

**Lämmöneristys**

**Ohjeet 2003**

**Ympäristöministeriön asetus lämmöneristyksestä**

Annettu Helsingissä 30 päivänä lokakuuta 2002

Ympäristöministeriön päätöksen mukaisesti säädetään 5 päivänä helmikuuta 1999 annetun maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) 13 §:n nojalla:

Rakentamisessa on mahdollisuus yhtenä hyväksyttävänä tapana noudattaa liitteen 1 ohjeita lämmöneristyksestä.

Ohje-ehdotus on ilmoitettu teknisiä standardeja ja määräyksiä ja tietoyhteiskunnan palveluja koskevia määräyksiä koskevien tietojen toimittamisessa noudatettavasta menettelystä annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 98/34/EY, sellaisena kuin se on muutettuna direktiivillä 98/48/EY, mukaisesti.

Tämä asetus tulee voimaan 1 päivänä lokakuuta 2003.

Tällä asetuksella kumotaan sisäasiainministeriön 27 päivänä lokakuuta 1978 antama päätös lämmöneristyksestä (C4).

Helsingissä 30 päivänä lokakuuta 2002

Ministeri *Suvi-Anne Siimes*

Yli-insinööri *Raimo Ahokas*

# Lämmöneristys

## OHJEET 2003

### Sisällys

1	YLEISTÄ	5	LÄMMÖNVASTUKSIA
1.1	Soveltamisala	5.1	Pintavastus
2	LÄMMÖNLÄPÄISYKERTOIMEN MÄÄRITYS	5.2	Ilmakerroksen lämmönvastus
2.1	Yleistä	5.3	Ohuen ainekerroksen lämmönvastus
2.2	Lämmönläpäisykertoimen laskenta	5.4	Maanvastaiset rakenteet
2.3	Kylmäsiilat	6	IKKUNAN, OVEN JA TUULETUSLUUKUN LÄMMÖNLÄPÄISYKERROIN
2.4	Lämmöneristykseen ilmavirtausten huomioon ottaminen	6.1	Yleistä
3	LÄMMÖNERISTYKSEN SUUNNITTELU JA ERISTÄMINEN	6.2	Ikkunan valoaukon lämmönläpäisykerroin
3.1	Lämmöneristykseen suunnittelu	6.3	Ikkunan kehän lämmönläpäisykerroin
3.1	Lämmöneristeiden käsittely, varastointi ja asentaminen	6.4	Kehärakenteen ja lasituksen terminen vuorovaikutus
3.3	Suojaaminen tuulelta ja ilmavirtauksilta	6.5	Ikkunan keskimääräinen lämmönläpäisykerroin
4	RAKENNUSAINEIDEN LÄMMÖNJOHTAVUUDET	6.6	Oven ja tuuletusluukun lämmönläpäisykerroin
4.1	Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo ja sen valintamahdollisuudet	LIITE	RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMAN SISÄLLYSLUETTELO
4.2	Rakennusaineiden normaaliset lämmönjohtavuudet		

### MERKKIEN SELITYS

Ohjeet, jotka on tulostettu leveälle palstalle, sisältävät hyväksyttäviä ratkaisuja.

*Selostukset, jotka ovat sisennetyllä palstalla kursivoituna, antavat lisätietoja sekä sisältävät viittauksia säädöksiin, määräyksiin ja ohjeisiin.*

**Lämmöneriste**

Rakennusaine, jota käytetään pääasiallisesti tai muun käyttötarkoituksen ohella olennaisesti lämmöneristämiseen.

**Lämmöneristys**

Yhdestä tai useammasta lämmöneristeestä rakennusosaan tehty eristekokonaisuus.

**Tuulensuoja**

Rakennusosassa oleva ainekerros, jonka pääasiallinen tehtävä on estää haitallinen ilmavirtaus ulkopuolelta sisäpuoliseen rakenteen osaan ja takaisin.

**Ilmansulku**

Rakennusosassa oleva ainekerros, joka estää haitallisen ilmavirtauksen rakennusosan läpi puolelta toiselle.

**Selostus**

*Ilmansulkuna toimii usein rakennusosaan jotain muuta pääasiallista tarkoitusta varten tehty ainekerros.*

**Kylmäsilta**

Rakennusosassa oleva, viereisiin aineisiin verrattuna hyvin lämpöä johtavasta aineesta tehty rakenneosa, jonka kohdalla lämpötilaeron vaikutuksesta rakennusosan pintojen läpi kulkevan lämpövirran tiheys on jatkuvuustilassa viereiseen alueeseen verrattuna suurempi.

**Viivamainen kylmäsilta**

Kylmäsilta, jonka poikkileikkaus on rakenteen pinnan suuntaan jatkuvana samanlainen.

**Pistemäinen kylmäsilta**

Kylmäsilta, joka on rakenteessa paikallinen ja jolla ei ole rakenteen pinnan suunnassa jatkuvaa samanlaisena pysyvää poikkileikkausta.

**Lämmönjohtavuus ( $\lambda$ ), W/(m · K)**

Lämmönjohtavuus ilmoittaa lämpövirran tiheyden jatkuvuustilassa pituusyksikön paksuisen tasa-aineisen ainekerroksen läpi, kun lämpötilaero ainekerroksen pintojen välillä on yksikön suuruinen.

**Keskimääräinen lämmönjohtavuus ( $\lambda_{10}$ ), W/(m · K)**

Keskimääräinen lämmönjohtavuus ilmoittaa aineen lämmönjohtavuuden yksittäisten mittaustulosten aritmeettisen keskiarvon, kun mittaukset on suoritettu 10 °C keskilämpötilassa.

**Selostus**

*Jos aine on hygroskooppinen tai aineen lämmönjohtavuus muuttuu iän funktiona, on ilmoitettava mittauksia edeltäneet kosteuspitoisuuteen tai lämmönjohtavuuden vanhenemismuutokseen vaikuttaneet olot ja tekijät.*

**Normaalinen lämmönjohtavuus ( $\lambda_n$ ), W/(m · K)**

Rakennusaineen normaalilla lämmönjohtavuudella tarkoitetaan näissä ohjeissa tai tyyppihyväksyntäpäättöksissä annettua lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvoa käytännön rakennustoiminnan laskelmia varten.

**Lämmönvastus (R), (m<sup>2</sup> · K)/W**

Termisessä jatkuvuustilassa olevan tasapaksun ainekerroksen tai kerroksellisen rakenteen lämmönvastus ilmoittaa rakenteen eri puolilla olevien isotermisten pintojen lämpötilaeron ja ainekerroksen läpi kulkevan lämpövirran tiheyden suhteen.

**Sisä- ja ulkopuolinen pintavastus (R<sub>si</sub> ja R<sub>se</sub>), (m<sup>2</sup> · K)/W**

Ilmoittaa rakennusosan pinnan ja sisä- tai ulkopuolisen ympäristön välisen rajakerroksen lämmönvastuksen.

**Lämmönläpäisykerroin (U), W/(m<sup>2</sup> · K)**

Lämmönläpäisykerroin ilmoittaa lämpövirran tiheyden, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ympäristöjen välillä on yksikön suuruinen.

**Pistemäinen lisäkonduktanssi (X), W/K**

Pistemäinen lisäkonduktanssi ilmoittaa pistemäisestä kylmäsilta (esim. terässi) aiheutuvan lisäyksen jatkuvuustilassa rakennusosan läpi kulkevaan lämpövirtaan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ympäristöjen välillä on yksikön suuruinen.

**Viivamainen lisäkonduktanssi ( $\psi$ ), W/(m · K)**

Viivamainen lisäkonduktanssi ilmoittaa rakennusosassa olevan, pituusyksikön mittaisen viivamaisen kylmäsilan (esim. palkki) aiheuttaman lisäyksen jatkuvuustilassa rakennusosan läpi kulkevaan lämpövirtaan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ympäristöjen välillä on yksikön suuruinen.

## YLEISTÄ

### 1.1 Soveltamisala

#### 1.1.1

Nämä ohjeet koskevat rakennuksen ulkoilmaan ja maahan rajoittuvia sekä rakennuksen eri tilojen välisiä rakennusosia ja rakenteita, näiden lämmönläpäisykertoimen määrittämistä sekä lämmöneristyksen suunnittelua ja toteutusta. Ohjeet koskevat hyvän rakennustavan mukaisia käytännön rakenteita, joissa esiintyvien vähäisten epäideaalisuuksien vaikutus otetaan huomioon lämmönläpäisykertoimen laskennassa.

#### *Selostus*

*Nämä ohjeet sisältävät erään hyväksyttävän tavan todeta Suomen rakentamismääräyskokoelman osas-*

*sa C3 lämmönläpäisykertoimelle (U) asetettujen vaatimusten täytyminen.*

*EN-standardit, jotka koskevat rakennuksen vaipan, rakennusosien ja rakenteiden lämmönläpäisykertoimen laskentaa, sekä näitä laskentastandardeja täydentävät EN-standardit muodostavat ohjeistokokonaisuuden, jonka mukaan lämmönläpäisykerroin voidaan myös määrittää hyväksyttävästi.*

#### 1.1.2

Nämä ohjeet eivät koske lämmöneristyksen kautta ohjattavan ilmavirtauksen, rakennusosien läpi puolelta toiselle vuotavan ilman eivätkä rakennukseen kohdistuvan auringon säteilyn tai muiden ajan funktiona vaihtelevien rakenteisiin kohdistuvien lämpökuormien vaikutusten laskentaa.

## 2

## LÄMMÖNLÄPÄISYKERTOIMEN MÄÄRITYS

### 2.1 Yleistä

Näissä ohjeissa esitetään menetelmä rakennusosien ja rakenteiden lämmönläpäisykertoimen (U) laskemiseksi. Muukin menetelmä voidaan hyväksyä, jos näitä ohjeita ei voida soveltaa tai korvaava laskentamenettely on vähintäänkin yhtä tarkka kuin tässä esitetty. Myös koetulosta voidaan käyttää hyväksi, kun laskenta on kohtuuttoman vaikeaa tai kokeellisesti määritetään laskennassa tarvittava lähtötieto.

