

## Lämmöneristys Ohjeet

Nämä ohjeet kuuluvat Suomen rakentamismääräyskokoelmaan, josta on määrätty sisäasiainministeriön päätöksellä (867/75). Nämä ohjeet korvaavat 12 päivänä marraskuuta 1975 annetut ohjeet C4 Lämmönläpäisykertoimen määrittäminen ja eristystyön suoritus.

Helsingissä 27 päivänä lokakuuta 1978

Osastopäällikkö Olavi Syrjänen  
Ylijohtaja

Yli-insinööri Esko Mononen

### SISÄLTÖ

- 1 Määritelmät ja merkinnät
- 2 Lämmönläpäisykertoimen laskeminen
- 3 Rakenteen suunnittelu ja eristystyön suoritus
  - 3.1 Lämmöneristeet rakenteissa
  - 3.2 Suojaaminen tuulta vastaan
  - 3.3 Suojaaminen sisäpuoliselta kosteudelta
  - 3.4 Lämmöneristeiden käsittely ja varastointi
  - 3.5 Lämmöneristeiden asentaminen
- 4 Rakennusaineiden ja -tarvikkeiden lämmönjohtavuudet
- 5 Lämmönvastuksia
  - 5.1 Pahvikerroksen lämmönvastus
  - 5.2 Ilmankerroksen lämmönvastus
  - 5.3 Maan lämmönvastus
- 6 Ikkunan lämmönläpäisykerroin
  - 6.1 Valoaukon lämmönläpäisykerroin
  - 6.2 Karmi- ja puiteosan lämmönläpäisykerroin
  - 6.3 Ikkunan keskimääräinen lämmönläpäisykerroin

## 1 Määritelmät ja merkinnät

### Lämmönvastus (M tai m)

ilmoittaa rakennusosan tai ainekerroksen lämmönsiirtymisvastuksen. Rakennusosan lämmönvastukseen M luetaan mukaan pintavastukset ( $m_s$  ja  $m_u$ ). Yksikkönä käytetään  $m^2K/W$ .

### Sisäpuolinen tai ulkopuolinen pintavastus ( $m_s$ tai $m_u$ )

ilmoittaa rakennusosan ja ilmatilan välisen rajakerroksen lämmönsiirtymisvastuksen. Yksikkönä käytetään  $m^2K/W$ .

### Lämmönjohtavuus ( $\lambda$ )

ilmoittaa lämpömäärän, joka jatkuvuustilassa siirtyy aikayksikössä pintayksikön suuruisen ja pituusyksikön paksuisen homogeenisen ainekerroksen läpi, kun lämpötilaero pintojen välillä on yksikön suuruinen. Yksikkönä käytetään  $W/m K$ .

### Lämmönläpäisykerroin (k)

ilmoittaa lämpömäärän, joka jatkuvuustilassa läpäisee aikayksikössä pintayksikön suuruisen rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ilmatilojen välillä on yksikön suuruinen. Yksikkönä käytetään  $W/m^2K$ .

## 2 Lämmönläpäisykertoimen laskeminen

Rakennusosan lämmönläpäisykerroin k lasketaan kaavan  $k = \frac{1}{M}$  mukaan, jossa M on rakennusosan lämmönvastus.

Rakennusosan lämmönvastus M lasketaan kaavan 1 mukaan, jos rakennusosan ainekerrokset ovat tasapaksuja ja lämmönvirtaus tapahtuu ainekerrokseen nähden kohtisuoraan.

$$M = \sum m = m_1 + m_2 + \dots + m_i + m_m + m_a + m_b + \dots + m_s + m_u \quad (1)$$

$m_1, m_2 \dots$  = ainekerroksen 1,2 ... lämmönvastus,

$$\text{jossa } m_1 = \frac{d_1}{\lambda_1} \quad \text{ja } m_2 = \frac{d_2}{\lambda_2}$$

$d_1, d_2 \dots$  = ainekerroksen 1,2 ... paksuus (metreinä)

$\lambda_1, \lambda_2 \dots$  = ainekerroksen 1,2 ... normaalin lämmönjohtavuus

$m_i$  = tuulettamattoman ilmankerroksen lämmönvastus

$m_m$  = perusmaan lämmönvastus

$m_a, m_b$  = ainekerroksen a, b ... normaalin lämmönvastus

Summalle  $m_s + m_u$  käytetään seuraavia laskenta-arvoja:

ulkoilmaan rajoituville rakennusosille 0,20  $m^2K/V$   
tuulensuojaiseen tilaan rajoituville rakennusosille 0,30  $m^2K/V$

Mikäli eristekerroksen paksuus kattorakenteessa vaihtelee, voidaan paksuutena käyttää keskimääräistä arvoa, jos eriste on betonilaatan päällä eikä vähimmäispaksuus alita keskimääräistä yli 20 %:lla.

Jos ainekerroksen suuntaisessa tasossa on rinnakkain erilaisia alueita, joiden lämmönvastukset poikkeavat toisistaan enintään nelinkertaisesti, lasketaan keskimääräinen lämmönvastus kaavan 2 mukaan.

$$m_a = \frac{1}{\frac{p_A}{m_A} + \frac{p_B}{m_B} + \dots} \quad (2)$$

$m_A, m_B \dots$  = alueiden A, B ... lämmönvastukset

$p_A, p_B \dots$  = alueiden A, B ... pintalojen suhteet koko ainekerroksen pinta-alaan.

