

**LUENTOMATERIAALI**

Opintoyksikkö 3

LUENTO 7: PUUPOHJAINEN LÄMPÖ- JA ÄÄNIERISTYS KOKOONPANOSSA

UPWOOD

*Rakennustyöntekijöiden ammattitaidon lisääminen energiatehokkaan puurakentamisen menetelmissä*

UPWOOD

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

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

*methods for energy-efficient buildings*

UPWOOD

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

*methods for energy-efficient buildings*

UPWOOD

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

*truction methods for energy-efficient buildings*

UPWOOD

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

*methods for energy-efficient buildings*

UPWOOD

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

*methods for energy-efficient buildings*

UPWOOD

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

*methods for energy-efficient buildings*

UPWOOD

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

Sisällys

[1. Sisällys 1](#_Toc100487199)

[2. Johdanto 2](#_Toc100487200)

[3. Käsitteet 3](#_Toc100487201)

[4. Rakennusten lämmöneristyksen edut 5](#_Toc100487202)

[5. Eristysmarkkinoilla saatavilla olevat materiaalit 7](#_Toc100487203)

[4.1. Lasivillaeristys 9](#_Toc100487204)

[4.2. Maavillaeristys 9](#_Toc100487205)

[4.3. Polyesterieristys 9](#_Toc100487206)

[4.4. Kivivillaeristys 10](#_Toc100487207)

[4.5. Heijastava kalvoeristys 11](#_Toc100487208)

[4.6. Jäykät eristyslevyt (EPS ja XPS) 11](#_Toc100487209)

[4.7. Vaahtoeristys 12](#_Toc100487210)

[4.8. Puukuidut 12](#_Toc100487211)

[4.9. Selluloosa- ja paperikuidut 13](#_Toc100487212)

[4.10. Yleiset eristysmateriaalit, R-arvot sekä niiden edut ja haitat 13](#_Toc100487213)

[6. Materiaalien käyttö 15](#_Toc100487214)

[7. Virheet eristysjärjestelmissä ja lämpöhäviöt 19](#_Toc100487215)

[8. Usein kysytyt kysymykset 22](#_Toc100487216)

[9. Tapaustutkimukset 23](#_Toc100487217)

[9.1. Tapaustutkimus 1 23](#_Toc100487218)

[9.2. Tapaustutkimus 2 24](#_Toc100487219)

[10. Monivalintakysymykset 25](#_Toc100487220)

[11. Tapaustutkimusten analysointi 26](#_Toc100487221)

[12. Lähteet 27](#_Toc100487222)

1. **Johdanto**

Lämmöneristys määritellään lämmönsiirron vähentämiseksi (lämpöenergian siirto erilämpöisten kohteiden välillä) lämpökontaktissa olevien kohteiden välillä.

Avainkohdat:

* Fossiilisista polttoaineista saatavan energian määrän vähentäminen on tärkein kestävän kehityksen edistäjä.
* Eristyksellä on suurimmat mahdollisuudet vähentää CO2-päästöjä.
* Eristyksen avulla säästetty energia ylittää huomattavasti sen valmistuksessa käytetyn energian. Vasta kun rakennus saavuttaa ns. "Low-Heat" -standardin, eristeen sisältämä hiili tulee merkittäväksi.
* Vähentää ulkoa tulevaa ja ulos lähtevää ääntä.
* Rakennuksen paloturvallisuuden parantaminen.

1. **Käsitteet**

Eristysmateriaalien ja rakennusmateriaalien lämpöominaisuudet tunnetaan tai ne voidaan mitata tarkasti. Lämmönsiirron (virtauksen) määrä minkä tahansa materiaaliyhdistelmän läpi voidaan laskea. On kuitenkin välttämätöntä tuntea ja ymmärtää tietyt tekniset termit, jotta voidaan laskea lämpöhäviöt ja ymmärtää niihin liittyvät tekijät.

**Lämpöenergia**

Yksi kilokalori (1 kcal tai 1 000 kaloria) on lämmön (energian) määrä, joka tarvitaan nostamaan yhden kilogramman vettä lämpötilaa yhdellä celsiusasteella [°C]. Energian SI-standardiyksikkö on Joule [J]. Yksi kcal on noin 4,18 kJ (tämä vaihtelee hieman lämpötilan mukaan). Toinen yksikkö on Btu (brittiläinen lämpöyksikkö). Yksi Btu vastaa karkeasti yhtä kiloJoulea.

**Muunnostaulukko työn, energian ja lämmön yksiköille**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **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 |

Lähde: <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/>

**Lämmönjohtavuus (k-arvo)**

Yksinkertaisesti sanottuna tämä on mitta materiaalin kyvystä johtaa lämpöä massansa läpi. Erilaisilla eristysmateriaaleilla ja muilla materiaaleilla on omat lämmönjohtavuusarvot, joita voidaan käyttää niiden eristystehokkuuden mittaamiseen. Se voidaan määritellä lämmön/energian määräksi (ilmaistuna kcal, Btu tai J), joka voidaan johtaa aikayksikkönä materiaalin yksikköpaksuuden pinta-alan läpi. Lämmönjohtavuus voidaan ilmaista yksiköissä [kcal/m°C], [Btu/ft°F] ja SI-järjestelmässä watteina [W/m°C]. Lämmönjohtavuus tunnetaan tutummin myös k-arvona.

**Lämmönjohtavuuskerroin "λ" (kcal /m2h°C)**

Tätä kutsutaan nimellä λ (kreikkalainen kirjain lambda) ja se määritellään lämmön määräksi (kcal), joka johdetaan tunnissa 1 m2:n materiaalin läpi, jonka paksuus on 1 m kun lämpötila putoaa materiaalin läpi tasaisissa olosuhteissa, jossa lämpövirta on 1°C. Lämmönjohtavuus määritetään testeillä ja se on minkä tahansa materiaalin perusluokitus. l voidaan ilmaista myös [Btu/ft2h°F] (Brittiläisen lämpöyksikkö neliöjalkaa kohti, tunti ja Fahrenheit-aste) tai SI-yksiköinä [W/m2K] Kelvineinä.

**Lämpövastus**

Lämpöresistanssi on k-arvon käänteisluku (1/k).