#### *Selostus*

*Lämmönläpäisykertoimen yksittäinen mittaustulos pätee vain tutkitulle koerakenteelle mittausoiloissa. Kun lämmönläpäisykertoimen laskenta on kohtuuttoman hankalaa, voidaan koetuloksen perusteella kuitenkin arvioida rakenneratkaisulle käytännön suunnitteluun soveltuva U-arvo. Tällöin on pyrittävä ottamaan huomioon mittauksen epätarkkuus, rakenteen ja siinä käytettävien aineiden ominaisuuksien vaihtelu käytännössä, rakennesuunnitelmien mukainen materiaalien kosteuspiitoisuuden vaikutus sekä rakennusaineiden mahdollinen lämmönjohtavuuden palautumaton muuttuminen käyttöiän aikana.*

### 2.2 Lämmönläpäisykertoimen laskenta

#### 2.2.1

Rakennusosan lämmönläpäisykerroin (U) lasketaan käyttäen CE merkinnällä varustetuille rakennusaineille EN-standardien mukaan määritettyjä lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja, EN-standardeissa esitettyjä taulukoituja lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja, normaalin lämmönjohtavuuden ( $\lambda_n$ ) arvoja tai muita hyväksyttävällä tavalla määritettyjä, rakennusosalle soveltuvia lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja. Jos samalle aineelle on annettu useita  $\lambda_n$ -arvoja, valitaan alaviitehuomautusten perusteella kohteeseen soveltuva arvo.

#### *Selostus*

*Normaalin lämmönjohtavuuden arvoihin liittyviä alaviitehuomautuksia esitetään taulukossa 1 sekä lämmöneristeiden normaalin lämmönjohtavuuden tyyppihyväksyntäpäätöksissä.*

## 2.2.2

Lämmönläpäisykerroin ( $U$ ) lasketaan kaavalla (1).

$$U = 1 / R_T \quad (1)$$

$R_T$  rakennusosan kokonaislämmönvastus ympäristöstä ympäristöön.

## 2.2.3

Kun rakennusosan ainekerrokset ovat tasapaksuja ja tasa-aineisia ja lämpö siirtyy ainekerrokseen nähden kohtisuoraan, lasketaan rakennusosan kokonaislämmönvastus  $R_T$  kaavalla (2).

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_m + R_g + R_b + R_{q1} + R_{q2} + \dots + R_{qn} + R_{se} \quad (2)$$

jossa

$$R_1 = d_1 / \lambda_1, R_2 = d_2 / \lambda_2 \dots R_m = d_m / \lambda_m$$

$d_1, d_2, \dots, d_m$  ainekerroksen 1, 2, ... m paksuus, m

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$  ainekerroksen 1, 2, ... m lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvo, esim. normaalin lämmönjohtavuus

$R_g$  rakennusosassa olevan ilmakerroksen lämmönvastus

$R_b$  maan lämmönvastus

$R_{q1}, R_{q2}, \dots, R_{qn}$  ohuen ainekerroksen 1, 2, ... n lämmönvastus

$R_{si} + R_{se}$  sisä- ja ulkopuolisen pintavastuksen summa

Mikäli tasa-aineisen ainekerroksen paksuus vaihtelee rakenteen tason suunnassa, voidaan paksuutena käyttää keskimääräistä arvoa edellyttäen, ettei paikallinen vähimmäispaksuus alita keskimääräistä enempää kuin 20 %.

## 2.2.4

Kun rakennusosa on epätasa-aineinen niin, että siinä on pintojen suuntaisia ainekerroksia, joissa on rinnakkain lämmönvastukseltaan erilaisia osaluueita, lasketaan epätasa-aineisen ainekerroksen  $j$  lämmönvastus  $R_j$  kaavalla (3).

$$1 / R_j = f_a / R_{aj} + f_b / R_{bj} + \dots + f_n / R_{nj} \quad (3)$$

$f_a, f_b, \dots, f_n$  epätasa-aineisessa ainekerroksessa  $j$  olevan tasa-aineisen osa-alueen a, b, ... n suhteellinen osuus ainekerroksen kokonaispinta-alasta

$R_{aj}, R_{bj}, \dots, R_{nj}$  epätasa-aineisessa kerroksessa  $j$  olevan tasa-aineisen osa-alueen a, b, ... n lämmönvastus, jossa  $R_{aj} = d_j / \lambda_{aj}$ ,  $R_{jb} = d_j / \lambda_{bj}$ , ...  $R_{jn} = d_j / \lambda_{jn}$

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  ainekerroksen 1, 2, ... n lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvo, esim. normaalin lämmönjohtavuus

## 2.2.5

Jos epätasa-aineisessa ainekerroksessa vierekkäisten aineiden lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvot poikkeavat toisistaan enemmän kuin viisikertaisesti, ei kaava (3) sovellu käyttöön. Tällöin suuremman lämmönjohtavuuden aine ja osaluue käsitellään kylmäsiltana kohdan 2.3 mukaan.

## 2.2.6

Epätasa-aineisia kerroksia sisältävän rakennusosan kokonaislämmönvastus  $R_T$  lasketaan kaavalla (4) ja lämmönläpäisykerroin  $U$  kaavalla (1).

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + \Sigma R + R_{se} \quad (4)$$

$R_1, R_2, \dots, R_n$  epätasa-aineisen ainekerroksen 1, 2, ... n lämmönvastus laskettuna kaavalla (3)

$\Sigma R$  tasa-aineisten ainekerrosten, ilmakerroksen, ohuiden ainekerrosten ja maan lämmönvastusten summa

$R_{si} + R_{se}$  sisä- ja ulkopuolisen pintavastuksen summa

**Selostus**

Kaavalla (4) laskettu  $R_T$ -arvo on kokonaislämmönvastuksen alalikiarvo.

## 2.3 Kylmäsillat

## 2.3.1

Rakenteessa olevat ja sille ominaiset säännöllisesti toistuvat kylmäsillat otetaan huomioon, kun todetaan lämmönläpäisykerroimen vaatimuksen mukaisuus. Tämä koskee mm. siteitä, kannaksia sekä tuki- ja runkorakenteita, jotka ovat rakenteelle tyypillisiä koko sen edustamalla vaipan alueella.

## 2.3.2

Rakennuksen vaippaan eri syistä tehtäviä yksittäisiä kylmäsilloja ei tarvitse ottaa huomioon laskettaessa lämmönläpäisykerroin. Yksittäisen kylmäsillan voi muodostaa ala- tai välipohjan ja ulkoseinän liittymä, parvekkeen kannatus, alapohjan puhkaiseva pilari, rakenteeseen sijoitettu talotekniikan komponentti yms. erikseen suunniteltu ja toteutettu yksittäinen ratkaisu.

**Selostus**

Rakenteen lämpötila on kylmäsillan kohdalla ympäröivään rakenteeseen nähden poikkeava. Seurauksena voi olla lämpöolojen heikkeneminen paikallisesti, pinnan likaantuminen ja pahimmillaan kosteuden tiivistyminen rakenteen sisäpintaan tai syvemmälle rakenteeseen. Rakenteet suunnitellaan kaikkien kylmäsillatien kohdalla niin, ettei mainittuja kosteushaittoja esiinny ja että oleskeluvyöhykkeellä saavutetaan rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaiset lämpöolot.

### 2.3.3

Kun kylmäsillan aineen lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo poikkeaa viereisen aineen vastavasta suunnitteluarvosta enemmän kuin 5-kertaisesti, lasketaan kylmäsilloista aiheutuva rakennusosan lämmönläpäisykertoimen lisäys  $\Delta U_{\Psi X}$  kaavalla (5).

$$\Delta U_{\Psi X} = \Sigma \Psi_k (l_k / A) + \Sigma X_j (n_j / A) \quad (5)$$

$\Psi_k$  rakennusosassa olevien keskenään samanlaisten viivamaisten kylmäsiltojen  $k$  viivamainen lisäkonduktanssi,  $W/(m \cdot K)$

$X_j$  rakennusosassa olevien keskenään samanlaisten pistemäisten kylmäsiltojen  $j$  aiheuttama pistemäinen lisäkonduktanssi,  $W/K$

$l_k$  samanlaisten viivamaisten kylmäsiltojen yhteispituus rakennusosassa,  $m$

$n_j$  samanlaisten pistemäisten kylmäsiltojen lukumäärä rakennusosassa

$A$  rakennusosan pinta-ala,  $m^2$

Viivamaisten ja pistemäisten kylmäsiltojen lisäkonduktanssi ( $\Psi_k$ ,  $X_j$ ) lasketaan tarkoitukseen soveltuvalla laskentamenetelmällä tai määritetään kokeellisesti.

### 2.3.4

Kylmäsiltoja aiheuttavat esim. metalliset jäykisteet ja siteet. Rakennusosan lämmönläpäisykerroimen  $U$  voidaan otaksua kasvavan määrällä  $0,006 W/(m^2 \cdot K)$  käytettäessä läpimitaltaan  $4 \text{ mm}$  ruostumattomia terässiteitä  $4 \text{ kpl}/m^2$  ja määrällä  $0,05 W/(m^2 \cdot K)$  käytettäessä läpimitaltaan  $4 \text{ mm}$  kuparisiteitä  $4 \text{ kpl}/m^2$ .

## 2.4 Lämmöneristyksen ilmapirtausten huomioon ottaminen

### 2.4.1

Mikäli lämmöneristyksen vähäisissä raoissa, ilmapirtaaleissa ja ilmaa läpäisevissä eristeissä tapahtuvien ilmapirtausten vaikutusta ei ole otettu huomioon lämmönjohtavuuden suunnitteluarvossa, arvioidaan ilmapirtausten lämpöhäviötä suurentava vaikutus erikseen ja otetaan huomioon rakennusosan lämmönläpäisykertoimen lisäykseksi.

#### *Selostus*

*Lämmönläpäisykertoimen laskentaa koskeva EN-standardi edellyttää, että lämmöneristyksen epäideaalisuuden vaikutukset otetaan huomioon lämmönläpäisykertoimen laskennassa.*

*Lämmöneristeiden normaalissa lämmönjohtavuudessa ( $\lambda_n$ ) on otettu huomioon lämmöneristyksen vähäisten ilmapirtausten vaikutus.*

### 2.4.2

Lämmöneristyksen ilmapirtausten vaikutuksen huomioon ottamiseksi lämmönläpäisykerroimeen ( $U$ ) tehtävän lisäyksen ( $\Delta U_g$ ) suuruus riippuu lämmöneristyksen asentamistavasta, eristyksen suojauksesta ja eristeen ilmanläpäisevyydestä. Lisäyksen suuruuden arvioinnissa nojaututaan luotettavaan tutkimukseen tai selvitykseen.

# LÄMMÖNERISTYKSEN SUUNNITTELU JA ERISTÄMINEN

## 3.1 Lämmöneristuksen suunnittelu

### 3.1.1

Lämmöneristeiden tulisi olla käyttötarkoituksiinsa soveltuvia ja asetettujen vaatimusten mukaisia. Eristeiden tulisi säilyttää ominaisuutensa rakenteen käyttöajan ajan. Suunnitelmissa esitetään vaatimusten täyttymisen kannalta riittävät tiedot käytettävistä lämmöneristeistä, lämmöneristysten rakenteesta ja mitoista sekä tarvittaessa eristystyön suorittamisen yksityiskohdista.