Lämmönläpäisykerrointa laskettaessa otetaan yleensä huomioon kylmäsilloista johtuva lämmönläpäisykerroin kasvu. Kylmäsilloja aiheuttavat esim. metalliset jäykisteet ja siteet. Rakennusosan lämmönläpäisykerroin  $k$  voidaan otaksua kasvavan määrällä 0,01 W/m<sup>2</sup>K käytettäessä Ø 4 mm ruostumattomia terässiteitä 4 kpl/m<sup>2</sup> ja määrällä 0,05 W/m<sup>2</sup>K käytettäessä Ø 4 mm kuparisiteitä 4 kpl/m<sup>2</sup>.

Seinän ja palkiston liittymäkohdissa olevien kylmäsillojen vaikutusta ei oteta huomioon rakennusosan lämmönläpäisykerrointa laskettaessa. Kylmäsilloihin on kuitenkin kiinnitettävä huomiota eristyksen rakenteellisen suunnittelun yhteydessä.

Tuuletetun ilmaraon ja sen ulkopuolella olevan ainekerroksen lämmönvastuksen saa ottaa huomioon lämmönläpäisykerrointa laskettaessa ainoastaan, mikäli ilmaraon ja sen ulkopuolella olevan ainekerroksen vaikutus rakenteeseen on erikseen selvitetty.

### 3 Rakenteen suunnittelu ja eristystyön suoritus

#### 3.1 Lämmöneristeet rakenteissa

Rakenteiden lämmöneristysten tulee olla tarkoitukseensa soveltuvia. Niiden tulee säilyttää ominaisuutensa työnaikaisissa olosuhteissa sekä toimia suunnitellulla tavalla rakenteen kestoian.

Suunnitelmissa esitetään eristeiden käyttö rakenteessa siten, että niistä käy ilmi lämmöneristävyyslaskelmissa käytettävän  $\lambda_n$ -arvon edellyttämä suojaus- ja asennustapa. Eristysaine ja sen ominaisuudet tulee valita siten, että eristysaine täyttää kokonaan lämmöneristykseen varatun tilan. Työn ja käytön aikana mahdolliset eristettä rasittavat kuormitukset on otettava huomioon eristettä valittaessa.

Suunnitelmissa on pyrittävä suoraviivaisiin rakennusratkaisuihin eristetilan rajapinnoissa, jotta tarvittava työstäminen on mahdollisimman vähäistä. Mikäli näin ei voida menetellä, on eristetilan täyttämistä reuna-alueilla esitettävä työtapaa tai menetelmää.

#### 3.2 Suojaaminen tuulta vastaan

Tuulelle alttiin rakennusosan lämmöneritys on suojattava tarkoituksenmukaisella tavalla tuulen haittavaikutuksilta. Tuulensuojan tulee olla kauttaaltaan peittävä ja niin tiivis, että se estää lämmöneristävyttä oleellisesti vähentävien hallitsemattomien ilmapirtausten tunkeutumisen raken-

teen läpi tai sisään (esim. rakojen kautta tai ilmaa läpäisevässä eristeessä). Erityisesti on tuulensuojasta huolehdittava ulkoseinän ja perusmuurin liittymässä, ulkoseinien nurkissa, ulkoseinän ja yläpohjan liittymässä sekä aukkojen pielissä.

Ulkoseinässä ei tarvita erillistä tuulensuojakerrosta, jos lämmöneristykseen ulkopuolella oleva rakenne on sellaisenaan tuulenpitävä.

#### 3.3 Suojaaminen sisäpuoliselta kosteudelta

Jos lämmöneristykseen kylmällä puolella on tiivis kerros, jonka höyrynvastus on suuri eristyskerroksen höyrynvastukseen verrattuna on huolehdittava siitä, ettei lämpimältä puolelta pääse vuotamaan ilmaa eikä tunkeutumaan vesihöyryä haitallisessa määrin rakenteen kylmään osaan. Tällainen rakennusosa tulee varustaa riittävän lämpimään kohtaan asetetulla höyrinsululla, jonka höyrynvastus on suurempi (vähintään viisinkertainen) kuin sen kylmällä puolella olevan rakenteen, tai kosteuden liiallinen keräytyminen tulee estää tuulettamalla. Höyrinsulun saumojen ja liittosten tiivistäminen on tehtävä huolella.

#### 3.4 Lämmöneristeiden käsittely ja varastointi

Lämmöneristeitä on käsiteltävä ja varastoitava sekä eristystyön aikana suojattava siten, että eristeet eivät pääse kostumaan, eivätkä muutoinkaan vahingoitu.

#### 3.5 Lämmöneristeiden asentaminen

Eristekappaleet on asennettava paikoilleen siten, että ne liittyvät hyvin eristetilaa rajoittaviin pintoihin sekä toisiinsa ja täyttävät kokonaan eristeelle varatun tilan. Eristekappaleiden tulee yleensä olla mahdollisimman suuria, ehjiä ja riittävän mittatarkkoja, ettei eristykseen tai sen liitoskohtiin jäisi haitallisia rakoja tai onteloita. Saumojen ei yleensä saa sijoittaa kohdakkain käytettäessä useita eristekerroksia. Eristyksen mahdolliset vajaukset on korjattava käyttämällä samaa eristysainetta tai lämmönjohtavuudeltaan riittävän hyvää eristysainetta. Valmistusta ei saa kuormittaa siten, että se voi vahingoittua tai puristua suunniteltua ohuempaksi.