**R-arvo**

Lämpövastus (R-arvo) on l:n (1/l) käänteisluku ja sitä käytetään minkä tahansa materiaalin tai komposiittimateriaalin lämpövastuksen laskemiseen. R-arvo voidaan määritellä yksinkertaisella tavalla vastukseksi, jonka mikä tahansa materiaali tarjoaa lämpövirtaukselle. Hyvällä eristemateriaalilla on korkea R-arvo. Muilla kuin 1 m:n paksuudella R-arvo kasvaa suoraan suhteessa eristemateriaalin paksuuden kasvuun. Tämä on x/l, missä x tarkoittaa materiaalin paksuutta metreinä.

**Lämmönläpäisykerroin (U) (kcal/m2h°C)**

Symboli U ilmaisee materiaalin tai materiaaliyhdistelmän minkä tahansa osan lämmönläpäisykerrointa. U:n SI-yksiköt ovat kcal poikkileikkauksen neliömetriä kohti tunnissa per Celsius-aste, sisäilman lämpötilan ja ulkoilman lämpötilan välinen ero. Se voidaan ilmaista myös muissa yksikköjärjestelmissä. U-kerroin sisältää seinien tai lattian molempien pintojen lämpövastuksen sekä yksittäisten kerrosten ja itse seinään tai lattiaan sisältyvien ilmatilojen lämmönvastuksen.

1. **Rakennusten lämmöneristyksen edut**

1. Rakennuksissa käytettävien lämmöneristysmateriaalien ensisijainen tehtävä vähentää lämmön siirtymistä rakennuksen seinien läpi. Rakennuksen seinien eristys voi vähentää rakennukseen tulevan lämmön tai kylmän määrää ja siten vähentää jäähdytyslämmön määrää pitää rakennuksen sisällä miellyttävän ilmaston (n. 20-240 Celsius-astetta).



*Kuva 1. Lämpöhäviöt rakennuksessa.*

2. Rakennuksen seinien lämpöeristyksellä on merkittävä vaikutus rakennusten lämpöenergian kulutuksen vähentämiseen, mikä johtaa CO2-päästöjen vähenemiseen.

3. Energiatehokkuus lämpöeristyksellä

Fossiiliset polttoaineet, kuten öljy ja maakaasu, kulutetaan nykyään nopeasti pois, koska ne täyttävät merkittävän osan maailman energiantarpeesta, ja joilla on rajalliset resurssit. Maailmassa, jossa resurssit vähenevät vähitellen, vaikka energiantarve kasvaa jatkuvasti, energian tehokkaan käytön varmistamiseksi sovelletaan laajaa valikoimaa sovellutuksia. Lämmöneristys on etusijalla yhtenä menestyneimmistä energiansäästövälineistä.

4. Vahvemmat ja pidempään kestävät rakennukset

Lämmöneristys vähentää lämmön liikkeitä ja höyryn tiivistymistä. Siksi se estää kosteuden, homeen, jäätymisen, rakennuksessa mahdollisesti ilmenevän muodonmuutoksen ja korroosion aiheuttaman rautaosien heikkenemisen sekä auttaa itsessään rakennuksen säilyttämisen. Rakennuksella on pidempi käyttöikä ja parantunut kestävyys lämpöeristyksen ansiosta, mikä edistää myös maanjäristysturvallisuutta.

5. Positiivinen vaikutus ihmisten terveyteen

Homogeeninen lämmön jakautuminen sisätilojen välillä oikealla lämpöeristyksellä lisää viihtyisyyttä asuintiloissasi.

Lisäksi rakennuksen ulkopuolinen lämmöneristys vaikuttaa myönteisesti ihmisten terveyteen estämällä sellaisia tekijöitä kuin kosteus, home, sieni, kosteus, pöly, melu ja ilmansaasteet, joilla voi olla haitallisia vaikutuksia ihmisten terveyteen.

6. Ympäristö- ja ekologinen tasapaino

Lämmöneristyssovellukset auttavat suojelemaan ekologista tasapainoa. Vähimmäisenergiaa käytetään lämpöeristettyjen rakennusten lämmitykseen, jäähdytykseen ja ilmastoimiseen sekä fossiilisten polttoaineiden, kuten hiilen ja maakaasun, kulutuksen vähentämiseen. Tämän seurauksena hiilidioksidin (CO2), rikkidioksidin (SO2) ja muiden haitallisten kasvihuonekaasujen ilmakehään leviäminen minimoidaan ja negatiivinen vaikutus ekologiseen tasapainoon vähenee.

Kun rakennat lämpöeristystä oikein valitulla ja sopivalla tekniikalla, hyödynnät koko energiankulutuksen lämmitykseen tai jäähdytykseen. Näin voit minimoida vaikutuksen ympäristön saastumiseen tuhlaamatta energiaa.

7. Apua äänieristykseen

Lämmöneristys vähentää melua sekä ulkopuolelta tulevia säävaikutuksia; siksi se auttaa ehkäisemään melun haitallisia vaikutuksia ihmisiin. Lisäksi lämmöneristyssovellukset rakennusraoissa, kuten hisseissä, portaissa ja asennuksissa, estävät äänenpoistosuppilon syntymisen.

8. Panostus kansan- ja perhetalouteen

Ylläpito- ja korjauskustannuksia pienentää lämpöeristys, joka suojaa rakennustasi ulkoisilta tekijöiltä. Se vähentää fossiilisten polttoaineiden tuontia ja maamme riippuvuutta ulkomailta, sillä se varmistaa energiavarojen optimaalisen käytön. Lisäksi se edistää taloutta vähentämällä rakennusenergian ja perheiden terveydenhuoltokuluja.

Jotta voit valita parhaan eristtystyypin, sinun on ensin määritettävä seuraavat asiat:

* Minne haluat tai haluat asentaa/lisätä erityksen,
* Suositellut R-arvot alueille, jotka haluat eristää.

1. **Eristysmarkkinoilla saatavilla olevat materiaalit**

Teolliset eristetuotteet luokitellaan suurelta osin kolmeen ryhmään – epäorgaaniset tai mineraalikuidut, solumuovi ja kasvi-/eläinperäiset.

**Epäorgaanisia tai mineraalikuitutuotteita** ovat kivivilla, kuonavilla ja lasivilla, jotka voidaan saada kierrätysjätteestä. Nämä materiaalit sulatetaan korkeissa lämpötiloissa, kehrätään kuiduiksi ja sitten niihin lisätään sideainetta jäykkien levyjen ja eristelevyjen muodostamiseksi. Jos mineraalikuitu poistetaan asianmukaisissa olosuhteissa, se voidaan käyttää uudelleen ja kierrättää sen käyttöiän päätyttyä.