### 3.1.2

Sekä rakennusvaiheen että rakenteiden käytön aikana lämmöneristeisiin kohdistuvat kuormitukset otetaan huomioon eristeiden valinnassa ja suojaamisessa. Lämmöneristuksen ominaisuuksien ja tilan mahdolliset pysyvät muutokset, joita ei voida välttää, mutta jotka ovat hyväksyttäviä, otetaan huomioon eristuksen mitoituksessa.

### 3.1.3

CE-merkinnällä varustetun lämmöneristeen lämmönjohtavuuden suunnitteluarvona käytetään EN-standardien mukaan määritettyä lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoa. Muiden eristeiden suunnitteluarvona käytetään normaalisen lämmönjohtavuuden ( $\lambda_n$ ) arvoa, joka asennus- ja suojaustapakuvuoksensa perusteella soveltuu tarkastelun kohteena olevalle rakenteelle, tai muuta hyväksyttävällä tavalla määritettyä soveltuvaa lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoa. Suunnitelmat laaditaan riittävän yksityiskohtaisina, jotta niistä ilmenee  $\lambda_n$ -arvon valinnan edellyttämä asennus- ja suojaustapa.

### 3.1.4

Suunnitelmissa yksilöidään tarkoitettu lämmöneriste tai ilmoitetaan eristeeltä vaadittavat ominaisuudet. Rakenteiden eristetilojen suunnittelussa pyritään ratkaisuihin, joissa eristäminen voidaan suorittaa valitulle eristeelle soveltuvin työmenetelmin. Hankalissa tapauksissa esitetään työmenetelmä. Yläpohja avoimeen eristetilaan kuivapuhalluksena asennettavan mineraali- tai puukuitueristuksen odotettavissa oleva painuma otetaan huomioon määrämällä puhallettava eristyspaksuus vastaavasti suunniteltua suuremmaksi.

## 3.2 Lämmöneristeiden käsittely, varastointi ja asentaminen

### 3.2.1

Rakennuspaikalla tarkistetaan lämmöneristeiden suunnitelmienmukaisuus ja eristeet suojataan kastumiselta sekä vaurioilta. Suunnitelmista poikkeavien tai puutteellisesti tunnistettavien eristeiden laatu tulisi todeta ennen käyttöä suunnitelmia vastaavaksi.

### 3.2.2

Ennen lämmöneristeiden asentamista tarkastetaan rakenteiden eristetilat ja korjataan mahdolliset puutteet. Asentamisessa noudatetaan huolellisuutta niin, että eriste täyttää mahdollisimman virheettömästi sille varatun tilan. Useammassa kerroksessa ladotun eristuksen saumat limitetään. Mahdolliset virheet ja puuttumat korjataan samalla tai vastaavalla eristeellä.

### 3.2.3

Eristystyö tulisi ajoittaa niin, että lämmöneristystä suojaavat rakenteet ovat valmiina tai ne tehdään viiveettä eristämisen jälkeen. Tarvittaessa käytetään tilapäissuojausta. Valmista eristystä ei saa kuormittaa vahingoittavasti eikä painaa suunniteltua ohuemmaksi. Yläpohjan avoimeen eristetilaan puhallettava kuitueristys asennetaan valmiiksi, kun tuulelta ja sateelta suojaavat rakenteet ovat riittävän valmiit ja eristettävällä alueella liikkumista edellyttävät työt on suoritettu. Puhallettu eristyspaksuus tarkistetaan mittauksin ja verrataan painumavara huomioon ottaen suunnitelmiin. Eristetty alue varustetaan tarvittaessa kävelysilloin myöhempää liikkumista varten.

## 3.3 Suojaaminen tuulelta ja ilmavirtauksilta

### 3.3.1

Mikäli lämmöneristeen lämmönjohtavuuden suunnitteluarvon soveltaminen edellyttää tuulensuojaa eikä rakenteessa ole muuta tarkoitusta varten tehtyä myös tuulensuojana toimivaa kerrosta, suojataan lämmöneristys erillisellä tuulensuojalla. Tuulensuojan ilmanläpäisykerroin saa olla enintään  $10 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$ .

### 3.3.2

Tuulensuoja on lämmöneristyksessä kiinni oleva kauttaaltaan eristyksen peittävä kerros. Siinä ei saa olla avoimia lämmöneristykseen johtavia rakkoja tai reikiä. Erityisesti huolehditaan tiiviyydestä tuulensuojan saumoissa, seinien alareunassa ja nurkissa sekä ikkuna- ja oviaukkojen yms. läpivientien pielissä.

### 3.3.3

Levyistä tehtävän tuulensuojan saumat ja reunat sovitetaan mikäli mahdollista jäykkää pintaa vasten. Kiinnikkeiden laatu ja kiinnitystiheys valitaan niin, ettei saumojen aukeamista tapahdu asentamisen jälkeen. Pahvimaisten yms. ohuiden tuulensuojien saumat tiivistetään esim. limittäen ja asettamalla puristukseen jäykkien pintojen väliin. Tätä tai vastaavan tiiviyyden takaavaa menetelmää sovelletaan myös tuulensuojan reunoissa ja nurkissa.

### 3.3.4

Ulkoseinien tuulensuojan yläreuna on usein tarkoituksenmukaista nostaa yläpohjan lämmöneristyksen yläpinnan yläpuolelle suojaamaan eristyksen reunapintoja. Jos vaakasuoran tai lievästi kallistetun yläpohjan yläpuolella on väljä tuulettuva ilmaväli (korkeus  $\geq 200$  mm) ja tämän reunoilla tuuletusilmavirtaa kuristava räystäsrakenne (esim.

tavanomainen rakolaudoitus), voidaan yhtenäisen tuulensuoja jättää pois silloin, kun lämmöneristeen lämmönjohtavuuden suunnitteluarvon ehtoissa tämä sallitaan. Räystäöreunoille on kuitenkin aiheellista asentaa tuulensuojakaistat tai tuuletusilmavirran kulkua ohjaavat tuuliohjaimet, mikäli ilmavirtaus voi haitata lämmöneristyksen toimintaa tai eriste liikkua tuulen vaikutuksesta.

### 3.3.5

Rakenteen läpi puolelta toiselle tapahtuvan hallitsemattoman ilmavuodon estämiseksi rakenteessa tarvitaan vähintään yksi ilmansulkuna toimiva kerros. Tämä on usein lämmöneristyksen lämpimällä puolella. Ellei rakenteessa ole erillistä ilmansulkua, huolehditaan, että ainakin yksi lämmöneristyksessä kiinni oleva kerros on ilmanpitävyydeltään riittävä toimiakseen sellaisena.

### 3.3.6

Ilmansulku suunnitellaan ja toteutetaan ilmanpitävyydeltään riittävänä niin, että ilmanvaihtojärjestelmällä sen ollessa suunnitelmien mukaisesti käytössä kyetään rakennuksen sisätilat pitämään pääsääntöisesti alipaineisina ulkoilmaan nähden ja että oleskeluvyöhykkeellä saavutetaan rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaiset lämpöolot.

## 4

# RAKENNUSAINEIDEN LÄMMÖNJOHTAVUUDET

## 4.1 Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo ja sen valintamahdollisuudet

### 4.1.1

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvona voidaan käyttää CE-merkinnällä varustetuille tuotteille EN-standardien mukaan määritettyjä lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja, EN-standardeissa esitettyjä taulukoituja lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja taulukon 1 sarakkeessa 5 annettuja normaalisen lämmönjohtavuuden ( $\lambda_n$ ) arvoja sekä lämmöneristeiden tyyppihyväksyntäpäätöksissä esitettyjä normaalisen lämmönjohtavuuden ( $\lambda_n$ ) arvoja tai muulla hyväksyttävällä tavalla saatuja lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja.

### 4.1.2

Aineen lämmönjohtavuuden suunnitteluarvon sisältyvänä lisäyksenä otetaan huomioon valmisteknisistä syistä johtuva aineen lämmönjohta-

vuuden hajonta, suunnitelmien mukainen aineen kosteuspitoisuus käyttökohteessa ja lämmönjohtavuuden palautumaton muuttuminen käyttöiän aikana. Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvona käytetään yleensä arvoa, joka pätee 10°C lämpötilassa olevalle aineelle. Tarvittaessa suunnitteluarvo voidaan muuntaa vastaamaan muuta keskilämpötilaa, jolloin aineen lämmönjohtavuuden riippuvuus lämpötilasta otetaan huomioon.

### 4.1.3

Lämmöneristyksen sisäisten ja sen kautta kiertävien vähäisten ilmavirtausten vaikutus otetaan huomioon lisäyksenä lämmönjohtavuuden suunnitteluarvossa tai rakenteen lämmönläpäisykertoimesa. Käytettäessä  $\lambda_n$ -arvoja ei lämmönläpäisykertoi- meen tarvitse tehdä erillistä lisäystä. Edellytyksenä on lämmöneristyksen asentamista ja suojaamista koskevien ehtojen täyttyminen. Käytettäessä muuta lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoa, jossa ei ole otettu huomioon mainittujen ilmavir-



tausten vaikutusta, arvioidaan tämä vaikutus erikseen ja otetaan huomioon rakennusosan lämmönläpäisykertoimeen tehtävänä lisäyksenä.

#### Selostus

*Lämmöneristeiden EN-tuotestandardit sekä EN-standardi lämmöneristeiden lämmönjohtavuuden suunnitteluarvon määrittämiseksi muodostavat ohjeistokokonaisuuden lämmöneristeiden lämmönjohtavuuden suunnitteluarvon määrittämiseksi. Tämä arvo ei sisällä lämmöneristysten vähäisten ilmavirtausten vaikutusta, mikä otetaan erikseen huomioon lämmönläpäisykertoimen lisäyksenä.*

## 4.2 Rakennusaineiden normaaliset lämmönjohtavuudet

### 4.2.1

Normaalisessa lämmönjohtavuudessa ( $\lambda_n$ ) on otettu huomioon kohdissa 4.1.2 ja 4.1.3 esitetyt lisäykset ja korjaukset. Ellei  $\lambda_n$ -arvon yhteydessä muuta mainita, pätevät annetut arvot 10°C keskilämpötilassa.