### 4 Rakennusaineiden ja -tarvikkeiden lämmönjohtavuudet

Taulukossa 1 sarakkeessa 5 on annettu käytännön rakennustoiminnan tarpeisiin soveltuvia rakennusaineiden ja tyyppihyväksymättömien lämmöneristeiden normaalisen lämmönjohtavuuden ( $\lambda_n$ ) arvoja. Annetut arvot pätevät edellyttäen, että aineen keskilämpötila on n. + 10°C, aineen vesipitoisuus on likimain normaalin (sarakkeen 4 mukainen) ja aine on kuivatiheydensä ja muiden tunnusmerkeinä käytettyjen ominaisuuksiensa puolesta asetettujen vaatimusten mukainen. Lisäksi edellytetään, että ainetta käytetään lämpötekniikalta tarkoituksenmukaisesti ja hyvää rakennustapaa noudattaen. Tämä tarkoittaa erityisesti sitä, ettei ainekerrokseen saa kertyä liikaa kosteutta ja ettei ainekerroksen sisällä, lävitse tai ympäri saa esiintyä ilmapirtausta, jotka huonontavat olennaisesti lämmöneristävyttä. Mikäli on otaksuttavissa, että aineen vesipitoisuus ylittää taulukossa annetun arvon tai että vahingollisia ilmapirtausta esiintyy, on normaalisen lämmönjohtavuuden arvoa suurennettava vastaavasti.

Ainekerroksen, erityisesti lämmöneristyksen läpi menevien tai siihen rajoittuvien muiden rakenneosien ja aineiden (tukirakenteet, saumaaineet, siteet, kiinnikkeet, läpiviennit jne.) kautta tapahtuvaa lämmönsiirtymistä, eristyskerroksen ohentumista esim. siihen tunkeutuvan valumassan tai ulkoisen puristuksen vaikutuksesta, samoin kuin ainekerroksen läpi johdetun tuuletusilmavirran mukana tapahtuvaa lämmön kuljetusta ei sisällytetä aineen  $\lambda_n$ -arvoon, vaan ne on otettava erikseen huomioon rakenteen k-arvoa määritettäessä.

Taulukon 1 alaviittein on varsinaisille lämmöneristeille annettu useita eri lämmönjohtavuusarvoja riippuen eristeen suojaus- tai asennustavasta. Suojaustavassa (alaviitteet 1–4) huomioidaan eristettä suojaavien pintojen tiiviysaste sekä toiselta puolelta suojaamattomaan eristeeseen vaikuttavan ilmavirran nopeus. Asennustapaehdoilla (alaviitteet 6 ja 7) pyritään varmistamaan se, ettei eristekerrokseen tai eristeen ja tiivistävien pintojen väliin jää ilmarakoja tai onteloita sekä ehdolla 8 lisäksi se, ettei eristeen solukaasukoostumus muutu olennaisesti diffuusion vaikutuksesta eristeen käyttötien aikana.

Tyyppihyväksytyt lämmöneristeet, joilla on taulukon 1  $\lambda_n$ -arvoja paremmat lämmönjohtavuusarvot, mainitaan tyyppihyväksyntäluettelossa. Tyyppihyväksyntäpäätöksissä esitetään näiden lämmöneristeiden normaaliset lämmönjohtavuudet ( $\lambda_n$ ) ja niitä vastaavat suojaus- ja asennustapaehdot.

Taulukossa 1 käytetään seuraavia merkintöjä:

$\rho$  aineen suurin keskimääräinen kuivatiheys tai rajat, joiden välissä tiheys saa vaihdella.

Muurattujen seinien kohdalla on kuivatiheys-sarakkeessa ilmoitettu muurauskiven kuivatiheys. Reikäkiven kuivatiheytenä käytetään bruttotiheyttä, so. massa jaettuna tilavuudella ottamatta huomioon reikävähennystä.

$\lambda_{10}$  olosuhteissa +20°C/65 % ilmastoidun aineen keskimääräinen lämmönjohtavuus +10°C keskilämpötilassa.

$w_n$  aineen keskimääräinen (normaalinen) vesipitoisuus rakennusosassa käyttöolosuhteissa.