**Perokemialliset tai solumuovituotteet** ovat öljyperäisiä ja sisältävät jäykkää polyuretaania, fenliciä, paisutettua polystyreeniä ja ekstrudoitua polystyreeniä. Tuotteita on saatavana irtotäytteinä, jäykinä levyinä ja vaahtomuovina. Aikaisemmin tuotantoprosessissa käytettiin otsonikerrosta heikentäviä aineita, kuten HCFC-yhdisteitä. Tuotantoprosessissa on kuitenkin siirrytty neutraalien hiilivetyjen käyttöön. Sellaisenaan solumuovista valmistettuja eristetuotteita hankittaessa on tärkeää varmistaa, että määritellyillä tuotteilla on tuotantoprosesseja, joissa ei käytetä otsonikerrosta heikentäviä aineita. Solumuovituotteet voidaan kierrättää, mutta se on työläs prosessi. Se soveltuu paremmin solumuovituotteisiin, jotka poltetaan energian talteenottoon niiden elinkaaren lopussa.

**Luonnonkuiduista tai uusiutuvista kuiduista** johdettuja tuotteita ovat selluloosakuitu, lampaanvilla, puuvilla ja pellava. Näiden tuotteiden energiatehokkuus on alhainen, koska materiaalit voidaan hankkia uusiutuvista raaka-aineista. Tuotteet ovat kuituja, vanuja tai puristettua kartonkia. Niiden tuotantoon liittyy kemiallinen käsittely asianmukaisten ominaisuuksien, kuten palonkestävyyden ja tuholaisten välttämisen, varmistamiseksi. Sellaisenaan sitä on elinkaaren lopussa vaikea käyttää energian talteenottoon polttamalla.

**Eristysmateriaalit**

**Orgaaniset**

**Epäorgaaniset**

**Uusiutuvat**

**Petrokemiallinen**

**Lasivilla**

**Kivivilla**

**Polystyreeni (EPS)**

**Polystyreeni (XPS)**

Fenoliformaldehydi (PF)

**Polyuretaani**

**Polyisosyanuraatti**

Urea-formaldehyli (UF)

**Selluloosa**

Kookos

Pellavavilla

**Hamppu**

**Kierrätetty puuvilla**

**Lampaanvilla**

**Puuvilla**

Korkki

Kalsiumsilikaatti

Vaahtolasi

**Perliitti**

Vermikuliitti

**Savikiviaines**

Polymaitohappo (PLA) (uusi materiaali)

Tyhjiöeristyspaneelit (VIP)

(uusi materiaali)

Lämpöarkit

(uusi materiaali)

Greensulate (Sieni) (uusi materiaali)

Aerogel   
(uusi materiaali)

*Kuva 2. Markkinoilla olevat lämmöneristysmateriaalit. Huom. Useammin käytetyt eristemateriaalit on merkitty lihavoinnilla.*

**4.1. Lasivillaeristys**

Tämä on yleisin eristysmateriaali, jota käytetään asuin-, yritys- tai teollisissa kohteissa. Lasivillaa kutsutaan myös lasikuitueristeeksi ja se on valmistettu jopa 80 % kierrätetystä lasimateriaalista. Lasi sulatetaan uunissa ja lähetetään sitten kehruun läpi kuitujen muodostamiseksi. Lasivillaeristeen lasikuidut luovat miljoonia pieniä ilmataskuja, jotka vangitsevat ilmaa. Lasivillaeristeen R-arvo vaihtelee seinien R1,5:stä kattosovellutuksien R6,0:aan. Lasivillaeristys on suhteellisen edullinen verrattuna muihin eristetuotteisiin. Lasivilla lämmöneristystuotteita ovat esim. Knauf Earthwool, Fletcher Pink Batts ja Bradford -tuotemerkit.

**Lasivillan ominaisuudet ja edut:** korkea lämpöteho – mukavuus ympäri vuoden, palamaton, säästää energiaa – pienemmät energiakulut, pehmeä käsitellä ja asentaa, kevyt, joustava ja kimmoisa.

**4.2. Maavillaeristys**

Lasivillaeriste on yleinen eristeluokka, kun taas maavillaeriste on Knauf Insulationin valmistama erityinen tuote. Mutta mikä tekee maavillaeristeestä erilaisen tavallisista lasivillatuotteista? Maavillaeriste on valmistettu ECOSE-teknologialla, joka on kestävä, uusiutuva biopohjainen sideaine, joka ei sisällä lisättyä formaldehydiä. Perinteisiä bensiinipohjaisia kemikaaleja ei käytetä. Maavilla on yksi yleisimmistä lämmöneristysmateriaaleista, joita käytetään asuin-, yritys- ja teollisissa kohteissa. Sitä on saatavana seinä-, katto-, lattia- ja akustiset tuotetyypit.

**Maavillan ominaisuudet ja edut:** vähän ärsyttävä tuote, mikä tarkoittaa, että se on käytännössä iholla kutiamaton, ympäristöystävällinen luonnollinen sideaine, korkea lämpöteho – ympärivuotinen mukavuus, saatavilla akustisia tuotteita, palamaton, 50 vuoden takuu, puristuspakattu – enemmän tuotetta per pakkaus, hajuton.

**4.3. Polyesterieristys**

Polyesteri on valmistettu vähintään 50 % kierrätetystä PET-muovista, kuten juomapulloista, jotka muuten päätyisivät kaatopaikalle. Polyesterikuidut sidotaan yhteen lämmön vaikutuksesta, eikä sideaineita käytetä. Tämä antaa polyesterille sen jäykän, mutta joustavan rakenteen. Polyesteri on suosittu lämmöneristysmateriaali koska se ei sisällä hengittäviä hiukkasia ja on suosittu valinta astmasta tai vakavasta pölyallergiasta kärsiville kodin asukkaille. Polyesterimateriaali on pehmeää ja kutiamatonta, joten se on loistava tee-se-itse-materiaali remontti- tai jälkiasennusprojektiisi, sillä sitä käsiteltäessä ei tarvita suojavaatteita. Lasivillaan verrattuna polyesterieristysmateriaali voi olla kalliimpaa. Sitä voidaan kuitenkin käyttää samoihin käyttötarkoituksiin kuin lasivillamateriaalia. Tämä sisältää niin liike- kuin asuinrakennukset. Materiaali on valmiiksi leikattu sopimaan seiniin, kattoon, lattian alle ja lattiapalkkien väliin. Esimerkkejä polyesterieristetuotteista ovat esim. Bradford Polymax, Autex Greenstuf Polyester ja Autexin akustinen valikoima (Quietspace, Etch, Workstation).