### 4.2.2

Taulukossa 1 sarakkeessa 5 annetut  $\lambda_n$ -arvot pätevät rakenteiden tavanomaisissa käyttöoloissa Suomessa edellyttäen, että aine on kuivatiheyden ja muiden tunnusmerkkeinä käytettyjen ominaisuuksien puolesta asetettujen vaatimusten mukainen ja että ainetta käytetään lämpötekniiseltä kannalta tarkoituksenmukaisesti hyvää rakentamista-paa noudattaen.

### 4.2.3

Ainekerrosten asentamisessa ja suojaamisessa noudatetaan kohdassa 4.2.4 ja  $\lambda_n$ -arvojen alaviitehuomautuksissa (taulukko 1 tai lämmöneristeiden normaalisesta lämmönjohtavuuden tyyppihyväksyntäpäätökset) esitettyjä vaatimuksia. Jos aineelle on annettu useita  $\lambda_n$ -arvoja valitaan se, joka alaviitehuomautusten perusteella vastaa suunniteltua käyttötapaa. Ellei vastaavuutta ole, selvitetään laskelmissa käytettävä  $\lambda_n$ -arvo erikseen.

### 4.2.4

Taulukossa 1 lämmöneristeille annetut  $\lambda_n$ -arvot koskevat tuotteita, joilla ei ole voimassaolevaa  $\lambda_n$ -arvon tyyppihyväksyntää. Lämmöneristeiden asentamis- ja suojaustapavaatimusten osalta viittaa taulukon 1 alaviitehuomautus 1) seuraaviin vaatimuksiin, joista voidaan poiketa taulukon 1 muiden alaviitehuomautusten mukaisissa tilanteissa.

- eristyksen toinen pinta (yleensä sisäpinta) on aina kiinni ilmavirtausten kannalta tiiviissä pinnassa (esim. betoni, tiilimuuri, tiivis levy, muovikalvo, eristyspaperi tms. pitävästi saumattuna

- pystysuorien ja kallistettujen eristysten (kaltevuus vaakatasoon nähden  $> 30^\circ$ ) toisessa pinnassa on tuulensuoja [ilmanläpäisykerroin  $\leq 10 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$  ellei lämmöneristeen normaalisesta lämmönjohtavuudesta ehtoissa muuta sallita] kuten rakennuslevy naulakiinnityksellä tai rakennuspaperi puristetuilla limisaumoin
- vaakatasoon nähden enintään  $30^\circ$  kallistetun yläpohjaeristyksen yläpuolella on kaikilta reunoiltaan ilmavirtausta kuristavalla räystäätai reunarakenteella varustettu väljä ilmaväli, jonka korkeus on joka kohdassa vähintään 200 mm (aivan räystääreunoilla kuitenkin vähintään 50 mm)
- ryömintätalissa alapohjassa on eristyksen alapuolella joka kohdassa ilmaväli, jonka kaikki reunat suojaa yhtenäisen tuuletusaukoin varustettu perusmuuri tai vastaava suojaava rakenne
- lämmitetyn tilan pysyvästi kuivatetun maanvastaisen alapohjan lämmöneristyksen alapuolella on joka kohdassa kosteuden kapillaarinvuodon estävä salaojituskerros.

### 4.2.5

Jos aineen keskimääräinen kosteuspitoisuus on suurempi kuin Taulukon 1 sarakkeessa 4 annettu arvo suurennetaan  $\lambda_n$ -arvoa vastaavasti erikseen tehtävän selvityksen perusteella.

### 4.2.6

Aineen  $\lambda_n$ -arvoon ei yleensä sisälly ainekerroksen läpi menevien tai siihen rajoittuvien muiden rakenneosien ja aineiden (tukirakenteet, saumausaineet, siteet, kiinnikkeet jne.) kautta tapahtuva lämmönsiirtyminen eikä ainekerroksen ohentumisen (painuma, ulkoinen puristus jne.) vaikutus, ellei taulukon 1 alaviiteissä tätä ole ilmoitettu. Mainitut seikat otetaan erikseen huomioon lämmönläpäisykertoimen laskennassa.

### 4.2.7

Taulukossa 1 tarkoitetaan kuivatiheydellä aineen suurinta sallittua keskimääräistä kuivatiheyttä tai rajoja, joiden välissä keskimääräinen kuivatiheys saa vaihdella. Muurattujen seinien kohdalla on kuivatiheysarakkeessa ilmoitettu muurauskiven kuivatiheys. Reikäkiven kuivatiheytenä käytetään bruttotiheyttä, so. massa jaettuna tilavuudella ottamatta huomioon reikävähennystä.

### 4.2.8

Kosteuspitoisuudella ( $w_n$ ) tarkoitetaan aineeseen suunnitelmien mukaisessa käytössä keräytyvää keskimääräistä kosteuspuutisuutta, jonka vaikutus on otettu huomioon  $\lambda_n$ -arvossa.

**TAULUKKO 1. RAKENNUSAINEIDEN NORMAALISET LÄMMÖNJOHTAVUUDET.**

Aine, tarvike	Kuiva- tiheys	Lämmön- johtavuus	Kosteus- pitoisuus	Normaalinen lämmön- johtavuus	Alaviite- huomautus
	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda_{10}$ W/(m · K)	$W_n$ % kuiva- painosta	$\lambda_n$ W/(m · K)	
<b>LÄMMÖNERISTEET</b>					
korkkilevy (paisutettu)	150	0,035	3	0,045	1)
			3	0,050	2)
	200	0,040	3	0,050	1)
			3	0,055	2)
lastuvillalevy	150—350	0,070	8	0,080	3)
			8	0,10	4)
puukuitulevy, bitumipitoinen	350	0,055	10	0,065	5)
	puukuitulevy, huokoinen	300	0,045	10	0,055
mineraalivillalevy ja matto 8)	10—300	0,045	0,5	0,055	1)
			0,5	0,060	2)
				0,070	6)
				0,10	7)
solumuovilevy, paisutettua polystyreeniä	30—60	0,033	2	0,041	1)
			2	0,045	2)
				0,050	6)
				0,060	7)
	17—29,9	0,037	2	0,045	1)
			2	0,050	2)
				0,055	6)
				0,065	7)
	13—16,9	0,041	2	0,050	1)
			2	0,055	2)
				0,065	6)
	solumuovilevy, suulakepuristus- menetelmällä valmistettu, polystyreeniä	22—45	0,030	2	0,037
2				0,041	2) tai 6)
				0,045	7)
				0,050	9)
muu ponneaine	22—45	0,037	2	0,045	1)
			2	0,050	2) tai 6)
				0,055	7)
				0,060	9)

1) Eristys on suojattu kohdassa 4.2.4 kuvattujen vaatimusten mukaan.

2) Eristyksen toinen puoli on kiinni tiiviissä pinnassa ja toisella puolella on muu ilmaväli tai tila kuin kohdassa 4.2.4 tarkoitettu ylä- tai ryömintätalaisen alapohjan ilmaväli.

Aine, tarvike	Kuiva- tiheys	Lämmön- johtavuus	Kosteus- pitoisuus	Normaalinen lämmön- johtavuus	Alaviite- huomautus
	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda_{10}$ W/(m · K)	$W_n$ % kuiva- painosta	$\lambda_n$ W/(m · K)	
solumuovi, polyuretaania ponneaineena CFC 11 x)	30—60	0,026	2	0,030	3) ja 10)
			2	0,033	1)
			2	0,037	2) tai 6)
			2	0,045	7)
		0,019	2	0,024	11)
ponneaineena pentaani	30—60	0,030	2	0,033	3) ja 10)
			2	0,037	1)
			2	0,041	2) ja 6)
			2	0,050	7)
		0,024	2	0,030	11)
solulasilevy	180	0,060		0,070	12)
	150	0,055		0,065	12)
	130	0,050		0,060	12)
kevytsora yläpohjissa	250—320	0,09	0,5	0,10	3)
	300—330	0,10	0,5	0,11	3)
maanvaraisissa alapohjissa	250—320	0,09	6	0,13	6)
routaeristeenä	250—320	0,09	30	0,17	7)
koneellisesti puhallettavat kuitueristeet yläpohjassa xx)					
lasivilla	18—50	0,050	0,5	0,060	1)
kivivilla	30—60	0,050	0,5	0,060	1)
puukuitueriste	30—60	0,050	12	0,060	1)

- 3) Eristys on molemmilta puoliltaan kiinni tiiviissä pinnassa (esim. betoni, tiiliverhous, tiivis levy, muovikalvo, eristyspaperi tms. pitävästi saumattuna).
- 4) Eristyksen toinen puoli on kiinni tiiviissä pinnassa ja toisella puolella on ilmaväli tai -tila.
- 5) Suojaustavasta riippumatta kuivana pysyvissä rakenteissa.
- 6) Sokkelihalkaisussa tai sokkelin sisäpuolisena pystyeristeenä maata vasten tai lämmittämättömän tilan maanvastaisessa alapohjassa tai maanvastaisessa alapohjassa suoraan perusmaan päällä.
- 7) Perusmuurin tai kellarin seinän ulkopuolisena eristeenä maata vasten tai maakerrosten välissä.
- 8) Kuidun keskipaksuus on enintään 6  $\mu\text{m}$ , kun  $\rho = 10\text{...}30 \text{ kg/m}^3$ , muulloin enintään 15  $\mu\text{m}$ .
- 9) Kattorakenteessa vedeneristyksen yläpuolella.
- 10) Eriste on paisutettu eristetilassa ja täyttää sen kokonaan.
- 11) Eriste on paisutettu vähintään 50  $\mu\text{m}$  paksujen metallikerrosten väliin ja on molemmin puolin kauttaaltaan näihin kiinni liimautunut.
- 12) Eristelevyt on saumattu esim. bitumilla.
- x) CFC-tuotteiden valmistus on kielletty, mutta näitä tuotteita on vanhoissa rakenteissa.
- xx) Puhallettavaan eristyspaksuuteen sisältyy painumavara, joka on mineraalivillalla 5 % ja puukuitueristeellä 20 % suunnitellusta eristyspaksuudesta.

