

C 4

SUOMEN RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA

Lämmöneristys
Ohjeet 1978

kumottu

Sisäasiainministeriö

Määräykset ovat sitovia. Rakennuslain 132 §:n mukaan on ympäristöministeriöllä kaupungin sekä lääninhallituksella muun kunnan osalta kuitenkin valta lainkohdasta ilmenevin edellytyksin myöntää poikkeus rakentamista koskevista säännöksistä, määräyksistä, kielloista ja muista rajoituksista. Sama oikeus on rakennuslautakunnalla, milloin on kysymys vähäisestä poikkeamisesta.

Ohjeet esittävät hyväksyttäviä ratkaisuja. Rakennusvalvontaviranomaisen on näin ollen hyväksyttävä ohjeiden mukainen rakentaminen. Rakentamisessa voidaan kuitenkin käyttää myös muita ratkaisuja, mikäli rakennusvalvontaviranomainen katsoo niiden täyttävän säännösten ja määräysten vaatimukset.

Tämä on erillispainos Suomen rakentamismääräyskokoelman C 1—4 neljänestä painoksesta.

ISBN 951-860-996-9

Valtion painatuskeskus. Helsinki 1988.

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 Ilmakerroksen 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 (λ)

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 tilojen 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 ilmakerroksen lämmönvastus

m_m = perusmaan lämmönvastus

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

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

ulkoilmaan rajoittuville rakennusosille 0,20 m^2K/V
tuulensuojajaiseen tilaan rajoittuville 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, laskeaan 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 ... pinta-alojen suhteet koko ainekerroksen pinta-alaan.

Lämmönläpäisykerrointa laskettaessa otetaan yleensä huomioon kylmäsilloista johtuva lämmönläpäisykerroin kasvu. Kylmäsiltoja aiheuttavat esim. metalliset jäykisteet ja siteet. Rakennusosan lämmönläpäisykerroin k voidaan otaksua kasvavan määrällä $0,01 \text{ W/m}^2\text{K}$ käytettäessä $\varnothing 4 \text{ mm}$ ruostumattomia terässiiteitä 4 kpl/m^2 ja määrällä $0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$ käytettäessä $\varnothing 4 \text{ mm}$ kuparisiiteitä 4 kpl/m^2 .

Seinän ja palkiston liittymäkohdissa olevien kylmäsiltojen vaikutusta ei oteta huomioon rakennusosan lämmönläpäisykerrointa laskettaessa. Kylmäsiltoihin 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 tarkoituksensa soveltuvia. Niiden tulee säilyttää ominaisuutensa työnaikaisissa olosuhteissa sekä toimia suunnitellulla tavalla rakenteen kestoajan.

Suunnitelmissa esitetään eristeiden käyttö rakenteessa siten, että niistä käy ilmi lämmöneristävyyslaskelmissa käytettävän λ_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 rakennusosien eristetilän rajapinnoissa, jotta tarvittava työstäminen on mahdollisimman vähäistä. Mikäli näin ei voida menetellä, on eristetilän täyttämistä reuna-alueilla esitettävä työtapana tai menetelmä.

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 ilmavirtausten 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 lämmöneristysten ulkopuolella oleva rakenne on sellaisenaan tuulenpitävä.

3.3 Suojaaminen sisäpuoliselta kosteudelta

Jos lämmöneristysten 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 höyrynsululla, jonka höyrynvastus on suurempi (vähintään viisinkertainen) kuin sen kylmällä puolella olevan rakenteen, tai kosteuden liiallinen keräytyminen tulee estää tuulettamalla. Höyrynsulun saumojen ja liitosten 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. Saumoja ei yleensä saa sijoittaa kohdakkain käytettäessä useita eristekerroksia. Eristyksen mahdolliset vajaukset on korjattava käyttämällä samaa eristysainetta tai lämmönjohtavuudeltaan riittävän hyvää eristysainetta. Valmista eristystä 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 (λ_n) arvoja. Annetut arvot pätevät edellyttäen, että aineen keskilämpötila on $n. + 10^\circ\text{C}$, aineen vesipitoisuus on likimain normaalin (sarakkeen 4 mukainen) ja aine on kuivatiheydensä ja muiden tunnusmerkkienä käytettyjen ominaisuuksiensa puolesta asetettujen vaatimusten mukainen. Lisäksi edellytetään, että ainetta käytetään lämpötekniseltä kannalta tarkoituksenmukaisesti ja hyvää rakennustapaa noudattaen. Tämä tarkoittaa erityisesti sitä, ettei ainekerrokseen saa kertyä liikaa kosteutta ja ettei ainekerroksen sisällä, lävitse tai ympäri saa esiintyä ilmavirtauksia, jotka huonontavat olennaisesti lämmöneristävyttä. Mikäli on otaksuttavissa, että aineen vesipitoisuus ylittää taulukossa annetun arvon tai että vahingollisia ilmavirtauksia esiintyy, on normaalisen lämmönjohtavuuden arvoa suurennettava vastaavasti.

Ainekerroksen, erityisesti lämmöneristyksen läpi menevien tai siihen rajoittuvien muiden rakenneosien ja aineiden (tukirakenteet, saumaosainet, siiteet, 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 λ_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 tiiviyssaste 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 käyttiän aikana.