**Polyesterin ominaisuudet ja edut:** valmistettu kierrätetyistä materiaaleista, itse tuote voidaan kierrättää, allergiaa aiheuttamattomia hiukkasia, hengittää helpommin, myrkytön ja ärsyttämätön, kosketusturvallinen, syttymätön sekä 50 vuoden kestävyystakuulla.

**4.4. Kivivillaeristys**

Kivivillaeriste on valmistettu kivestä, kuten basaltista. Kivivillaa valmistetaan sulattamalla ensin kivi ja sitten kehräämällä sitä korkeissa lämpötiloissa, jolloin syntyy kuituja, joista muodostuu eristelevyjä tai -teloja. Tämän prosessin aikana ei käytetä sideainehartsia. Kivivillaeristeellä on poikkeukselliset paloluokitukset koska se on palamatonta, ei johda lämpöä ja kestää yli 1000°C lämpötiloja. Kivivillan eristyskyky toimii pidättämällä ilmaa kuitujen väliin, mikä rajoittaa lämmönsiirtoa. Yleensä kivivilla on kolme kertaa kalliimpaa kuin lasivillaeriste. Kivivilla tarjoaa korkeat R-arvot, akustiset ja paloluokitukset. Kivivillaa voidaan käyttää sekä asuin- että liiketiloissa, vaikka kivivillaa käytetään yleisimmin vierekkäisten vuokratilojen välisissä seinärakenteissa. Joitakin esimerkkejä kivivillatuotteista ovat James HardieFire ja Bradford Fireseal.

**Kivivillan ominaisuudet ja edut:** erittäin kestävä, suorituskyky ei vaikuta haitallisesti vesikosketukseen, palonkestävyys, palamaton, korkeat akustiset arvot, korkea lämpöteho ja 10 vuoden takuu.

**4.5. Heijastava kalvoeristys**

Tämän eristetyypin heijastava pinta on alumiinia (tai vastaavaa materiaalia). Kalvoeristys voi mahdollistaa joidenkin sisäisten töiden aloittamisen ennen laatan ja verhouksen levittämistä, mikä parantaa paikan päällä tapahtuvaa työnkulkua. Heijastavalla kalvoeristyksellä itsessään on vain pieni R-arvo noin R1,0. Oikein asennettuna liikkumattomalla ilmatilalla (tiivis ontelo ilman ilmaliikettä) voidaan kuitenkin saavuttaa paljon suurempia R-arvoja. Ilman liikkumattomuus antaa ylimääräisen R-arvon, joten mitä suurempi liikkumaton ilmatila on, sitä suurempi on kokonais R-arvo. Heijastava kalvo lisää kotisi lämmöneristysarvoa heijastamalla rakennukseen tulevaa lämpöä, ja sitä voidaan käyttää asuin- ja liiketiloissa. Esimerkkejä heijastavasta kalvoeristyksestä ovat Kingspanin ilmakennosarja ja Fletcher-eristyssarja.

**Heijastavan kalvon ominaisuudet ja edut:** kustannustehokas, ohut ja kevyt, joten sen kanssa on helppo työskennellä, voidaan käyttää höyrysulkuna, koska siihen ei vaikuta kosteus, hajoamaton ja palamaton, se on myrkytön ja ei-karsinogeeninen, mikä tekee siitä turvallisemman ja helpomman asentaa käyttämällä vähemmän turvalaitteita. Se on erittäin tehokas lämpimässä ilmastossa, jossa se on hyödyllinen rakennusten viileyden pitämisessä.

**4.6. Jäykät eristyslevyt (EPS ja XPS)**

Monet eristelevyt on suunniteltu saavuttamaan korkeat R-arvot ohuella paksuudella, kuten Kingspan Kooltherm-eristeet, ja toiset on suunniteltu heijastamaan lämpöä, kuten Foilboard-eriste. Lämmöneristyslevyt pystyvät luomaan vakaat sisälämpötilat ja minimoivat lämpöhäviön talvella ja lämmön nousun kesällä. Eristyslevyt voivat olla joko umpisoluisia tai avokennorakenteisia. Umpisolurakenteet ovat kovempia ja kiinteämpiä ja toimivat tehokkaana höyrysulkuna vähentäen kosteuden pääsyä kotiisi. Esimerkki umpisoluisesta eristelevystä on suulakepuristettu polystyreenieriste tai XPS-eriste. Avosolurakenne sen sijaan on pehmeämpi ja joustavampi, ja lämpöeristemateriaalissa on ilmarakoja. Esimerkki avosoluisista eristelevyistä on EPS-eriste.

Eristyslevyt ovat tehokkaita lämmöneristystuotteita sekä liike- että asuintiloihin, ja ne sopivat monenlaisiin sovelluksiin, mukaan lukien katot, katedraalikatot, seinät, lattiarakenteet, teollisuuden tehdasverhoilut.

**4.7. Vaahtoeristys**

Vaahtoeristys on yleensä kalliimpaa kuin useimmilla muilla eristemateriaaleilla. Sen asentaminen vaatii puhalluskoneen ja sen käyttö vaatii yleensä koulutetun ammattiasentajan. Tämä tarkoittaa, että kokonaiskustannukset voivat olla korkeammat. Vaahto tiivistää paremmin ilmavuotoja, estää vesivuodot ja minimoi homeen kasvun. Tämä tarkoittaa, että eristys ei todennäköisesti vaurioidu, joten tarkastuksia ei tarvita niin usein. Vaahtoeristeen käyttöikä on noin 50 vuotta, jos se pidetään kuivana. Kuten jäykissä eristelevyissä, vaahtoeristeitä on kaksi pääluokkaa, joita kutsutaan avosoluvaahdoksi ja umpisoluvaahdoksi. Avosoluvaahdot ovat tiheämpiä ja sienimäisiä johtuen solujen sisään joutuvasta ilmasta, mikä antaa sille paremmat äänenvaimennusvaikutukset. Avosoluvaahto on halvempaa kuin umpisoluinen eristys. Umpisoluvaahto on kuitenkin rakenteeltaan jäykempi ja kiinteämpi, joten se estää paremmin ilman ja veden vuotoa. Vaahtoeriste on tehokas lämmöneristysmateriaali asuintaloissa ja soveltuu jälkiasennuksiin.