Aine, tarvike	Kuiva- tiheys	Lämmön- johtavuus	Kosteus- pitoisuus	Normaalinen lämmön- johtavuus	Alaviite- huomautus
	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda_{10}$ W/(m · K)	$W_n$ % kuiva- painosta	$\lambda_n$ W/(m · K)	
<b>KARKAISTU KEVYTBETONI</b>					
elementteinä	400	0,095	4	0,10	
yläpohjassa kuivan	450	0,11	4	0,12	
huonetilan yläpuolella	500	0,12	4	0,135	
	600	0,15	4	0,175	
alapohjassa lämmittämätöntä	450	0,11	4	0,12	
tilaa vasten	500	0,12	4	0,135	
	600	0,15	4	0,175	
ulkoseinässä maanpinnan	400	0,095	6	0,105	
yläpuolella	450	0,11	6	0,125	
	500	0,12	6	0,14	
pintaverhottuna ulkoseinässä	400	0,095	4	0,10	14)
maanpinnan yläpuolella	450	0,11	4	0,12	14)
	500	0,12	4	0,135	14)
ulkoseinässä maanpinnan	500	0,12	10	0,16	13)
alapuolella					
harkkoina ohut- ja liimasaumoin	400	0,11	4	0,12	14)
sisätilassa ja pintaverhottuna	450	0,12	4	0,13	14)
ulkotilassa	500	0,13	4	0,145	14)
	600	0,16	4	0,185	14)
maanpinnan yläpuolella	400	0,11	6	0,125	15)
	450	0,12	6	0,135	15)
	500	0,13	6	0,15	15)
maanpinnan alapuolella	500	0,13	10	0,17	13)
	600	0,16	10	0,20	13)

13) Koskee bitumisiveltyä kellarin seinää, kun kellaritila on lämmitetty ja hyvin tuuletettu. Jos kellarin seinä varustetaan veden kapillaarisen imeytymisen katkaisevalla, mutta diffuusion sallivalla ainekerroksella (esim. mineraalivilla tai ilmatilan muodostava levy), saadaan sarakkeessa 5 annettuja lämmönjohtavuuksia vähentää 0,02 W/(m · K).

14) Pintaverhouksella tarkoitetaan levyverhousta hyvin tuuletetun ilmaraon ulkopuolella.

15) Koskee rapattua seinää, joka ei ole alttiina viistosateille. Ellei viistosateille alttiissa seinissä ole veden tunkeutumista estetty, on  $\lambda_n$ -arvoa suurennettava annetusta kevytbetonilla 4 % ja kevytsorabetonilla 2,5 % kutakin kosteuspitoisuuden prosenttiyksikön suuruista lisäystä kohti.

Aine, tarvike	Kuiva- tiheys $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Lämmön- johtavuus $\lambda_{10}$ W/(m · K)	Kosteus- pitoisuus $W_n$ % kuiva- painosta	Normaalinen lämmön- johtavuus $\lambda_n$ W/(m · K)	Alaviite- huomautus
<b>KEVYTSORABETONI</b>					
elementteinä	800	0,22	4	0,24	15)
maanpinnan yläpuolella	650	0,18	4	0,20	15)
maanpinnan alapuolella	800	0,22	10	0,29	16)
	650	0,18	10	0,23	16)
kevytsoraharkot muurattuina, 10 mm saumat					
ulkoseinät					
täydet saumat	650	0,22	4	0,24	15)
rakosaumat	650	0,18	4	0,20	15)
kellariseinät tai perusmuuri					
täydet saumat	650	0,22	7	0,25	
rakosaumat	650	0,18	7	0,21	
tiivis kevytsorabetoni	1600	0,60	3	0,70	
paikalleen valettuna	1400	0,48	3	0,55	15)
tai elementteinä	1200	0,39	3	0,45	16)
	1000	0,30	3	0,35	
valetut kevytsorabetonieristeet ylä- ja alapohjassa					
	600	0,16	2	0,17	
	500	0,12	2	0,13	
	400	0,10	2	0,11	
maata vasten					
	600	0,16	6	0,19	
	500	0,12	6	0,15	
	400	0,10	6	0,12	
<b>SAHANPURUBETONI</b>					
kuivassa tilassa	1300	0,35	1	0,45	
<b>TÄYTEAINEET 17)</b>					
kevytbetonimurske	400		4	0,15	
koksikuona	700		3	0,25	18)
kutterilastu,	80		12	0,14	
löysänä	120		12	0,08	
sullottuna	250		0,5	0,12	18)
masuunikuona, rakeistettu	150		0,5	0,10	18)
sahanpuru,					
löysänä	120		12	0,12	
sullottuna	200		12	0,08	
solumuovipuru polystyreeniä	10—20		2	0,08	

16) Koskee betonisen perusmuurin ulkopuolista eristystä.

17) Annetut lämmönjohtavuudet soveltuvat vain kuivissa tiloissa oleville täyhteille. Aineen ollessa kosketuksessa maahan määritetään lämmönjohtavuus vastaavan suuremman vesipitoisuuden perusteella.

18) Käytettäessä täyteainetta yläpohjan eristeenä ilman yläpuolista tiivistävää kerrosta on annettuun  $\lambda_n$ -arvoon lisättävä 0,02 W/(m · K).

Aine, tarvike	Kuiva- tiheys	Lämmön- johtavuus	Kosteus- pitoisuus	Normaalinen lämmön- johtavuus	Alaviite- huomautus
	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda_{10}$ W/(m · K)	$W_n$ % kuiva- painosta	$\lambda_n$ W/(m · K)	
<b>RAKENNUSLEVYJÄ</b>					
kuitusementtilevy	1800	0,40	2	0,60	
	800	0,13	4	0,19	
	600	0,12	4	0,18	
kipsilevy	800	0,20		0,21	
	900	0,22		0,23	
puukipsilevy	1200	0,24		0,25	
sementtilastulevy	1100	0,21	7	0,23	
lastulevy	600	0,13	9	0,14	
puukuitulevy					
kova	1000	0,12	8	0,13	
puolikova	800	0,10	9	0,11	
vaneri					
koivuvaneri	700	0,15	8	0,16	
sekavaneri	600	0,13	8	0,14	
kuusivaneri	500	0,12	8	0,13	
<b>SEKALAISIA RAKENNUS- AINEITA JA TARVIKKEITA</b>					
asfaltti	2200			0,7	
betoni	2000		2	1,2	
	2300		2	1,7	
	1400	0,42	3	0,55	
betonireikäkivet muurattuna	2000	0,70	2	1,2	
betonitäyskivet muurattuna	1000			0,13	
bitumi	1900	0,70	3	0,95	
kalkkiahiekkatiilet muurattuina					
rappauslaastit					
sementtilaasti	2000	0,70	2	1,2	
kalkkisementtilaasti	1800	0,65	2	1,0	
kalkkilaasti	1700	0,50	2	0,90	
poltetut tiilet muurattuina					
reikätiilet	1500	0,50	1	0,60	
	1300	0,45	1	0,50	
	1700	0,60	1	0,70	
täystiilet	1500	0,55	1	0,65	
	1300	0,50	1	0,60	
puu, mänty, kuusi	450	0,10	14	0,12	
metalleja					
kupari (puhdas)	8900			370	
alumiini (puhdas)	2700			220	
duralumiini (kuparia 3-5 %)	2700			160	
messinki	8400			120	
sinkki	7100			110	
tina	7300			65	
rauta, teräs	7900			50	
lyijy	11300			35	
ruostumaton teräs	7900			17	

Aine, tarvike	Kuiva- tiheys	Lämmön- johtavuus	Kosteus- pitoisuus	Normaalinen lämmön- johtavuus	Alaviite- huomautus
	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda_{10}$ W/(m · K)	$W_n$ % kuiva- painosta	$\lambda_n$ W/(m · K)	
muovit					
akryyli	1050			0,20	
polykarbonaatti	1200			0,21	
PTFE	2200			0,23	
PVC, jäykkä	1390			0,18	
PVC, 40 % pehmennin	1200			0,14	
polyetyleeni HD	980			0,40	
polyetyleeni LD	920			0,32	
polystyreeni	1050			0,18	
polyasettaatti	1410			0,30	
fenoliharts	1600			0,5	
polypropyleeni	910			0,22	
EPDM	1150			0,20	
PMMA (akrylaatti)	1180			0,18	
polyuretaani	1200			0,25	
polyamidi	1130			0,25	
epoksiharts	1200			0,23	
silikoni	1200			0,30	
kumit					
polyisobutyleeni	920			0,13	
butyyli	1200			0,24	
polysulfidi				0,19	
neopreeni	1240			0,23	
lasi	2500			1,0	
tiivistys- ja eristysaineet					
nailon	1140			0,23	
uretaani (nestemäinen)				0,36	
silikonivaaho				0,12	
vinyyli (joustava)				0,12	
polyetyleenivaaho	36			0,06	
maa-aineksia					
savi tai siltti	1500			1,5	
hiekk, sora, moreeni	2000			2,0	
kivilaatuja					
basaltti	2800			3,5	
kalkkikivi	2300			2,5	
graniitti	2700			2,8	
hiekkakivi	2300			2,0	
luonnon hohkakivi	400			0,08	
vesi, 10 °C				0,6	
jää, 0 °C				2,2	
jää, -10 °C				2,5	
lumi, pehmeä	200			0,12	
lumi, tiivistetty	500			0,70	

## 5

## LÄMMÖNVASTUKSIA

## 5.1 Pintavastus

## 5.1.1

Ulkoilmaan rajoittuvien rakennusosien pintavastuksina käytetään taulukossa 2 esitetyjä arvoja.

**TAULUKKO 2. SISÄ- JA ULKOPUOLINEN PINTAVASTUS  $R_{si}$  JA  $R_{se}$**

Sisäpuolinen pintavastus $R_{si}$ , ( $m^2 \cdot K$ )/W			Ulkopuolinen pintavastus $R_{se}$ , ( $m^2 \cdot K$ )/W		
Lämpövirran suunta					
vaakasuora	ylöspäin	alaspäin	vaakasuora	ylöspäin	alaspäin
0,13	0,10	0,17	0,04	0,04	0,04

Väliarvot  $0^\circ$ – $90^\circ$  saadaan lineaarisesti interpoloimalla.

## 5.2 Ilmakerroksen lämmönvastus

## 5.2.1

Tuulettumaton ilmakerros on rakennusosassa oleva suljettu ilmapäli, johon ei johda ulkopuolelta ilmavirtausaukkoa.

## 5.2.2

Ilmakerros, jonka ulkopuolisessa rakenteen osassa ei ole lämmöneristystä ja johon johtaa ulkopuolelta pieniä aukkoja, voidaan lämmönvastukseltaan ottaa huomioon kuten tuulettumaton ilmakerros. Tällöin aukot eivät saa sijaita niin, että ne sallivat tuuletusvirtauksen ilmakerroksen kautta sen reunalta toiselle. Lisäksi edellytetään, ettei aukkojen yhteenlaskettu koko ylitä seuraavia raja-arvoja.