$\lambda_n$  normaalin lämmönjohtavuus

**Taulukko 1.**  
Rakennusaineiden normaaliset lämmönjohtavuudet.

1	2	3	4	5	6
Aine, tarvike	Kuivatiheys	Lämmönjohtavuus	Vesipitoisuus	Normaalinen lämmönjohtavuus $\lambda_n$	Alaviitehuomautus
	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda_{10}$ W/m K	$w_n$ % kuivapainosta	W/m K	
<b>Eristyslevyt ja -matot</b>					
korkkilevy (paisutettu)	150	0,035	3	0,045 0,050	1), 2) tai 3) 4)
	200	0,040	3	0,050 0,055	1), 2) tai 3) 4)
lastuvillalevy	150–350	0,070	8	0,09 0,11	1) 3) tai 4)
mineraalivilla 5)	15–300	0,040	0,5	0,050 0,055 0,060	1) 2) tai 3) 4)
puukuitulevy, bitumipitoinen	350	0,055	10	0,065	
puukuitulevy, huokoinen	300	0,045	10	0,055	

- 1) Eristys on molemmilta puoliltaan kiinni tiiviissä pinnassa (esim. betoni, tiiliverhous, tiivis levy, muovikalvo, eristyspaperi tms. pitävästi saumattuna).
- 2) Seinässä olevan eristyksen lämmin puoli on kiinni tiiviissä pinnassa ja toisella puolella on tuulensuoja ilman tiivistävää saumausta (esim. rakennuslevy puskusaumoin ja naulakiinnityksellä tai rakennuspaperi puristetuin, mutta tiivistämättömin limisaumoin).
- 3) Ylä- tai alapohjassa olevan eristyksen toinen puoli on kiinni tiiviissä pinnassa ja toisella puolella on tuulensuoja ilman tiivistävää saumausta tai ilmatila, jossa virtausnopeus on enintään 1 m/s.
- 4) Seinässä olevan eristyksen toinen puoli on kiinni tiiviissä pinnassa ja toisella puolella on ilmarako tai tila. Ylä- tai alapohjassa olevan eristyksen toisella puolella on ilmatila, jossa virtausnopeus voi olla suurempi kuin 1 m/s.
- 5) Kuidun keskipaksuus on enintään 8  $\mu\text{m}$ , kun  $p = 15\text{--}30 \text{ kg/m}^3$ , muulloin enintään 15  $\mu\text{m}$ .

1	2	3	4	5	6
Aine, tarvike	Kuiva- tiheys	Lämmön- johtavuus	Vesi- pitoi- suus	Normaa- linen lämmön- johta- vuus	Alaviite- huomautus
	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda_{10}$ W/m K	$w_n$ % kuiva- painosta	$\lambda_n$ W/m K	
solulasilevy	180 150 130	0,060 0,055 0,050		0,070 0,065 0,060	6) 6) 6)
solumuovilevy, polystyreeniä	30–60 17–29,9 10–16,9	0,033 0,037 0,044	2 2 2	0,041 0,045 0,045 0,050 0,055	1), 2) tai 3) 4) 1), 2) tai 3) 4)
solumuovilevy, suulakepuristusmenetelmällä valmistettu, polystyreeniä, suurimolekyylinen täytekaasu	35–40	0,030	2	0,037 0,041	1), 2) tai 3) 4)
solumuovi, polyuretaania, paisutettu suurimolekyylisellä täytekaasulla	30–60	0,026 0,019	2	0,030 0,033 0,037 0,024	1) ja 7) 1), 2) tai 3) 4) 8)
<b>Kevytbetoni</b>					
karkaistu kevytbetoni elementteinä					
yläpohjassa kuivan huonetilan yläpuolella	450 500 600	0,10 0,12 0,15	4 4 4	0,12 0,14 0,17	
alapohjassa lämmittämätöntä tilaa vasten	450 500 600	0,10 0,12 0,15	6 6 6	0,13 0,15 0,18	
ulkoseinässä maanpinnan yläpuolella	400 450 500	0,08 0,11 0,12	6 6 6	0,11 0,13 0,15	
pintaverhottuna ulkoseinässä maanpinnan yläpuolella	400 450 500	0,08 0,11 0,12	4 4 4	0,10 0,12 0,14	10) 10) 10)
ulkoseinässä maanpinnan alapuolella	500	0,12	15	0,20	9)
karkaistu kevytbetoni muurattuna					
sisätilassa ja pintaverhottuna ulkotilassa	400 450 500 600	0,09 0,11 0,12 0,15	4 4 4 4	0,12 0,14 0,15 0,18	10) 10) 10) 10)
maanpinnan yläpuolella	400 450 500	0,09 0,11 0,12	6 6 6	0,18 0,19 0,21	11) 11) 11)
maanpinnan alapuolella	500 600	0,12 0,15	15 15	0,25 0,28	9) 9)
ohut- tai liimasaumoin maanpinnan yläpuolella	400 450 500 600	0,09 0,11 0,12 0,15	6 6 6 6	0,14 0,16 0,17 0,20	11) 11) 11) 11)
ohut- tai liimasaumoin maanpinnan alapuolella	500 600	0,12 0,15	15 15	0,21 0,23	9) 9)
<b>KevytSORabetoni</b>					
elementteinä					
maanpinnan yläpuolella	800 650	0,21 0,16	4 4	0,23 0,20	11) 11)
maanpinnan alapuolella	800 650	0,21 0,16	10 10	0,27 0,23	12) 12)

6) Eristelevy on saumattu esim. bitumilla.

7) Eriste on paisutettu eristetilassa.

8) Eriste on paisutettu kaasujen diffuusion kannalta tiiviiksi katsottavaan tilaan kuten peltikoteloon tai vastaavaan.