**Suihkevaahtoeristyksen ominaisuudet ja edut:** alentaa energiakuluja, ilmatiivis tiiviste, vähentää ilman vetoisuutta, estää homeen kasvua, pitkä käyttöikä jopa 50 vuotta, ympäristöystävällinen tuote.

**4.8. Puukuidut**

Puukuitueristeiden raaka-aine on peräisin kestävästä metsätaloudesta, joka täyttää FSC:n (Forest Stewardship Council) tiukat vaatimukset. FSC:n tavoitteena on edistää ympäristöystävällistä, sosiaalisesti vastuullista ja taloudellisesti kestävää metsänhoitoa. Näin ollen puukuituisia eristemateriaaleja käyttävillä on merkittävä panos ilmastonsuojeluun. Keskimääräinen puu varastoi kasvunsa aikana noin 1 tonnin hiilidioksidia ja tuottaa samalla 0,7 tonnia happea. Puihin hiilen muodossa varastoitunut hiilidioksidi jää valmiiseen tuotteeseen – kun taas uudelleenistutetut puut imevät edelleen kasvihuonekaasua CO² ilmakehästä.

Puukuitueristysmateriaaleille on tunnusomaista hyvä puristuskestävyys sekä mittapysyvyys. Leikkauskoot säilyttävät muotonsa ja ovat turvallisia asentaa. Eristemateriaalin joustavan rakenteen ansiosta pienemmät epätasaisuudet on helppo tasoittaa. Materiaalia käytetään lautoina.

**4.9. Selluloosa- ja paperikuidut**

Selluloosa- ja paperikuitueristemateriaalien ominaisuudet ovat samanlaiset kuin puukuitueristemateriaalit. Materiaali on valmistettu kierrätetyistä sanomalehdistä, joihin on lisätty sienitauti- ja antipyriinikemikaaleja. Ekologinen eriste on valmistettu kierrätyspaperista ja kemikaaleista.

**Käyttöalueet:** ilmasuihkutettu eristys puurunkokäyttöön katoissa ja seinissä sekä avosuihkutettueristys ullakkokerroksissa, esivalmistetut seinä- ja kattorakenteet. Ihanteellinen eristys kattojen ja lattioiden saneeraukseen. Saumaton, ei leikkaa, eristää kaikenkokoisia koteloja, korkealaatuista selluloosaa nykyaikaisten tuotantotilojen ansiosta, erinomainen eristys talvella, erinomainen kesän lämpösuojaus, avoin vesihöyry terveelliseen sisäilmastoon, pitkäkestoinen painumiskestävyys minimaalisella materiaalilla, sopii käyttää kaikenkokoisten koneiden kanssa, koulutettu asentajaverkosto varmistaa laadukkaan asennuksen.

**4.10. Yleiset eristysmateriaalit, R-arvot sekä niiden edut ja haitat**

Joitakin yleisimpiä eristykseen käytettyjä materiaaleja verrataan alla olevassa taulukossa niiden suhteellisiin eristysarvoihin sekä etuihin ja haittoihin. Yleisesti ottaen kalliimmat materiaalit, kuten polyuretaanivaahdot, ovat tehokkaampia eristeitä tietyillä paksuuksilla. Käyttämällä R-arvon luokitusjärjestelmää (katso määritelmät kappaleessa 2.), on mahdollista saada vastaavat "R-arvot" useille eristysmateriaalityypeille.

**Taulukko 1.** Yleiset eristysmateriaalit, R-arvot sekä niiden edut ja haitat

| **Eristemateriaali** | **R-arvo, 25mm** | **Edut** | **Haitat** |
| --- | --- | --- | --- |
| Polyuretaani, levy | 6.25 | Erittäin hyvä R-arvo, voi käyttää lasikuituhartsien kanssa. | Ei aina saatavilla, suhteellisen kallis. |
| Polyuretaani, spray | 7.0 | Erittäin hyvä R-arvo, voi käyttää lasikuituhartsien kanssa. Levitys ruiskulaitteilla. | Ei aina saatavilla, kallis ja vaatii erityisiä ruiskulaitteita. |
| Polyuretaani, kaadettu (kaksiosainen kemikaali) | 6.6 | Erittäin hyvä R-arvo, voi käyttää lasikuituhartsien kanssa. Helppokäyttöinen. | Ei aina saatavilla, kallis. Vaatii huolellisia tilavuuslaskelmia. |
| Polystyreeni, levy (kauppanimi *Styrofoam*) | 5.0 | Helposti saatavilla, edullinen. Kohtalaineinen R-arvo. | Vaurioituvat helposti, ei voi käyttää lasikuituhartsien kanssa. |
| Polystyreeni, paikoilleen vaahdotettu | 3.5 - 4.0 | Kohtalainen R-arvo, alhaisemmat kustannukset kuin levyillä. | Vaurioituvat helposti, ei voida käyttää lasikuituhartsien kanssa. |
| Korkkilevy | 3.33 | Saatavuus monilla markkinoilla, kohtalaiset kustannukset. Voidaan peittää lasikuidulla. | Alhaisemmat R-arvot kuin polyuretaaneilla ja styreenivaahdoilla. |
| Lasikuivuvillamatot | 3.3 | Alhaiset kustannukset, helppo asennus. | Imee helposti vettä tai muita nesteitä. Menettää eristysarvonsa kastuessaan. |
| Kivivillamatot | 3.7 | Kuten ylhäällä. | Kuten ylhäällä. |
| Puulastut | 2.2 | Helposti saatavilla, edullinen ja allergisoimaton. | Imee kosteutta ja menettää R-arvonsa märkänä. |
| Puukuidut | 3.33 | Helposti saatavilla, edullinen ja allergisoimaton. | Imee kosteutta ja menettää R-arvonsa märkänä. |
| Selluloosa- ja paperikuidut | 4.16 | Helposti saatavilla, edullinen ja allergisoimaton. | Imee kosteutta ja menettää R-arvonsa märkänä. |
| Sahanpuru | 2.44 | Helposti saatavilla, edullinen. | Imee kosteutta ja menettää R-arvonsa märkänä. Pakkautuu helposti. |
| Olki | 4.75 | Helposti saatavilla, edullinen. | Imee kosteutta ja menettää R-arvonsa märkänä. Altis hyönteisille. |
| Ilma | ~1.0 | Ei kuluja. | On eristettävä kokonaan, jotta lämpö ei tunkeudu ilmankierrosta. |