- $5 \text{ cm}^2/\text{m}$  pystysuorassa rakenteessa olevan pystysuoran ilmakerroksen pituusyksikköä kohti
- $5 \text{ cm}^2/\text{m}^2$  vaakasuoran ilmakerroksen pinta-alayksikköä kohti

## 5.2.3

Tuulettumattoman ilmakerroksen lämmönvastuksena käytetään taulukossa 3 esitetyjä arvoja.

Taulukossa 3 alempana esitetyt arvot pätevät vain, jos heijastava pinta pysyy jatkuvasti puhtaan ja emissiviteetiltään pienempänä kuin 0,2.

## 5.2.4

Tuulettuva ilmakerros on rakennusosassa oleva ilmapäli, jonka kautta kulkee tuulettava ilmavirtaus rakennusosan reunalta toiselle. Tuulettuva il-

**TAULUKKO 3. TUULETTUMATTOMAN ILMAKERROKSEN LÄMMÖNVASTUS  $R_g$**

Rajoittavien pintojen emissiviteetti	Ilmaraon paksuus $d_g$ mm	Lämmönvastus $R_g$ , ( $m^2 \cdot K$ )/W		
		Lämpövirran suunta		
		vaakasuora	ylöspäin	alaspäin
yleinen tapaus: ei heijastavia pintoja $\epsilon > 0,8$	5	0,11	0,11	0,11
	10	0,15	0,15	0,15
	20	0,17	0,16	0,18
	50–100	0,18	0,16	0,21
toinen pinta heijastava $\epsilon < 0,2$	5	0,17	0,17	0,17
	10	0,27	0,23	0,29
	20	0,36	0,25	0,43
	50–100	0,34	0,27	0,61



makerros on joko lievästi tuulettuva tai hyvin tuulettuva riippuen ilmaväliin johtavien aukkojen suuruudesta.

### 5.2.5

Ilmakerros on lievästi tuulettava, kun ulkoilmaan rajoittuvien aukkojen pinta-ala on seuraavissa rajoissa:

- enemmän kuin  $5 \text{ cm}^2/\text{m}$ , mutta enintään  $15 \text{ cm}^2/\text{m}$  pystysuorassa rakenteessa olevan pystysuoran ilmakerroksen pituusyksikköä kohti
- enemmän kuin  $5 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ , mutta enintään  $15 \text{ cm}^2/\text{m}^2$  vaakasuoran ilmakerroksen pinta-ala-yksikköä kohti

### 5.2.6

Lievästi tuulettuvan ilmakerroksen lämmönvastuksena saa ottaa huomioon puolet taulukossa 3 annetusta vastaavan tuulettumattoman ilmakerroksen lämmönvastuksesta. Jos rakenteen lämmönvastus ilmakerroksesta ulkopuolen ympäristöön on suurempi kuin  $0,15 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$ , käytetään laskelmissa tälle rakenteen osalle arvoa  $0,15 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$ .

### 5.2.7

Hyvin tuulettuvaan ilmakerrokseen johtavien aukkojen yhteenlaskettu koko on suurempi kuin  $15 \text{ cm}^2/\text{m}$  (pystyrakenteet) tai  $15 \text{ cm}^2/\text{m}^2$  (vaakasuorat rakenteet).

### 5.2.8

Jos rakenteessa on hyvin tuulettuva ilmakerros, ei sen eikä ilmakerroksen ulkopuolisen rakenteen osan lämmönvastusta saa ottaa huomioon laskettaessa rakenteen kokonaislämmönvastus. Tällöin kuitenkin sisäpuolisen rakenteen osan ilmakerrokseen rajoittuvan pinnan pintavastuksena voidaan käyttää taulukon 2 sisäpuolisen pintavastuksen ( $R_{si}$ ) arvoja.

### 5.2.9

Koneellisesti tuuletetun ilmakerroksen lämmönvastusta ei saa ottaa huomioon laskelmissa, ellei ilmakerroksen ja sen ulkopuolella olevan ainekerroksen vaikutusta rakenteeseen ole erikseen selvitetty.

### 5.2.10

Tuulettumisen vaikutus rakenteen kokonaislämmönvastukseen voidaan määrittää erillisen tutkimuksen perusteella, kun tässä esitetyt ohjeet soveltuvat huonosti (esim. tuuletusurat) tai käytetty menetelmä antaa ohjeisiin verrattuna tarkemman tuloksen.

### 5.2.11

Kattorakenteessa, jossa lämmöneristetyn, yleensä vaakasuoran yläpohjan ja kallistetun vesikaton väliin jää ilmatila, voidaan ilmatila katsoa termisesti homogeeniseksi kerrokseksi, jonka lämmönvastus on taulukon 4 mukainen.

**TAULUKKO 4. KATON ILMATILAN LÄMMÖNVASTUS  $R_g$**

Katon rakennetyyppi	Lämmönvastus $R_{g,}$ ( $\text{m}^2 \cdot \text{K)/W}$
1. tiilikatto, palahuopakatto tai vastaava aluskatteella tai sitä vastaavalla ainekerroksella	0,2
2. kuten 1, mutta matalaemissiviteettipinta kuten alumiinikerros aluskatteen alapinnassa	0,3
3. yhtenäinen huopakate alusrakenteineen tai vastaava raoton vesikate	0,3

#### *Selostus*

*Arvot taulukossa 4 koskevat tuulettuvaa ilmatilaa ja vesikattorakennetta sen yläpuolella. Arvoihin ei sisälly ulkopuolista pintavastusta ( $R_{se}$ ).*

## 5.3 Ohuen ainekerroksen lämmönvastus

### 5.3.1

Ohuita verraten tiiviitä ainekerroksia ovat mm. muovikalvot, rakennuspaperit, huopa- ja pahvi-kerrokset, joiden ilmanläpäisykerroin on enintään  $10 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$ . Näiden lämmönvastukset esitetään taulukossa 5.

**TAULUKKO 5. OHUEN AINEKERROKSEN LÄMMÖNVASTUS  $R_q$**

Katon rakennetyyppi	Lämmönvastus $R_{q,}$ ( $\text{m}^2 \cdot \text{K)/W}$
Toinen pinta jäykkää alustaa, esim. lautaseinää vasten*)	0,02
Jäykkien pintojen välissä*)	0,04

\*) Lämmönvastus sisältää sekä ainekerroksen lämmönvastuksen, että sen ja jäykän pinnan, lautakerroksen tms. väliin muodostuvan ohuen ilmakerroksen lämmönvastuksen.

## 5.4 Maanvastaiset rakenteet

### 5.4.1

Maanvastaisten rakennusosien tulisi olla lämpö- ja kosteusteknisesti toimivia niin, että saavutetaan haluttu eristystaso eikä kosteus, routiminen ja pintojen kylmyys aiheuta haittaa. Suunnittelussa ja toteutuksessa otetaan huomioon maanpinnan muodot, maa-aineisten ominaisuudet, pohjaveden korkeus ja pintavesien kulku.

### 5.4.2

Rakenteen sisäpinnan lämpötila ulkoseinän ja maanvastaisen lattian liittymän läheisyydessä ei saa laskea viihtyvyyden kannalta liian matalaksi. Ulkoseinän, alapohjan ja perusmuurin lämmöneristys sijoitetaan toisiinsa nähden niin, ettei rakenteiden liittymään muodostu haitallista kylmäsiltaa.

### 5.4.3

Jos lämpimän rakennuksen perustamissyvyys routivalla maaperällä jää luonnonmukaisen routattoman syvyyden yläpuolelle, suojataan perustukset routaeristyksellä. Käytettävä eriste sekä eristyksen sijainti ja lämmönvastus valitaan tavoitteena rakennuksen käyttöään kestävä suunnitelmien mukainen toiminta.

### 5.4.4

Ellei tarkempia laskelmia tai kokeita tehdä laskeaan maanvastaisten rakennusosien kokonaislämmönvastus kohtien 5.4.5 .... 5.4.11 mukaisesti.

### 5.4.5

Alapohja ja kellarin seinä oletetaan jaetuksi reuna- ja sisäalueeseen kuvien 1 ja 2 mukaisesti. Maan lämmönvastuksena ( $R_b$ ) käytetään taulukossa 6 annettuja arvoja, joissa on otettu huomioon ulkopuolinen pintavastus ( $R_{se}$ ). Tällöin edellytetään, että perustukset ja alapohja on pysyvästi kuivatettu käyttäen tarkoituksenmukaisia ratkaisuja salaojitukseen ja pintavesien pois johtamiseen. Myös salaojan tarkastusputket ja -kaivot tulee peittää tiiviillä kannella, maakerroksella, lämmöneristekerroksella yms. ulkoilman pääsyn ja routimisen estämiseksi.

### 5.4.6

Maan lämmönvastus saadaan ottaa huomioon laskettaessa maanvaraisen lattian ja kellarin ulkoseinän lämmönvastuksia. Tällöin käytetään taulukossa 6 annettuja lämmönvastuksen arvoja ellei lämpövirtauksesta rakennuksen alla tehdä tarkempia laskelmia tai kokeita.

### 5.4.7

Perusmaan lämmönvastuksena maanvastaisen alapohjan alla käytetään taulukon 6 sarakkeissa 3 ja 4 esitettyjä arvoja. Vastaavasti käytetään kellarin seinän ulkopuolisen maan lämmönvastuksena taulukossa 6 sarakkeessa 5 ja 6 annettuja arvoja.

### 5.4.8

Taulukon 6 arvoja voidaan käyttää, jos lattiarakenteen alapinta on enintään 300 mm viereistä maanpintaa ylempänä ja salaojituskerroksen alla oleva maakerros on vähintään 1 m paksu.

#### *Selostus*

*Lattiarakenteen alapinnaksi katsotaan salaojituskerroksen yläpintaa vasten oleva rakenteen pinta.*

### 5.4.9

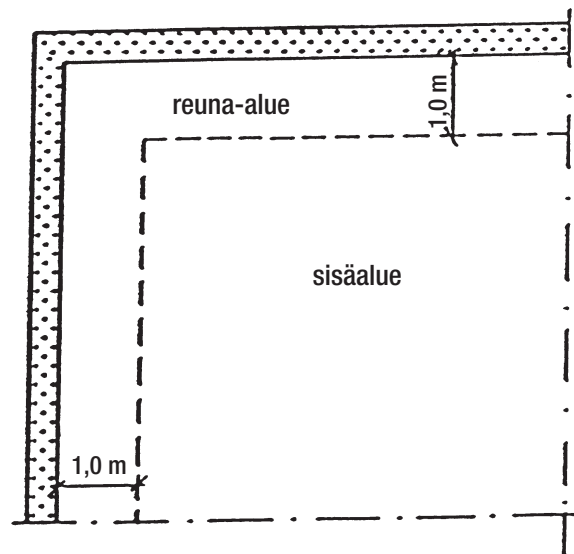
Laskettaessa lattiarakenteen ja perusmaan lämmönvastusta otaksutaan perusmaan alkavan salaojituskerroksen alapuolelta, kuitenkin enintään 200 mm lattiarakenteen alapinnan alta.