9) Koskee bitumisiveltyä kellarin seinää, kun kellaritila on lämmitetty ja hyvintuuletettu. Jos kellarin seinä varustetaan kapillaarisesti imeytyvän nousun katkaisevalla, mutta diffuusion sallivalla ainekerroksella (esim. mineraalivilla tai ilmatilan muodostava levy), saadaan sarakkeessa 5 annettuja lämmönjohtavuuksia vähentää 0,02 W/m K.

1	2	3	4	5	6
Aine, tarvike	Kuiva- tiheys	Lämmön- johtavuus	Vesi- pitoi- suus	Normaa- linen lämmön- johta- vuus	Alaviite- huomautus
	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda_{10}$ W/m K	$w_n$ % kuiva- painosta	$\lambda_n$ W/m K	
kevytsorabetonikappaleet muurattuina, 10 mm saumat					
maapinnan yläpuolella täydet saumat	650	0,16	4	0,25	11)
maapinnan yläpuolella, rakosaumat	650	0,16	4	0,21	11)
maata vasten, täydet saumat	650	0,16	7	0,26	9)
kevytsorabetonikappaleet ladottuina sisäpuolisena eristeenä	650	0,16	2	0,19	
ulkopuolisena eristeenä maapinnan ylä- puolella	650	0,16	4	0,20	11)
maata vasten	650	0,16	10	0,23	12)
tiivis kevytsorabetoni paikoilleen valettuna	1600	0,75	3	0,80	
	1400	0,60	3	0,65	
	1200	0,46	3	0,50	
	1000	0,35	3	0,40	
valetut kevytsorabetonieristykset ylä- ja alapohjassa	600	0,15	2	0,17	
	500	0,13	2	0,14	
	400	0,11	2	0,13	
maata vasten	600	0,15	6	0,20	
	500	0,13	6	0,17	
	400	0,11	6	0,15	
<b>Sahanpurubetoni</b>					
kuivassa tilassa	1300	0,35	1	0,45	
<b>Täyteaineet 13)</b>					
kevytbetonimurske	400		4	0,15	
kevytsora, ylä- ja ala- pohjassa	320	0,09	0,5	0,10	14)
	280	0,08	0,5	0,09	14)
maata vasten	320		6	0,13	
	280		6	0,12	
koksikuona kutterinlastu, löysänä	700		3	0,25	14)
sullottuna	80		12	0,14	
	120		12	0,08	
masuunikuona, rakeistettu	250		0,5	0,12	14)
	150		0,5	0,10	14)
mineraalivilla, koneellisesti puhallettuna	50–90	0,040	0,5	0,055	15)
sahanpuru, löysänä	120		12	0,12	
sullottuna	200		12	0,08	
solumuovipuru polystyreenia	10–20		2	0,06	

10) Pintaverhouksella tarkoitetaan levyverhousta hyvin-  
tuuletetun ilmaraon ulkopuolella.

11) Koskee rapattua seinää, joka ei ole alttiina myrskysa-  
teille. Ellei myrskysateilla alttiissa seinässä ole veden  
tunkeutumista estävää pintakerrosta, voi seinässä  
esiintyä huomattavasti normaalista suurempia vesi-  
pitoisuusarvoja. Koska lämmöneristävyys heikkenee  
suuresti vesipitoisuuden kasvaessa, niin tällaisten  
seinien rakennusaineiden lämmönjohtavuutta on  
suurennettava 4 % kutakin vesipitoisuuden lisäpro-  
senttia kohti. Karkaistulla kevytbetonilla saumanpak-  
suuden otaksutaan olevan muurattuna 12 mm, ohut-  
saumoin 3 mm ja liimattuna 1 mm.  $\lambda_n$ -arvot on tar-  
koitettu normaalikoolle 200 x 600 mm. Muita sauma-  
paksuuksia ja kokoja voi esiintyä, jolloin saumojen  
osuus voi muuttaa  $\lambda_n$ -arvoja.

12) Koskee betonisen perusmuurin ulkopuolista eristys-  
tä.

13) Annetut lämmönjohtavuudet soveltuvat vain kuivissa  
tiloissa oleville täyhteille. Aineen ollessa kosketuksis-  
sa maahan määritetään lämmönjohtavuus vastaavan  
suuremman vesipitoisuuden perusteella.

14) Käytettäessä täyteainetta yläpohjan eristeenä ilman  
yläpuolista tiivistävää kerrosta on annettuun  $\lambda_n$ -ar-  
voon lisättävä 0,02 W/m K.

15) Revitty kivillä, kuidun keskipaksuus enintään 8  $\mu$ m.