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

Taulukossa 1 käytetään seuraavia merkintöjä:

- ρ aineen suurin keskimääräinen kuivatiheys tai rajat, joiden välissä tiheys saa vaihdella.
Muurattujen seinien kohdalla on kuivatiheys-sarakkeessa ilmoitettu muurauskiven kuivatiheys. Reikäkiven kuivatiheydenä käytetään bruttotiheyttä, so. massa jaettuna tilavuudella ottamatta huomioon reikävähennystä.
- λ_{10} olosuhteissa +20°C/65 % ilmastoidun aineen keskimääräinen lämmönjohtavuus +10°C keskilämpötilassa.
- w_n aineen keskimääräinen (normaalinen) vesipitoisuus rakennusosassa käyttöolosuhteissa.
- λ_n normaalin lämmönjohtavuus

Taulukko 1.

Rakennusaineiden normaaliset lämmönjohtavuudet.

1	2	3	4	5	6
Aine, tarvike	Kuivatiheys	Lämmönjohtavuus	Vesipitoisuus	Normaalinen lämmönjohtavuus λ_n	Alaviitehuomautus
	ρ kg/m ³	λ_{10} W/m K	w_n % kuivapainosta	λ_n W/m K	
Eristyslevyt ja -matot					
korkilevy (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	

- Eristys on molemmilta puoliltaan kiinni tiiviissä pinnassa (esim. betoni, tiiliverhous, tiivis levy, muovikalvo, eristyspaperi tms. pitävästi saumattuna).
- Seinässä olevan eristyksen lämmin puoli on kiinni tiiviissä pinnassa ja toisella puolella on tuulensuoja ilman tiivistävää saumausta (esim. rakennuslevy puskaumoin ja naulakiinnityksellä tai rakennuspaperi puristetuin, mutta tiivistämättömin limisaumoin).
- 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.
- Seinässä olevan eristyksen toinen puoli on kiinni tiiviissä pinnassa ja toisella puolella on ilmapäli tai -tila. Ylä- tai alapohjassa olevan eristyksen toisella puolella on ilmatila, jossa virtausnopeus voi olla suurempi kuin 1 m/s.
- Kuidun keskipaksuus on enintään 8 μ m, kun $p = 15 - 30$ kg/m³, muulloin enintään 15 μ m.

1	2	3	4	5	6
Aine, tarvike	Kuiva- tiheys	Lämmön- johtavuus	Vesi- pitoi- suus	Normaa- linen lämmön- johta- vuus λ_n	Alaviite- huomaus
	ρ kg/m ³	λ_{10} W/m K	w_n % kuiva- painosta	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 0,050 0,055	1), 2) tai 3) 4) 1), 2) tai 3) 4)
solumuovilevy, suulakepuristusmenetelmällä valmistettu, polystyreeniä, suurimolekylinen 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)
Kevytbetoni					
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)
Kevytsorabetoni					
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) Eristelevyt 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 λ_n	Alaviite- huomautus
	ρ kg/m ³	λ_{10} W/m K	w_n % kuiva- painosta	W/m K	
kevytsorabetonikappaleet muurattuina, 10 mm saumat					
maanpinnan yläpuolella täydet saumat	650	0,16	4	0,25	11)
maanpinnan 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 maanpinnan yläpuolella	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	
Sahanpurubetoni					
kuivassa tilassa	1300	0,35	1	0,45	
Täyteaineet 13)					
kevytbetonimurske	400		4	0,15	
kevytsora, ylä- ja alapohjassa	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 myrskysateille. Ellei myrskysateilla alttiissa seinässä ole veden tunkeutumista estävää pintakerrosta, voi seinässä esiintyä huomattavasti normaalista suurempia vesipitoisuusarvoja. Koska lämmöneristävyys heikkenee suuresti vesipitoisuuden kasvaessa, niin tällaisten seinien rakennusaineiden lämmönjohtavuutta on suurennettava 4 % kutakin vesipitoisuuden lisäprosenttia kohti. Karkaistulla kevytbetonilla saumanpaksuuden otaksutaan olevan muurattuna 12 mm, ohutsaumoin 3 mm ja liimattuna 1 mm. λ_n -arvot on tarkoitettu normaalikoolle 200 x 600 mm. Muita saumapaksuuksia ja kokoja voi esiintyä, jolloin saumojen osuus voi muuttaa λ_n -arvoja.

12) Koskee betonisen perusmuurin ulkopuolista eristystä.

13) Annetut lämmönjohtavuudet soveltuvat vain kuivissa tiloissa oleville täytteille. Aineen ollessa kosketuksissa maahan määritetään lämmönjohtavuus vastaavan suuremman vesipitoisuuden perusteella.

14) Käytettäessä täyteainetta yläpohjan eristeenä ilman yläpuolista tiivistävää kerrosta on annettuun λ_n -arvoon lisättävä 0,02 W/m K.

15) Revitty kivivilla, kuidun keskipaksuus enintään 8 μ m.