### 5.4.10

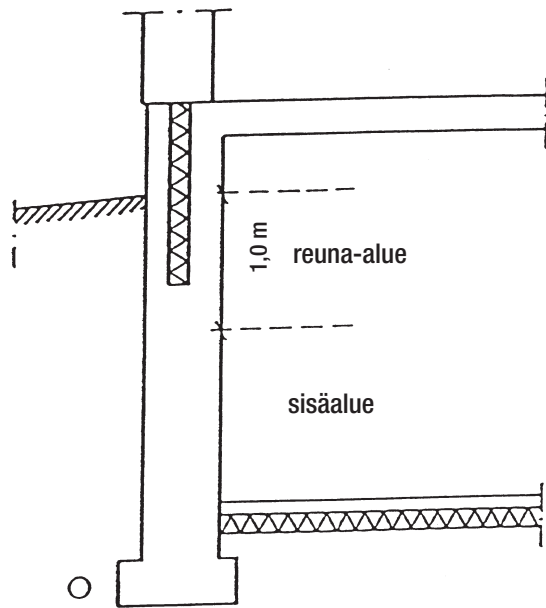
Sorasta tai sepelistä tehdyn vähintään 200 mm paksun salaojituskerroksen lämmönvastus on  $0,2 (m^2 \cdot K)/W$ .

### 5.4.11

Jos kellarin lattia sijaitsee vähintään 1 m maanpinnan alapuolella, voidaan lämmönvastuksena  $R_b$  käyttää taulukossa 6 sarakkeessa 4 sisäalueelle annettuja arvoja. Korkeammalla sijaitsevalle kellarin lattialle käytetään samoja arvoja kuin kohdassa 5.4.5 maanpinnan tasossa olevalle lattialle.



Kuva 1. Maanvaraisen alapohjan aluejako.



Kuva 2. Seinän maanvastaisen osan aluejako.

**TAULUKKO 6. MAAN LÄMMÖNVASTUKSET  $R_b$  PERUSTUSTEN JA ALAPOHJAN OLLESSA PYSYVÄSTI KUIVATETTUJA**

Maa-aines	Normaalinen lämmönjohtavuus $\lambda_n$ W/m K	Maan lämmönvastus $R_b$ $m^2K/W$			
		Perusmaa alapohjan alla		Perusmuurin viereinen maa	
		reuna-alue	sisä-alue	reuna-alue	sisä-alue
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 Moreeni	2,3	0,50	2,00	0,25	1,00
Kallio	3,5	0,30	1,20	0,15	0,60

## IKKUNAN, OVEN JA TUULETUSLUUKUN LÄMMÖNLÄPÄISYKERROIN

### 6.1 Yleistä

#### 6.1.1

Suunnittelukohteessa kunkin rakenteeltaan erilaisen ikkuna-, ovi- ja tuuletusluukkutyypin määräysten mukaisuus todetaan erikseen (rakentamismääräyskokoelma, osa C3). Keskimääräinen lämmönläpäisykerroin lasketaan tai mitataan kohteessa yleisimmille käytettävälle ikkuna-, ovi- ja tuuletusluukkukoolle rakennetyypeittäin. Muunkokoisille rakenteille ei U-arvoa tarvitse esittää. Laskelmissa ei tarvitse ottaa huomioon ikkunan, oven tai tuuletusluukun saranoita, painikkeita yms. heloituksia.

#### Selostus

*Ikkunan valoaukolla tarkoitetaan lasi- tai vastaavien ainekerrosten muodostamaa läpinäkyvää aluetta. Ikkunan kehällä tarkoitetaan ikkuna-aukon pieliin rajoittuvaa ikkunan avautumatonta karmirakennetta ja siihen saranoin kiinnitettyjä avautuvia puiteosia. Avautumattomassa ikkunassa lasitus kiinnitetään yleensä suoraan karmirakenteeseen, jolloin puiteosa puuttuu kehästä.*

*Kupumaisten ikkunoiden valoaukon pinta-alaksi katsotaan kehän, asennusaukon tai -kuilun sisäreunojen rajoittaman tasopinnan (projektiopinnan) ala.*

*Ovi ja tuuletusluukku käsittää yleensä karmiosan, johon on saranoitu yksi tai kaksi avautuvaa ovilevyä tai tuuletusluukun luukkuosa. Ovilevy voi sisältää läpinäkymättömän umpiosan runko- ja kehysrakenteineen ja lasituksella varustetun valoaukon. Tuuletusluukun avautuva luukku käsittää yleensä umpiosan runko- ja kehysrakenteineen.*

*Ikkunan ja oven lämmönläpäisykerroimen laskemiseksi esitetään menetelmä myös EN-standardissa.*

#### 6.1.2

Ikkunarakenteen määräystenmukaisuuden osoittamiseen riittää, kun rakentamismääräyskokoelman osassa C3 esitetyn vaatimuksen on osoitettu täyttyvän kehän ulkomittojen mukaan laskettuna vähintään 1,4 m<sup>2</sup> kokoisella ikkunarakenteella.

### 6.2 Ikkunan valoaukon lämmönläpäisykerroin

#### 6.2.1

Valoaukon lämmönläpäisykerroin  $U_g$  lasketaan kaavalla (6).

$$U_g = \frac{1}{R_{si} + R_{se} + \sum_j \frac{d_j}{\lambda_j} + \sum_j R_{sj}} \quad (6)$$

$R_{si} + R_{se}$  sisä- ja ulkopuolisen pintavastuksen summa (taulukko 2).

$\lambda_j$  lasin tai läpinäkyvän ainekerroksen  $j$  lämmönjohtavuus, W/(m · K)

$d_j$  lasin tai läpinäkyvän ainekerroksen  $j$  paksuus, m

$R_{sj}$  lasivälin  $j$  lämmönvastus, (m<sup>2</sup> · K)/W

#### 6.2.2

Vaakasuoran ikkunan ilmvälin lämmönvastus saadaan vähentämällä 20 % taulukossa 7 annetuista arvoista. Väliarvot 0°–90° saadaan lineaarisesti interpoloimalla.

#### 6.2.3

Pestävässä pinnassa käytetään vain pesunkestäviä pieniemissiviteettipinnoitteita.

#### Selostus

*Valoaukon lasivälit voivat olla ilmatäytteisiä tai niissä on jokin muu täytekaasu. Ilmaväliä rajoittavat pinnat voivat olla tavanomaisia lasipintoja, joiden emissiviteetti on 0,837, tai toinen pinnoista on päällystetty pienen emissiviteetin pinnoitteella. Erilaisien lasivälien lämmönvastuksia esitetään taulukossa 7.*

**TAULUKKO 7. PYSTYSUORAN KAKSI- JA KOLMILASISEN VALOAUKON YHDEN LASIVÄLIN LÄMMÖNVASTUS  $R_s$  ERI TÄYTEKAASUILLA JA PINTOJEN EMISSIVITEETILLÄ**

Lämmönvastukset $R_s$ , $m^2K/W$ <sup>x)</sup>												
Lasivälin paksuus, mm / lasien lukumäärä	Ilma emissiviteetti				Argon emissiviteetti				Krypton emissiviteetti			
	0,04	0,16	0,4	0,837	0,04	0,16	0,4	0,837	0,04	0,16	0,4	0,837
9 / 2	0,336	0,280	0,214	0,154	0,462	0,362	0,258	0,176	0,715	0,502	0,322	0,204
12 / 2	0,438	0,348	0,251	0,173	0,597	0,440	0,296	0,193	0,745	0,516	0,328	0,206
15 / 2	0,536	0,407	0,280	0,186	0,707	0,498	0,321	0,203	0,702	0,495	0,319	0,203
18 / 2	0,539	0,408	0,281	0,187	0,688	0,488	0,316	0,202	0,647	0,467	0,308	0,198
9 / 3	0,336	0,280	0,214	0,154	0,462	0,362	0,258	0,176	0,715	0,502	0,322	0,204
12 / 3	0,438	0,348	0,251	0,173	0,597	0,440	0,296	0,193	0,909	0,590	0,356	0,217
15 / 3	0,536	0,406	0,280	0,186	0,724	0,506	0,324	0,205	0,903	0,587	0,355	0,217
18 / 3	0,630	0,458	0,303	0,196	0,843	0,561	0,345	0,213	0,864	0,571	0,349	0,215
20 / 2	0,527	0,401	0,277	0,185								
t25 / 2	0,491	0,380	0,267	0,181								
30 / 2	0,445	0,352	0,253	0,174								
30-300 / 2	0,442	0,350	0,252	0,174								
20 / 3	0,671	0,480	0,313	0,200								
25 / 3	0,647	0,467	0,307	0,198								
30 / 3	0,613	0,449	0,300	0,195								
30-300 / 3	0,573	0,427	0,290	0,191								

x) Lasivälin toisen pinnan emissiviteetti on 0,837

#### 6.2.4

Taulukoissa 8 ja 9 annetaan valmiiksi laskettuja valoaukon lämmönläpäisykertoimen arvoja.