1	2	3	4	5	6
Aine, tarvike	Kuiva- tiheys	Lämmön- johtavuus	Vesi- pitoi- suus	Normaa- linen lämmön- johta- vuus $\lambda_n$	Alaviite- huomautus
	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda_{10}$ W/m K	$w_n$ % kuiva- painosta	W/m K	
<b>Sekalaisia rakennusaineita ja tarvikkeita</b>					
asbestisementtilevy	1 800	0,40	2	0,60	
asbestisilikaattilevy	800 600	0,13 0,12	4 4	0,19 0,18	
asfaltti	1 200			0,80	
betoni	2 300	0,90	2	1,7	
betonireikäkivet muurattuina	1 400	0,42	3	0,55	
betonitäyskivet muurattuina	2 000	0,70	2	1,2	
bitumi	1 050			0,18	
graniitti, gneissi	2 700			3,5	
kalkkihiekkakivet muurattuina	1 900	0,70	3	0,95	
kipsilevy	900			0,23	
lastulevy	600 400	0,13 0,11	10 10	0,14 0,12	
rappauslaastit					
sementtilaasti	2 000	0,70	2	1,2	
kalkkisementtilaasti	1 800	0,65	2	1,0	
kalkkilaasti	1 700	0,50	2	0,90	
tiilikivet muurattuina					
täyskivet, isokokoiset	1 700	0,60	1	0,70	
reikäkivet (leveys $\geq$ 16 cm)	1 500 1 300	0,50 0,45	1 1	0,60 0,50	
reikäkivet ja kennokivet (vähintään 19 reikää)	1 500 1 300	0,60 0,50	1 1	0,70 0,60	
puu, mänty, kuusi	500	0,12	16	0,14	
puukuitulevy, kova	1 000	0,12	8	0,13	
puolikova	800	0,10	9	0,11	

## 5 Lämmönvastuksia

### 5.1 Pahvikerroksen lämmönvastus

**Taulukko 2**

Pahvikerroksen lämmönvastus  $m_a$

Pahvikerroksen sijainti	Lämmönvastus $m^2K/W$
Toinen pinta kiinteää ainetta, esim. lautaseinää vasten <sup>1)</sup>	0,02
Kiinteiden aineiden välissä <sup>1)</sup>	0,04

<sup>1)</sup> Lämmönvastus sisältää sekä pahvikerroksen lämmönvastuksen että sen ja kiinteän aineen, lautakerroksen tms., väliin muodostuvan ohuen ilmakerroksen lämmönvastuksen. Pahvikerros ei saa olla sellainen, että se aiheuttaa vesihöyryn tiivistymistä rakenteeseen.

### 5.2 Ilmakerroksen lämmönvastus

#### 5.2.1 Tuuletetun ilmaraon lämmönvastus

Tuuletetun ilmaraon lämmönvastusta ei saa ottaa huomioon laskelmissa ellei ilmakerroksen ja sen ulkopuolella olevan ainekerroksen vaikutusta rakenteeseen ole erikseen selvitetty.

#### 5.2.2 Tuulettamattoman ilmaraon lämmönvastus

Taulukoissa 3 ja 4 esitetyt lämmönvastukset pätevät tuulettamattomalle ilmaraolle.

**Taulukko 3**

Tuulettamattoman ilmaraon lämmönvastus  $m_i$

Ilmakerrosta rajoittaa puu, tiili, betoni tai muu säteilyker-toimeltaan vastaava pinta.

Ilmakerroksen paksuus mm	Lämmönvastus $m_i$ $m^2K/W$	
	Ilmarako vaaka-suora, lämpö siirtyy ylöspäin tai ilmarako pysty-suora	Ilmarako vaaka-suora, lämpö siirtyy alaspäin
5	0,10	0,11
10	0,13	0,14
20	0,16	0,18
≥ 50	0,17	0,21

**Taulukko 4**

Tuulettamattoman ilmaraon lämmönvastus  $m_i$

Ilmakerrosta rajoittaa toisella puolella puhdas, kuiva, metallinen alumiinipinta.

Ilmakerroksen paksuus mm	Lämmönvastus $m_i$ $m^2K/W$	
	Ilmarako vaaka-suora, lämpö siirtyy ylöspäin, alumiinipinta yläpuolella tai ilmarako pystysuora	Ilmarako vaaka-suora, lämpö siirtyy alaspäin, alumiinipinta yläpuolella
5	0,17	0,18
10	0,28	0,34
20	0,42	0,54
50	0,47	0,92
100	0,43	1,18

### 5.3 Maan lämmönvastus

#### 5.3.1 Yleistä

Maan lämmönvastus saadaan ottaa huomioon laskettaessa maanvaraisen lattian ja kellarin ulkosei-

nän lämmönvastuksia. Tällöin käytetään kohtien 5.3.2–5.3.4 mukaisia lämmönvastusarvoja ellei lämmönvirtauksesta rakennuksen alla tehdä tarkempia laskelmia tai kokeita

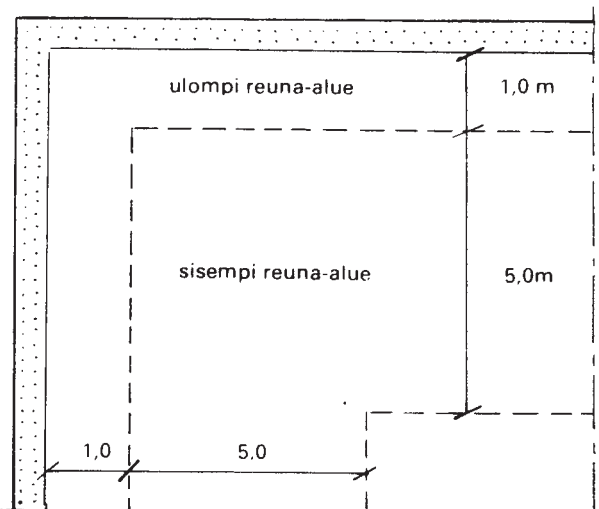
#### 5.3.2 Perusmaa

Laskettaessa perusmaan lämmönvastusta oletetaan maanvaraisen alapohjan reuna-alue jaetuksi ulompaan ja sisempään alueeseen kuvan 5 mukaisesti. Laskelmissa käytetään perusmaan lämmönvastuksena  $m_m$  taulukossa 5 sarakkeissa 3 ja 4 annettuja arvoja. Pintavastukset eivät sisälly taulukon 5 arvoihin.

