nozīmē izvēlēties izolācijas biezumu, kas nodrošina minimālās kopējā dzīves cikla izmaksas. Ekonomiku var izmantot, lai:

1. izvēlētos optimālo siltuma izolācijas biezumu konkrētai izolācijai,
2. novērtētu divus vai vairākus izolācijas materiālus, lai noteiktu viszemākās izmaksas par noteikta līmeņa siltumefektivitāti.

Jebkurā gadījumā ekonomiskie apsvērumi nosaka izmaksu ziņā visefektīvāko izolācijas risinājumu noteiktā laikposmā. Dzīves cikla izmaksas ņem vērā izolācijas sistēmas sākotnējās izmaksas, kam pieskaita enerģijas ietaupījumus paredzamajā ekspluatācijas laikā. Ekonomiskais biezums tiek definēts kā biezums, kas samazina kopējās dzīves cikla izmaksas. 2. attēlā parādītas uzstādīšanas izmaksas vairāku slāņu izolācijai. Līkņu slīpums ir pārtraukts un palielinās, palielinoties slāņu skaitam, jo darbaspēka un materiālu izmaksas straujāk palielinās, pieaugot biezumam. Izmaksas par uzstādītās izolācijas darbu un materiālu pieaug līdz ar materiāla biezumu. Izolācija bieži tiek uzklāta vairākos slāņos:

1. jo materiāli netiek ražoti pietiekamā biezuma vienā slānī
2. daudzos gadījumos, lai pielāgotos izolācijas un sistēmas komponentu izplešanai un saraušanai.

2. attēlā parādītas kopējās ekspluatācijas izmaksu, izolācijas izmaksu un zaudētās enerģijas izmaksu līknes. Punkts A uz kopējo izmaksu līknes atbilst ekonomiskās izolācijas biezumam, kas šajā piemērā ir dubultā slāņa diapazonā. Apskatot aprēķināto ekonomisko biezumu kā minimālo biezumu, tiek nodrošināta aizsardzība pret neparedzētiem kurināmā cenu kāpumiem, kā arī taupīta enerģija.



Izmaksas par siltumu, ko veido ēkas siltuma zudumi pēc siltināšanas

A

Siltuma izolācijas biezums

3. siltuma izolācijas materiāla slānis

Izolācijas materiāla izmaksas

2. siltuma izolācijas materiāla slānis

1. siltuma izolācijas materiāla slānis

Kopējās izmaksas

Izmaksas gadā

*Attēls 2. Siltumizolācijas materiālu ekonomiskā biezuma noteikšana – punkts A*

Sākotnēji, uzklājot siltuma izolāciju, kopējās ēkas dzīves cikla izmaksas samazinās, jo iegūtie enerģijas ietaupījumi pārsniedz papildu izolācijas izmaksas. Turpinot palielināt siltuma izolācijas materiāla biezumu,samazinās kopējās izmaksas līdz biezumam, kur kopējās izmaksas izmaiņas ir vienādas ar nulli. Turpinot palielināt siltuma izolācijas materiāla biezumu, tālāku siltuma samazinājumu nevar iegūt. Pie kam papildu siltuma izolācijas izmaksas pārsniedz papildu enerģijas ietaupījumus, kas iegūti, pievienojot vēl vienu izolācijas pieaugumu. Tādēļ, ēkas siltināt, kurās ir sasniegts “A” punkts nav ekonomiski izdevīgi.

1. **Defekti siltuma izolācijas sistēmās – siltuma zudumi**

Vadītspējas zudumus caur ēkas konstrukciju var iedalīt divās kategorijās:

1. Parastie siltuma zudumi: caur ēkas konstrukcijas galvenajiem elementiem (jumts, sienas, logi un grīda). Reizinot konstrukcijas U-vērtību (W/m2K) ar šīs konstrukcijas laukumu, var aprēķināt siltuma zudumus (W/K).

2. Termisko tiltu radītie siltuma zudumi: caur stūriem, salaidumiem un konstrukcijas elementiem, kas iespiežas siltuma izolācijas slānī vai izvietoti cauri siltuma izolācijas slānim. Šie tilti ir izveidoti ēkas projektēšanas stadijas laikā.

Parastos siltuma zudumus ir salīdzinoši viegli novērst, uzliekot papildu siltumizolācijas materiāla slāni.