1	2	3	4	5	6
Aine, tarvike	Kuiva- tiheys	Lämmön- johtavuus	Vesi- pitoi- suus	Normaa- linen lämmön- johta- vuus λ_n	Alaviite- huomautus
	ρ kg/m ³	λ_{10} W/m K	w_n % kuiva- painosta	W/m K	
Sekalaisia rakennusaineita ja tarvikkeita					
asbestisementtilevy	1 800	0,40	2	0,60	
asbestisilikaattilevy	800	0,13	4	0,19	
	600	0,12	4	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	0,13	10	0,14	
	400	0,11	10	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 ≥ 16 cm)	1 500	0,50	1	0,60	
	1 300	0,45	1	0,50	
reikäkivet ja kennokivet (vähintään 19 reikää)	1 500	0,60	1	0,70	
	1 300	0,50	1	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 ¹⁾	0,02
Kiinteiden aineiden välissä ¹⁾	0,04

¹⁾ 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 pysty-suora	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.

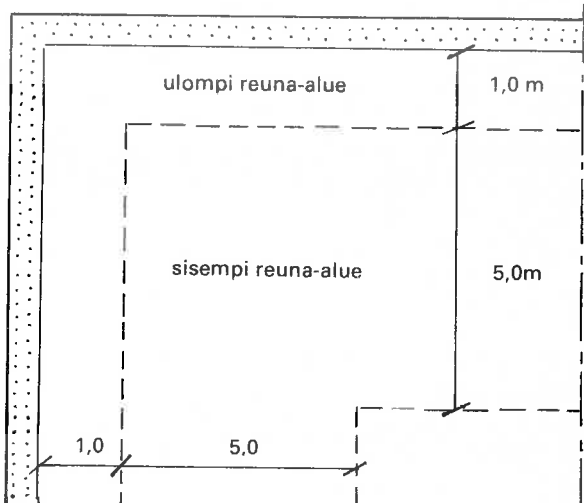
5.3.2 Perusmaa

Laskettaessa perusmaan lämmönvastusta oletetaan maanvaraisen alapohjan reuna-alue jaetuksi ulompaan ja sisempään alueeseen kuvan 5 mukaisesti. Laskelmissa käytetään perusmaan lämmönvastuksena m_m taulukossa 5 sarakkeessa 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 salaojituserroksen alapuolella kuitenkin enintään 200 mm lattialaatan alla.

Somerosta tai sepelistä tehdyn salaojituserroksen 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	Normaali-nen läm-mönjohta-vuus λ_n W/m K	Perusmaan lämmönvastus m_m m^2K/W			
		Perusmaa		Perusmuurin viereinen maa	
		ulompi reuna-alue	sisempi reuna-alue	0–1 m maan-pinnan alla	1–2 m maan-pinnan 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 ilmavälin 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 ² K/W
pystysuora	0,20
vaakasuora	0,18

Taulukko 7

Pystysuoran ilmavälin lämmönvastus m_i

Ilmavälin paksuus mm	Ilmavälin lämmönvastus m_i , m ² K/W ¹⁾		
	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

1) Annetuissa m_i -arvoissa on otettu huomioon umpiolasin reunalistan sekä erillislasi-ikkunan ilmavälien mahdollisen lievän tuulettavuuden arvioitu lämmönvastusta pienentävä vaikutus.

Vaakasuoran ikkunan ilmavälin 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 kiertoilmaikkuna), 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 ilmavälit tuulettuvat vain lasipintojen kondenssin välttämiseksi tarvittavissa määrin.

Taulukko 8

Erillislasi-ikkunoiden valoaukon lämmönläpäisykerroin k_v

Ilmavälin paksuus mm	Valoaukon lämmönläpäisykerroin k_v , W/m ² 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 ilmavälit on suljettu täysin tiiviisti (hermeettisesti).

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

Taulukko 9

Umpiolasi-ikkunan valoaukon lämmönläpäisykerroin k_v

Ilmavälin paksuus mm	Valoaukon lämmönläpäisykerroin k_v , W/m ² 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	Ilmavälien paksuudet mm	Valoaukon lämmönläpäisykerroin k_v , W/m ² K
umpio- ja erillislasi	12/20...120 15/20...120	1,95 1,90
kaksi umpiolasia	12/20...120/12 15/20...120/15	1,50 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 ² K
1	3,1
2	2,1

Kuvuissa tulee pyrkiä käyttämään vakiopaksuisia ilmavälejä 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.

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

δ on karmi- ja puiteosan keskimääräinen paksuus, m

λ on karmi- ja puiteaineen lämmönjohtavuus, W/m K

β on todellisuudessa moniulotteisen lämpövirtauksen huomioon otettava 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

Tätä julkaisua myy



**VALTION
PAINATUSKESKUS**

POSTIMYYNTI

PL 516

00101 Helsinki

Puh. (90) 566 0266

Vaihde (90) 56601

Teleksi 123458 vapk sf

KIRJAKAUPAT HELSINGISSÄ

Annankatu 44

(Et. Rautatiekadun kulma)

Vaihde (90) 173 4396

Eteläesplanadi 4

Puh. (90) 662 801

ISBN 951-860-996-9