Taulukon arvoja voidaan käyttää, jos pohjalaatan alapinta on enintään 300 mm viereistä maanpintaa ylempänä ja pohjalaatan alla oleva maakerros on vähintään 1,2 m paksu.

Laskettaessa lattiarakenteen ja perusmaan lämmönvastusta otaksutaan perusmaan alkavan salaojituskerroksen alapuolella kuitenkin enintään 200 mm lattialaatan alla.

Somerosta tai sepelistä tehdyn salaojituskerroksen ollessa vähintään 150 mm paksuinen otaksutaan kerroksen lämmönvastukseksi 0,2  $m^2K/W$ .



**Kuva 5**

Maanvaraisen alapohjan aluejako

**Taulukko 5**

Perusmaan normaalit lämmönjohtavuudet ja lämmönvastukset

Maa-aines	Normaalinen lämmönjohtavuus $\lambda_n$ $W/m K$	Perusmaan lämmönvastus $m_m$ $m^2K/W$			
		Perusmaa		Perusmuurin viereinen maa	
		ulompi reuna-alue	sisempi reuna-alue	0–1 m maanpinnan alla	1–2 m maanpinnan alla
1	2	3	4	5	6
Savi					
Hiekka ja sora, salaojitettu	1,4	0,8	3,20	0,40	1,60
Hiesu ja hieta					
Hiekka ja sora, salaojittamaton	2,3	0,50	2,00	0,25	1,00
Moreeni					
Kallio	3,5	0,30	1,20	0,15	0,60

### 5.3.3 Perusmuurin viereinen maa

Perusmuurin vieressä olevan maan lämmönvastuksena  $m_m$  käytetään taulukossa 5 sarakkeissa 5 ja 6 annettuja arvoja.

### 5.3.4 Perusmaa kellarin lattian alapuolella

Jos kellarin lattia sijaitsee vähintään 1,0 m maanpinnan alapuolella, voidaan lämmönvastukselle  $m_m$  käyttää taulukossa 5 sarakkeessa 4 sisemmälle reuna-alueelle annettuja arvoja. Korkeammalla sijaitsevalle kellarin lattialle käytetään samoja arvoja kuin kohdassa 5.3.2 maanpinnan tasossa olevalle lattialle.

## 6 Ikkunan lämmönläpäisykerroin

### 6.1 Valoaukon lämmönläpäisykerroin

Valoaukolla tarkoitetaan ikkunan lasi- tai muiden ainekerrosten muodostamaa läpinäkyvää aluetta. Jos samassa valoaukossa on erikokoisia laseja, katsotaan valoaukon pinta-alaksi suurimman lasin ala. Määritettäessä kupumaisen ikkunan lämmönläpäisykerrointa katsotaan valoaukon pinta-alaksi aukon reunojen rajoittaman tasopinnan (projektiopinnan) ala.

Tavanomaisella lasituksella varustetun ikkunan valoaukon lämmönläpäisykerroin  $k_v$  lasketaan kaavalla (3). Saatu lukuarvo ilmoitetaan kolmella merkitsevällä numerolla pyöristettynä lähinnä suurempaan tai yhtäsuureen 0:lla tai 5:llä päättyvään lukuun.

$$k_v = \frac{1}{m_s + m_u + m_{i1} + m_{i2} + \dots + m_{in}} \quad (3)$$

$m_s + m_u$  on sisä- ja ulkopuolisen pintavastuksen summa (taulukko 6)

$m_{i1}, 2, \dots, n$  on ilmvälän 1, 2, ..., n lämmönvastus (taulukko 7)

#### Taulukko 6

Sisä- ja ulkopuolisen pintavastuksen summa  $m_s + m_u$  ikkunan kohdalla

ikkunan asento	$m_s + m_u$ m <sup>2</sup> K/W
pystysuora	0,20
vaakasuora	0,18

#### Taulukko 7

Pystysuoran ilmvälän lämmönvastus  $m_i$

Ilmvälän paksuus mm	Ilmvälän lämmönvastus $m_i$ , m <sup>2</sup> K/W <sup>1)</sup>		
	Lasikerrosten lukumäärä		
	2	3	≥ 4
6	0,105		
9	0,130		
12	0,150		
15	0,155	0,160	0,165
20	0,165	0,170	0,175
30–120	0,170	0,175	0,180

<sup>1)</sup> Annetuissa  $m_i$ -arvoissa on otettu huomioon umpiolasin reunalistan sekä erillislasi-ikkunan ilmvälän mahdollisen lievän tuulettavuuden arvioitu lämmönvastusta pienentävä vaikutus.

Vaakasuoran ikkunan ilmvälän lämmönvastus saadaan vähentämällä 20 % taulukossa 7 annetuista arvoista.