Termiskais tilts rodas, ja starp materiāliem un konstrukcijas virsmām ir plaisa. Galvenie termiskie tilti ēkā atrodas pie apšuvuma un grīdas, apšuvuma un šķērssienu savienojumiem; pie apšuvumiem un jumtiem, apšuvumiem un zemām grīdām. Tie sastopami arī visās vietās, kur ir caurumi (durvis, logi, lodžijas u.c.). Tie ir strukturālie termiskie tilti. Šo termisko tiltu svarīgums ir atkarīgs no sienas vai jumta veida (izolēts vai neizolēts).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Termiskie tilti |  | Seite_7_Bild_6 |
| A. |  | B. |

*Attēls 3. Termiskie tilti konstrukcijā. A. skatoties ar termisko kameru, tie atzīmēti zilā krāsā (istabas skata iekšpusē); B. fotogrāfijā redzams* *pelējuma veidojums uz betona plātnes griestiem pie iedarbībai pakļautās plātnes malas siltuma tilta. Šeit bieži veidojas kondensāts, tādēļ iekštelpu virsmas temperatūras ir zemākas.*

Ēkā, kas nav pienācīgi izolēta, siltuma tilti rada salīdzinoši zemus zudumus (parasti zem 20%), jo kopējie zudumi caur sienām un jumtu ir ļoti augsti (apmēram >1W/m2K).

Tomēr, ja sienas un jumts ir ļoti labi izolēti, siltuma tilta radīto zaudējumu proporcija paaugstinās (vairāk nekā 30%), bet vispārējie zudumi ir ļoti zemi (mazāk nekā 0,3 W/m2K). Tādēļ ēkās ar zemu enerģijas patēriņu ir svarīgi, lai sienām un jumtam būtu augsta siltuma pretestība, lai siltuma zudumu salaidumu vietās būtu zemi.

**Integrēti termiskie tilti - siltumizolācijas kļūdas tiek pieļautas projektēšanas stadijā**

Sienas vai grīdas gandrīz vienmēr sastāv no vairākiem komponentiem, kas ir salīmēti, saskrūvēti vai mehāniski samontēti. Ja tie nav kārtīgi izprojektēti, šīs montāžas sistēmas var veidot termiskos tiltus sistēmā, no šejienes cēlies to nosaukums - integrēti termiskie tilti.



*Attēls 4. Balkona termiskā tilta infrasarkanā skenēšana, kur temperatūras ir augstākas pie ārējās plāksnes.*

**Kā rīkoties ar termiskajiem tiltiem?**

Projektēšanas līmenī obligāti jāizvēlas būvniecības procesi un konstrukcijas , kas pēc iespējas samazina virsmas zudumus un integrē vismazākos iespējamos zudumus šo virsmu salaidumos. Rekomendācija ir veidot tādas ēkas arhitektūru, kas būtu ar iespējami maz stūriem un ārējiem izvirzījumiem. Termisko tiltu izpētei ir radītas datorprogrammas, piemēram ACCA Software radītais produkts TerMus Bridge.

1. **Izmantotie informācijas avoti**
2. Steico Steico.com
3. Benjamin Durakovic, Gökhan Yildiz, Mohamed E Yahia (2020) Comparative Performance Evaluation of Conventional and Renewable Thermal Insulation Materials Used in Building Envelope. ISSN 1330-3651 (Print), ISSN 1848-6339 (Online). Accs: [*https://hrcak.srce.hr/file/340548*](https://hrcak.srce.hr/file/340548) DOI: [*https://doi.org/10.17559/TV-20171228212943*](https://doi.org/10.17559/TV-20171228212943)
4. Climat technology centre & network (2021) Building envelope thermal insulation. Accs. <https://www.ctc-n.org/technologies/building-envelope-thermal-insulation>
5. Energy gov (2020) Types of Insulation. Accs. <https://www.energy.gov/energysaver/weatherize/insulation/types-insulation>
6. Ing dep (2017) Termiskie tilti (Thermal bridges). In Latvian. Accs. <http://www.ingdep.lv/lv/termiskie-tilti>
7. Saint Gobain Isover (2020) What is a termal bridge? Accs. <https://www.isover.com/what-thermal-bridge>
8. *ASHRAE (2013) Handbook: Fundamentals, I-P Edition ISBN 978-1-936504-46-6 or ISSN 1523-7230*
9. Engineering tool box. Thermal Conductivity of some selected Materials and Gases. Accs. <https://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html>
10. Passipedia (2019) Heating load in Passive Houses. Accs. <https://www.passipedia.org/basics/building_physics_-_basics/heating_load>
11. Dylewski R. and Adamczyk J. (2011) Economic and environmental benefits of thermal insulation of building external walls. Building and Environment, Vol.46, Issue 12, December 2011, Pages 2615-2623
12. Building energy rating Ireland (2011) BER Certs. Accs. <http://www.buildingenergyireland.ie/BERCerts.htm>
13. ACCA Software. TerMus Bridge,. Accs: https://www.accasoftware.com/en/trial/termus-bridge