1. **Materiaalien käyttö**

| **Tyyppi** | **Materiaali** | **Soveltuvuus** | **Asentaminen** | **Edut** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| [**Matot**](https://www.energy.gov/energysaver/weatherize/insulation/types-insulation#batts) **ja rullat** | Lasikuita  Mineraalivilla  Muovikuidut  Luonnolliset kuidut | Keskeneräiset seinät  Lattiat ja katot | Asennetaan palkkien väliin. | Tee-se-itse.  Soveltuu tavalliseen palkkiväliin.  Suhteellisen halpa. |
| **Eristävät betonilohkot** | Vaahtomuovilevy.  Jotkut valmistajat lisäävät betoniseokseen vaahtorakeita tai ilmaa R-arvojen lisäämiseksi. | Keskeneräiset seinät.  Uudis-rakentaminen ja restaurointi. | Edellyttää erikois-osaamista.  Eristävät betonilohkot pinotaan joskus ilman laastia ja pintaliimataan. | Eristävät ytimet lisäävät seinän R-arvoa. Eristys ulkopuolelta voi hillitä sisälämpötilaa.  Autoklavoidun betonin ja betoni-elementtien eristysarvo 10 kertaa parempi. |
| [**Vaahtolevy**](https://www.energy.gov/energysaver/weatherize/insulation/types-insulation#foam) **tai jäykistyvä vaahto** | Polystyreeni, polyisosyanuraati, polyuretaani. | Keskeneräiset seinät, lattiat ja katot sekä matalakalteiset katot. | Sisäkäytössä tulee peittää ½ tuuman kipsilevyllä paloturvallisuuden vuoksi.  Ulkokäytössä on asennettava säänkestävällä pinnoitteella. | Korkea eristysarvo suhteellisen pienellä paksuudella.  Voi estää lämmön oikosulkuja kun asennetaan tiheästi palkkien väliin. |
| [**Eristävät**](https://www.energy.gov/energysaver/weatherize/insulation/types-insulation#icf) **betonimuodot** | Vaahtolevyt – ja vaahtolohkot. | Keskeneräiset seinät uudis-rakentamisessa. | Asennetaan osaksi rakennetta. | Eristys on kirjaimellisesti rakennetta kodin seiniin, korkea lämmönvastus. |
| [**Löysä**](https://www.energy.gov/energysaver/weatherize/insulation/types-insulation#loosefill) **eriste ja sisään puhallettu** | Selluloosa  Lasikuitu  Mineraalivilla | Olemassa olevien seinien sulkemiseen tai uusiin seinäkoteloihin ja muut vaikeasti tavoitettavat paikat. | Puhalletaan paikoilleen erikoisvälineillä, joskus kaadetaan sisään. | Sopii eristyksen lisäämiseen olemassa oleville alueille ja ja esteiden ympärille. |
| [**Heijastava**](https://www.energy.gov/energysaver/weatherize/insulation/types-insulation#radiant) **järjestelmä** | Kalvotettu voimapaperi, muovikalvo, polyeteenikuplat ja pahvi. | Keskeneräiset seinät  Katot ja lattiat | Kalvot tai filmit sovitetaan palkkien tai kattotuolien väliin. | Tee-se-itse  Sopii kehystykseen vakiovälillä. Kuplamuovi sopii esteiden kehystykseen. Tehokkain estämään alaspäin menevää lämpövirtausta. |
| [**Jäykkä**](https://www.energy.gov/energysaver/weatherize/insulation/types-insulation#rigidfiber) **kuitu tai kuitueristys** | Lasikuitu  Mineraalivilla | Kanavat tiloissa, joita ei ilmastoitu sekä muut paikat, jotka vaativat eristystä. Kestää korkeita lämpötiloja. | LVI-urakoitsijat valmistavat eristyksen kanavistoon työmaalla tai yrityksen myymälässä. | Kestää korkeita lämpötiloja. |
| [**Ruiskutettu**](https://www.energy.gov/energysaver/weatherize/insulation/types-insulation#sprayedfoam) **vaahto** | Sementtipitoinen  Fenolinen  Polyisosyanuraatti  Polyuretaani | Olemassa olevat suljetut seinät, uudet seinäkotelot ja keskeneräiset ullakkolattiat. | Levitetään pienillä suihkesäiliöillä tai ruiskutettuna tuotteena. | Sopii eristyksen lisäämiseen olemassa oleville alueille ja esteiden ympärille. |
| [**Rakenteelliset**](https://www.energy.gov/energysaver/weatherize/insulation/types-insulation#sips) **eristelevyt (SIP)** | Vaahtolevy | Keskeneräiset seinät  Katot ja lattiat  Uudiskohteiden katot | Sovitetaan levyt talon seinien ja katon muodostamiseksi. | SIP-rakennetut katot tarjoavat erinomaisen ja tasaisen eristyksen kuin perinteiset menetelmät. Nopeampi asentaa. |

Lämmöneristysmateriaalin taloudellinen paksuus on eristeen paksuuden valintaa, joka tuottaa pieimmät elinkaarikustannukset. Taloudellisuuden huomiointiin voidaan:

1. valita optimaalinen eristeen paksuus tietylle eristeelle,
2. verrata vähintään kahta eristemateriaalia tietyllä lämmön suorituskyvyllä ja niiden kustannuksilla.

Kummassakin tapauksessa taloudelliset näkökohdat määrittävät kustannustehokkaimman ratkaisun eristykseen tietyn käyttöiän aikana. Elinkaarikustannusten laskennassa otetaan huomioon eristysjärjestelmän alkukustannukset sekä energiansäästön jatkuva arvo odotetun käyttöiän aikana.

Kuvassa 2 on esitetty monikerroksisen alan asennuskustannukset. Käyrien kaltevuus on epäjatkuva ja kasvaa kerrosten lukumäärän myötä koska työ- ja materiaalikustannukset nousevat nopeammin paksuuden kasvaessa. Asennetun eristeen työ- ja materiaalikustannukset kasvavat paksuuden myötä. Eristys levitetään usein useissa kerroksissa:

1. koska materiaaleja ei valmisteta yksittäisinä riittävän paksuina kerroksina
2. Monissa tapauksissa eristeiden ja järjestelmän komponenttien laajenemisen ja supistumisen huomioon ottamiseksi.