Kaava (3) ei sovellu käyttöön, jos lasivälien kautta ohjataan hallittu ilmavirtaus rakennuksen ilmanvaihdon tarpeisiin (raitis-, poisto- tai kiertoilmalaskuna), eikä taulukko 7, jos valoaukossa on pitkäaaltoista säteilyä läpäiseviä tai sitä olennaisesti heijastavia ainekerroksia tai hermeettisesti ja diffuusiotiiviisti suljetuissa lasiväleissä on muuta täytekaasua kuin ilmaa. Mainituissa tapauksissa on ikkunan lämmönläpäisykerroin määritettävä erikseen esim. kokeellisesti.

### 6.1.1 Erillislasi-ikkuna

Erillislasi-ikkunoiden valoaukon lämmönläpäisykerroina  $k_v$  käytetään taulukossa 8 esitettyjä arvoja, mikäli ikkuna on tiivistetty siten, että ilmvälät tuulettuvat vain lasipintojen kondenssin välttämiseksi tarvittavissa määrin.

#### Taulukko 8

Erillislasi-ikkunoiden valoaukon lämmönläpäisykerroin  $k_v$

Ilmvälän paksuus mm	Valoaukon lämmönläpäisykerroin $k_v$ , W/m <sup>2</sup> K	
	Lasikerrosten lukumäärä	
	2	3
20...30	2,75	1,90
30...120	2,75	1,85

### 6.1.2 Umpiolasi-ikkuna

Umpiolasi-ikkunalla tarkoitetaan ikkunaa, jonka ilmvälät on suljettu täysin tiiviisti (hermeettisesti).

Umpiolasi-ikkunan valoaukon lämmönläpäisykerroina  $k_v$  käytetään taulukossa 9 esitettyjä arvoja.

#### Taulukko 9

Umpiolasi-ikkunan valoaukon lämmönläpäisykerroin  $k_v$

Ilmvälän paksuus mm	Valoaukon lämmönläpäisykerroin $k_v$ , W/m <sup>2</sup> K	
	Lasikerrosten lukumäärä	
	2	3
6		2,45
9		2,20
12	2,90	2,00
15	2,85	1,95

### 6.1.3 Yhdistelmäikkuna

Yhdistelmäikkunalla tarkoitetaan ikkunaa, jonka valoaukossa on sekä umpio- että erillisiä laseja tai useampia umpiolasia. Yhdistelmäikkunan valoaukon lämmönläpäisykerroina käytetään taulukossa 10 esitettyjä arvoja.

#### Taulukko 10

Yhdistelmäikkunan valoaukon lämmönläpäisykerroin  $k_v$

Lasitustapa	Ilmväliden paksuudet mm	Valoaukon lämmönläpäisykerroin $k_v$ , W/m <sup>2</sup> K
umpio- ja erillislasi	12/20...120	1,95
	15/20...120	1,90
kaksi umpiolasia	12/20...120/12	1,50
	15/20...120/15	1,45

### 6.1.4 Kattoikkuna

Kupumaisten kattoikkunoiden valoaukon lämmönläpäisykerroimina voidaan käyttää taulukon 11 mukaisia arvoja.

**Taulukko 11**

*Kattoikkunan valoaukon lämmönläpäisykerroin  $k_v$*

Ilmavälien lukumäärä	Valoaukon lämmönläpäisykerroin $k_v$ W/m <sup>2</sup> K
1	3,1
2	2,1

Kuvissa tulee pyrkiä käyttämään vakiopaksuisia ilmävälejä reuna-alueen kondenssin välttämiseksi.

### 6.2 Karmi- ja puiteosan lämmönläpäisykerroin

Mikäli karmi- ja puiteosa on homogeeninen (esim. tavanomainen puurakenne), lasketaan sen lämmönläpäisykerroin  $k_p$  kaavalla (4). Saatu lukuarvo ilmoitetaan kolmella merkitsevällä numerolla pyöristettynä lähinnä suurempaan tai yhtäsuureen 0:lla tai 5:llä päättyvään lukuun.

$$k_p = \frac{1}{m_s + m_u + \frac{\beta \cdot \delta}{\lambda}} \quad (4)$$

- $\delta$  on karmi- ja puiteosan keskimääräinen paksuus, m  
 $\lambda$  on karmi- ja puiteaineen lämmönjohtavuus, W/m K  
 $\beta$  on todellisuudessa moniulotteisen lämpövirtauksen huomioon ottava korjauskerroin, avattavilla ikkunoilla  $\beta = 0,7$  ja kiinteillä  $\beta = 0,8$

$m_s + m_u$  on pintavastusten summa (taulukko 6)

Kaava (4) ei sovellu ontoille ja/tai profiilirakenteisille karmi- ja puiteosille. Näiden lämmönläpäisykerroin on tarvittaessa määritettävä erikseen esim. kokeellisesti.

### 6.3 Ikkunan keskimääräinen lämmönläpäisykerroin

Ikkunan keskimääräinen lämmönläpäisykerroin  $k$  lasketaan kaavalla (5). Saatu lukuarvo ilmoitetaan kahdella merkitsevällä numerolla.

$$k = k_v \frac{A_v}{A} + k_p \frac{A - A_v}{A} \quad (5)$$

$A_v$  on valoaukonpinta-ala

$A$  on karmen ulkoreunan rajoittama ikkunan pinta-ala