**TAULUKKO 8. ERISTYSLASIN VALOAUKON LÄMMÖNLÄPÄISYKERTOIMET**

Valoaukon lämmönläpäisykertoimet, $U_g$ , $W/(m^2 \cdot K)$									
Lasivälin paksuus, mm / lasien lukumäärä, kpl	Ilma emissiviteetti			Argon emissiviteetti			Krypton emissiviteetti		
	0,04	0,16	0,837	0,04	0,16	0,837	0,04	0,16	0,837
9 / 2	1,9	2,2	3,0	1,6	1,8	2,8	1,1	1,5	2,6
12 / 2	1,6	1,9	2,8	1,3	1,6	2,7	1,1	1,4	2,5
15 / 2	1,4	1,7	2,7	1,1	1,5	2,6	1,1	1,4	2,5
18 / 2	1,4	1,7	2,7	1,2	1,5	2,6	1,1	1,5	2,6
9 / 3	1,2	1,3	2,0	0,9	1,1	1,9	0,6	0,8	1,7
12 / 3	0,9	1,1	1,9	0,7	0,9	1,7	0,5	0,7	1,6
15 / 3	0,8	1,0	1,8	0,6	0,8	1,7	0,5	0,8	1,6
18 / 3	0,7	0,9	1,7	0,6	0,8	1,6	0,5	0,8	1,6

**TAULUKKO 9. YHDISTELMÄIKKUNAN VALOAUKON LÄMMÖNLÄPÄISYKER-TOIMET, LASITUKSENA ERILLISLASI JA 2-LASINEN ERISTYSLASI**

Valoaukon lämmönläpäisykerroimet, $U_g$ , $W/(m^2 \cdot K)$												
Lasivälin paksuus, mm eristyslasi / erillislasi	Ilma emissiviteetti				Argon emissiviteetti				Krypton emissiviteetti			
	0,04	0,16	0,4	0,837	0,04	0,16	0,4	0,837	0,04	0,16	0,4	0,837
9 / 20-125	1,4	1,5	1,7	1,9	1,2	1,3	1,6	1,8	0,9	1,1	1,4	1,7
12 / 20-125	1,2	1,4	1,6	1,8	1,0	1,2	1,5	1,8	0,9	1,1	1,4	1,7
15 / 20-125	1,1	1,3	1,5	1,8	0,9	1,1	1,4	1,7	0,9	1,1	1,4	1,7
18 / 20-125	1,0	1,2	1,5	1,8	0,9	1,1	1,4	1,7	0,9	1,1	1,4	1,7

### Selostus

*Yhdistelmäikkunalla tarkoitetaan ikkunaa, jonka valoaukossa on sekä eristys- että erillisiä laseja.*

## 6.3 Ikkunan kehän lämmönläpäisykerroin

### 6.3.1

Tavanomaisen puuikkunan kehän lämmönläpäisykerroin ( $U_f$ ) lasketaan kaavalla (7).

$$U_f = \frac{1}{R_{si} + R_{se} + \frac{\beta \cdot d}{\lambda_n}} \quad (7)$$

$d$  karmi- ja puiteosan keskimääräinen paksuus, m

$\lambda_n$  karmi- ja puiteaineen normaalin lämmönjohtavuus

$\beta$  todellisuudessa moniulotteisen lämpövirtauksen huomioon ottava korjauskerroin, 0,7

$R_{si} + R_{se}$  pintavastusten summa (taulukko 2)

## 6.4 Kehärakenteen ja lasituksen terminen vuorovaikutus

### 6.4.1

Valoaukon reunoilla esiintyvä lasituksen sekä kehärakenteen liittymälle ominainen lämpöhäviön lisäys otetaan huomioon liittymärakenteen viivamaisena lisäkonduktanssina ( $\Psi_g$ ). Ellei tarkempia laskelmia suoriteta, voidaan umpiolasin metallisesta reunalistasta aiheutuvina viivamaisen lisäkonduktanssin arvoina käyttää taulukossa 10 esitettyjä arvoja. Puu- tai muovipuitteeseen asennetun erillislasin liittymän viivamaisen lisäkonduktanssin arvo on 0  $W/(m \cdot K)$ .

**TAULUKKO 10. ERISTYSLASIN METALLISEN REUNALISTAN AIHEUTTAMA VIIVAMAINEN LISÄKONDUKTANSSI  $\Psi_g$**

Lisäkonduktanssi $\Psi_g$ , $W/(m \cdot K)$			
Kehän materiaali	Kaksin- tai kolminkertainen lasitus, ei pinnoitteita, kaasu- tai ilmapäli	Kolminkertainen lasitus, matalaemissiviteetti-pinnoite toisessa kaasu- välissä	Kaksinkertainen lasitus matalaemissiviteetti-pinnoitteella, kolminkertainen lasitus kaksi matalaemissiviteetti-pinnoitetta, kaasu- tai ilmapäli
Puu ja muovi	0,04	0,05	0,06
Metalli lämpökatkolla	0,06	-	0,08
Metallikehä ilman lämpökatkoa	0	-	0,02

## 6.5 Ikkunan keskimääräinen lämmönläpäisykerroin

### 6.5.1

Ikkunan keskimääräinen lämmönläpäisykerroin ( $U_w$ ) lasketaan kaavalla (8). Saatu lukuarvo ilmoitetaan kahdella merkitsevällä numerolla.

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + l_g \psi_g}{A_g + A_f} \quad (8)$$

$A_g$  valoaukon pinta-ala,  $m^2$

$U_g$  valoaukon lämmönläpäisykerroin,  $W/(m^2 \cdot K)$

$A_f$  karmi- ja puiteosan projektiopinta-ala ikkunan lasituksen tasossa,  $m^2$

$U_f$  karmi- ja puiteosan lämmönläpäisykerroin,  $W/(m^2 \cdot K)$

$l_g$  valoaukon reunaan muodostuvan viivamaisen kylmäsilian pituus, m

$\psi_g$  valoaukon reunan viivamainen lisäkonduktanssi,  $W/(m \cdot K)$

## 6.6 Oven ja tuuletusluukun lämmönläpäisykerroin

### 6.6.1

Ovilevyn umpiosan ja tuuletusluukun luukkuosan keskimääräinen lämmönläpäisykerroin ( $U_p$ ) lasketaan kohdan 2.2 ja 2.3 mukaisesti. Jos samassa oviaukossa on kaksi ovilevyä ja näiden välissä ilmarako, käytetään ilmaraon lämmönvastuksena taulukon 3 mukaista arvoa. Tällöin edellytetään, että ainakin toisen ovilevyn sekä karmin välisessä raossa on tiiviste.

### 6.6.2

Oven karmiosan lämmönläpäisykerroin ( $U_f$ ) lasketaan kohdan 6.3 mukaisesti. Ovessa mahdollisesti olevan ikkunan valoaukon lämmönläpäisykerroin lasketaan kohdan 6.2 mukaisesti. Ovilevyn valoaukon reunojen viivamainen lisäkonduktanssi lasketaan kohdan 6.4 mukaisesti.

### 6.6.3

Jos samassa oviaukossa on kaksi ikkunallista ovilevyä, katsotaan ikkunat laskettaessa yhdeksi rakenteeksi ja niiden välisen ilmaraon lämmönvastuksena käytetään taulukon 3 mukaista arvoa edellyttäen, että ainakin toinen ovilevy on varustettu tiivistein.

### 6.6.4

Jos ovilevyn umpiosassa tai tuuletusluukussa on kylmäsiltoja, otetaan viivamaisien ja pistemäisten kylmäsiltojen vaikutus huomioon umpiosan ja luukun keskimääräisessä lämmönläpäisykerrotoimessa ( $U_p$ ) kohdan 2.3 mukaisesti.

### 6.6.5

Oven ja tuuletusluukun keskimääräinen lämmönläpäisykerroin ( $U_D$ ) lasketaan kaavalla (9).

$$U_D = \frac{A_g U_g + A_p U_p + A_f U_f + l_g \psi_g}{A_g + A_p + A_f} \quad (9)$$

$A_g$  valoaukon pinta-ala,  $m^2$

$U_g$  valoaukon lämmönläpäisykerroin,  $W/(m^2 \cdot K)$

$A_p$  ovilevyn umpiosan pinta-ala,  $m^2$

$U_p$  ovilevyn umpiosan keskimääräinen lämmönläpäisykerroin,  $W/(m^2 \cdot K)$

$A_f$  karmin projektiopinta-ala ovilevyn tasoon,  $m^2$

$U_f$  karmin lämmönläpäisykerroin,  $W/(m^2 \cdot K)$

$l_g$  valoaukon reunaan muodostuvan viivamaisen kylmäsilian pituus, m

$\psi_g$  valoaukon reunan viivamainen lisäkonduktanssi,  $W/(m \cdot K)$

# LIITE

## Opastavia tietoja

### SUOMEN RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA

Tilanne 1.10.2003 tämän asetuksen antopäivän 30.10.2002 tiedoin  
(ajantasainen sisällysluettelo [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi))

<b>A YLEINEN OSA</b>			
A1	Rakennustyön valvonta	Määräykset ja ohjeet	2000
A2	Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat	Määräykset ja ohjeet	2002
A3	Rakennustuotteet	Määräykset	1995
A4	Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje	Määräykset ja ohjeet	2000
A5	Kaavamerkinnot	Määräykset	2000
<b>B RAKENTEIDEN LUJUUS</b>			
B1	Rakenteiden varmuus ja kuormitukset	Määräykset	1998
B2	Kantavat rakenteet	Määräykset	1990
B3	Pohjarakennus	Määräykset	1976
B4	Betonirakenteet	Ohjeet	2001
B5	Kevytbetoniharkkorakenteet	Ohjeet	1987
B6	Teräsohuttlevyrakenteet	Ohjeet	1989
B7	Teräsrakenteet	Ohjeet	1996
B8	Tiilirakenteet	Ohjeet	1989
B9	Betoniharkkorakenteet	Ohjeet	1993
B10	Puurakenteet	Ohjeet	2001
*	Eurocode-esistandardien kansalliset soveltamisasiakirjat (NAD)		
<b>C ERISTYKSET</b>			
C1	Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa	Määräykset ja ohjeet	1998
C2	Kosteus	Määräykset ja ohjeet	1998
C3	Rakennuksen lämmöneristys	Määräykset	2003
C4	Lämmöneristys	Ohjeet	2003
<b>D LVI JA ENERGIATALOUS</b>			
D1	Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot	Määräykset ja ohjeet	1987
D2	Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto	Määräykset ja ohjeet	2003
D3	Rakennusten energiatalous	Määräykset ja ohjeet	1978
D4	LVI-piirrosmerkit	Ohjeet	1978
D5	Rakennusten lämmityksen tehon- ja energiatarpeen laskenta	Ohjeet	1985
D6	Kvv-työnjohtaja	Määräykset	1990
D7	Kattiloiden hyötysuhdevaatimukset	Määräykset	1997
<b>E RAKENTEELLINEN PALOTURVALLISUUS</b>			
E1	Rakennusten paloturvallisuus	Määräykset ja ohjeet	2002
E2	Tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuus	Ohjeet	1997
E3	Pienet savuhormit	Ohjeet	1988
E4	Autosuojien paloturvallisuus	Ohjeet	1997
E7	Ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuus	Ohjeet	1980
E8	Muuratut tulisijat	Ohjeet	1985
E9	Kattilahuoneiden ja polttoaineväestöjen paloturvallisuus	Ohjeet	1997
<b>F YLEINEN RAKENNUSSUUNNITTELU</b>			
F1	Liikkumisesteetön rakentaminen	Määräykset ja ohjeet	1997
F2	Rakennuksen käyttöturvallisuus	Määräykset ja ohjeet	2001
<b>G ASUNTORAKENTAMINEN</b>			
G1	Asuntosuunnittelu	Määräykset	1994
G2	Valtion tukema asuntorakentaminen	Määräykset ja ohjeet	1998