Kuvassa 2 on käyrät kokonaiskustannuksista, eristyskustannuksista ja vähennetyistä energiakustannuksista. Kokonaiskustannuskäyrän piste A vastaa taloudellista eristeen paksuutta, joka tässä esimerkissä on kaksikerroksisella alueella. Lasketun taloudellisen paksuuden katsominen vähimmäispaksuudeksi suojaa ennakoimattomilta polttoaineen hinnannousuilta ja säästää energiaa.

*Kuva 2. Lämmöneristysmateriaalin taloudellisen paksuuden määritys.*

Aluksi eristystä käytettäessä kokonaiselinkaarikustannukset pienenevät koska lisäenergiansäästön arvo on suurempi kuin eristyksen lisäkustannukset. Lisäeristys pienentää kokonaiskustannuksia aina paksuuteen asti, jossa kokonaiskustannusten muutos on nolla. Tässä vaiheessa lisävähennystä ei voida saavuttaa. Sen lisäksi eristyskustannukset ylittävät lisäenergiansäästöt, jotka saadaan lisäämällä toinen eristyslisä.

1. **Virheet eristysjärjestelmissä ja lämpöhäviöt**

Rakenteiden läpi johtavat lämpöhäviöt voidaan jakaa kahteen luokkaan:

1. Tasolämpöhäviöt: rakenteiden pääelementtien kautta (katto, seinät, ikkunat ja lattia). Rakenteen U-arvo (W/m2K) kerrottuna rakennuksen pinta-alalla antaa lämpöhäviön (W/K).
2. Lämpösillan lämpöhäviöt: eristekerroksen läpi tunkeutuvien kulmien, liitoskohtien ja rakenneosien kautta.

Tasolämpöhäviöt on suhteellisen helppo estää lisäämällä ylimääräinen kerros lämpöeristysmateriaalia.

Lämpösilta syntyy, kun materiaalien ja rakennepintojen välillä on rako. Rakennuksen tärkeimmät lämpösillat löytyvät päällysteiden ja lattioiden sekä poikkiseinien kohtaamispisteissä. Nämä ovat rakenteellisia lämpösiltoja. Näiden lämpösiltojen merkitys vaihtelee seinän tai katon tyypin mukaan (eristetty vai ei).

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

*Kuva 3. Lämpösillat rakentamisessa: A-kuvan lämpökameranäkymässä lämpösilta on merkitty sinisellä (huonenäkymän sisäpuolella). B-kuvassa näkyy homeen kasvu katossa paljastetun betonilaatan reunan lämpösillan vieressä. Täällä muodostuu usein kondenssivettä kylmempien sisäpintojen lämpötilojen seurauksena.*

Rakennuksessa, jota ei ole eristetty kunnolla, lämpösillat edustavat pieniä suhteellisia häviöitä (yleensä alle 20 %), koska kokonaishäviöt seinien ja katon kautta ovat erittäin suuret (noin > 1 W/m2K).

Kuitenkin, kun seinät ja katto on eristetty erittäin hyvin, lämpösiltojen aiheuttama häviöprosentti nousee korkeaksi (yli 30 %), mutta yleishäviöt ovat erittäin pienet (alle 0,3 W/m2K). Siksi vähän energiaa kuluttavissa rakennuksissa on tärkeää, että seinien ja kattojen lämpövastukset ovat erittäin korkeat, jotta lämpöhäviöt risteyksissä ovat pienet.

**Integroidut lämpösillat - lämmöneristysvirheet tehdään suunnitteluvaiheessa**

Seinä tai lattia koostuu lähes aina useista osista, jotka on liimattu, ruuvattu tai mekaanisesti koottu yhteen. Jos niitä ei ole suunniteltu hyvin, nämä kokoonpanojärjestelmät voivat tuottaa lämpösiltoja järjestelmän sisällä, mistä johtuu myös niiden nimi integroitu lämpösilta.



*Kuva 4. Infrapunakuvaus parvekkeen lämpösillasta, jossa ulkolaatan lämpötila on korkeampi.*

**Kuinka toimia lämpösiltojen suhteen?**

At the design level, it is imperative to choose construction processes and components that reduce surface losses as much as possible and integrate the smallest possible losses in the junctions of these surfaces.

1. **Usein kysytyt kysymykset**

Kysyms 1

Miksi rakennuksiin tarvitaan lämmöneristysmateriaaleja?

Vastaus

Lämmöneristysmateriaaleja käytetään rakennuksissa:

* Vähentämään rakennuksen lämmittämiseen tai jäähdyttämiseen käytettävän energian määrää.
* Rakennuksen eristämisellä on suurimmat mahdollisuudet vähentää CO2-päästöjä rakennuksen lämpö ja /jäähdytyslaitteissa.
* Vähentää melua ulkopuolelta sisälle ja vastakkaiseen suuntaan.
* Rakennuksen paloturvallisuuden parantaminen.

Kysymys 2

Mitä termillä "lämpösilta" voidaan ymmärtää?

Vastaus

Lämpösilta syntyy, kun materiaalien ja rakennepintojen välillä on rako. Rakennuksen tärkeimmät lämpösillat löytyvät päällysteiden ja lattioiden sekä poikkiseinien kohtaamispisteissä.

Kysymys 3

Kuinka valita paras eristemateriaali useista eristystyypeistä?

Vastaus

Jotta voit valita parhaan eristystyypin, sinun on ensin määritettävä seuraavat asiat:

* Minne haluat asentaa tai lisätä eristyksen.
* Suositellut R-arvot alueille, jotka haluat eristää.

1. **Tapaustutkimukset**
   1. **Tapaustutkimus 1**

Tehtävä: Laske lämmönläpäisykerroin (U-arvo) tiiliseinään (Utot) alla olevilla parametreilla:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Materiaali** | **Tiili** | **Lasivilla** | **Betoni** | **Kipsi** |
| Paksuus, m **(B)** | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.013 |
| Johtavuus (K-arvo), W/m⋅K **(K)** | 0.77 | 0.04 | 1.13 | 0.50 |

Ulkopinnan R-arvo on 0,040 Km²/W ja sisäpinnan R-arvo: 0,130 Km²/W

Ratkaisu:

U-arvon laskelmat voidaan tehdä seuraavalla tavalla, ottamalla huomioon rakennuselementin rakenne kerros kerrokselta. Huomaa kuitenkin, että tämä ei ota huomioon kylmäsiltaa (esim. seinäsiteillä), eristeiden ympärillä olevia ilmarakoja tai esim. laastisaumojen erilaisia lämpöominaisuuksia.

Vaihe 1. Laske vastusarvo (R-arvo) kullekin materiaalille (Ri):

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Materiaali** | **Paksuus** | **Johtavuus (K-arvo)** | **Vastus (R-arvo)** |
| Yhtälö | Bi | Ki | Ri=Bi/Ki |
| Ulkopinta | – | – | 0.040 K m²/W |
| Savitiilet | 0.100 m | 0.77 W/m⋅K | 0.130 K m²/W |
| Lasivilla | 0.100 m | 0.04 W/m⋅K | 2.500 K m²/W |
| Betonilohkot | 0.100 m | 1.13 W/m⋅K | 0.090 K m²/W |
| Kipsi | 0.013 m | 0.50 W/m⋅K | 0.026 K m²/W |
| Sisäpinta | – | – | 0.130 K m²/W |

Vaihe 2. Laske vastusarvo (R-arvo) seinälle (Rtot):

**Rtot**=Rulko+Rtiilet+Rvilla+Rbetoni+Rkipsi+Rsisä=0.040+0.130+2.500+0.090+  
+0.026+0.130=**2.916 K m²/W**

Vaihe 3. Laske lämmönläpäisykerroin (U-arvo) seinään (Utot):

**Utot**=1/Rtot=1/2.916=**0.343 W/m²K**

Huomaa, että yllä olevassa esimerkissä rakennusmateriaalien johtavuudet (k-arvot) ovat vapaasti saatavilla verkossa; erityisesti materiaalien valmistajilta. Itse asiassa valmistajan tietojen käyttö parantaa tarkkuutta, kun tietyt määritettävät tuotteet ovat tiedossa laskentahetkellä.

* 1. **Tapaustutkimus 2**

Tehtävä. Laske johtava lämmönsiirto (Qtot) tasaisen seinän läpi (tapaustutkimuksesta 1), jossa rakennuksen seinän koko (K)3m x (P)15m ja lämpötila ulkona (-15C) ja sisällä (+22C).

Ratkaisu:

Vaihe 1. Laske rakennuksen seinäpinta-ala A.

**A** = HxL = 3x15=**45m2**

Vaihe 2. Laske lämpötilaero (ΔT)

**ΔT** = T1 – T2=-15 – 22 = **-37°C**

Vaihe 3. Laske lämmönjohtavuus tapaustutkimuksesta 1.

**Ktot**=Ktiilet+Kvilla+Kbetoni+Kkipsi = 0.77+0.04+1.13+0.50=**2.44 W/m⋅K**

Vaihe 4. Laske seinän paksuus.

**B**=Sum (Bi) = 0.100+0.100+0.100+0.013=**0.313 m**

Vaihe 5. Laske tasaisen seinän läpi johtava lämpöhäviö tai -lisä (Q)

**Q** = k x A x ΔT / X = 2.44x45x(-37)/0.313 =  **̴-12980W** = **̴-13 KW**

missä Q on lämpöhäviö tai -nousu (W or Btu/h) ja k on lämmönjohtavuus (W/mK or Btu/(hr ft °F)), A on lämpövirtauksen ala (m2 or ft2), ΔT on lämmönmuutos (C or F) ja X on materiaalin paksuus (m or in.).

1. **Monivalintakysymykset**

Kysymykset 1: Missä rakennusvaiheessa lämpösillat on helpoin määrittää ja ennustaa?

1. Kun rakennus on valmis, lämpökameralla.
2. Kun rakennus on asuttu. Tavallista talviaikaan.
3. Suunnitteluvaiheessa.

Kysymys 2: Mikä symboleista edustaa lämpövastusta?

1. “λ”
2. “R”
3. “U”
4. “K”

Kysymys 3: Onko taloudellista rakentaa talo, jonka lämpöeristeen paksuus on rajoittamaton?

1. Kyllä, enemmän lämmöneristysmateriaalia tarkoittaa lämpimämpää rakennusta talvella.
2. Ei. Lämmöneristysmateriaalin tulee olla lähellä taloudellista paksuutta.
3. Taloudelliset parametrit ja lämmöneristysmateriaalin paksuus eivät ole yhteydessä toisiinsa.
4. **Tapaustutkimusten analysointi**

Tehtävä: Ostaja ei voi päättää, minkä talon rakentaa: puu- vai tiilitalon, mutta se haluaa rakennuksen, jonka paksuus on sama (0,35 m), ja jolla on vähemmän johtavaa lämpöhäviötä. Auta häntä (laske vain seinät, ilman ikkunoita ja ovia).

Talon seinän ominaisuudet:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Puutalo** | | | **Tiilitalo** | | |
| Materiaali | Paksuus, mm | Materiaali | | Paksuus, mm |
| Kipsi | 25 | Kipsi | | 25 |
| Puukuitulevy | 50 | Eristävä tiili | | 300 |
| Puumassa | 210 | Kivivilla | | 50 |
| Puukuitulevy | 50 | Kipsilevy | | 24 |
| Savi, kuiva | 15 | Kipsi | | 15 |

R-arvo: ulkopinta 0,040 K m²/W ja sisäpinta 0,130 Km²/W,

Talon seinän koko: 3m (K) x 40m (P),

Lämpötilaero on 41°C.

Materiaalien lämmönjohtavuus löytyy suunnittelutyökalulaatikosta.

Ratkaisu

Opiskelijan tulee laskea molempien rakennusten lämpöhäviöt ja vertailla niitä.

1. **Lähteet**
2. Steico. Saatavilla: <https://www.steico.com/en/>
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. Saatavilla: [*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. Saatavilla: <https://www.ctc-n.org/technologies/building-envelope-thermal-insulation>
5. Energy gov. 2020. Types of Insulation. Saatavilla: <https://www.energy.gov/energysaver/weatherize/insulation/types-insulation>
6. Ing dep. 2017. Termiskie tilti (Thermal bridges). Saatavilla: <http://www.ingdep.lv/lv/termiskie-tilti>
7. Saint Gobain Isover (2020). What is a termal bridge? Saatavilla: <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. Saatavilla: <https://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html>
10. Passipedia. 2019. Heating load in Passive Houses. Saatavilla: <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, s. 2615-2623.
12. Building energy rating Ireland. 2011. BER Certs. Saatavilla: <http://www.buildingenergyireland.ie/BERCerts.htm>