

FF
FINNFOAM

**ERISTYKSEN KOTIMAINEN
EDELÄKÄVIJÄ**

FINNFOAM
MAAN PARAS ERISTE

FF-PIR

FF-EPS

Tulppa
MÄRKÄTILALEVY



FINNFOAM -KONSERNI 40 V

Suomalainen perheyritys

Innovatiivinen eristysmaailman kehittäjä

Puristuslujat, kosteudenkestävät ja homehtumattomat
FINNFOAM (XPS), FF-EPS ja FF-PIR lämmöneristeet sekä
Tulppa-märkätilelevyt



Henkilökuntaa
yli 300



Liikevaihto (2022)
n. 192 M€



**Henri Nieminen,
Toimitusjohtaja**

**Teppo Nieminen,
Hallituksen pj.**

KESTÄVÄ JA TOIMIVA

Energia- ja kustannustehokkaat
lämmöneristysratkaisut.

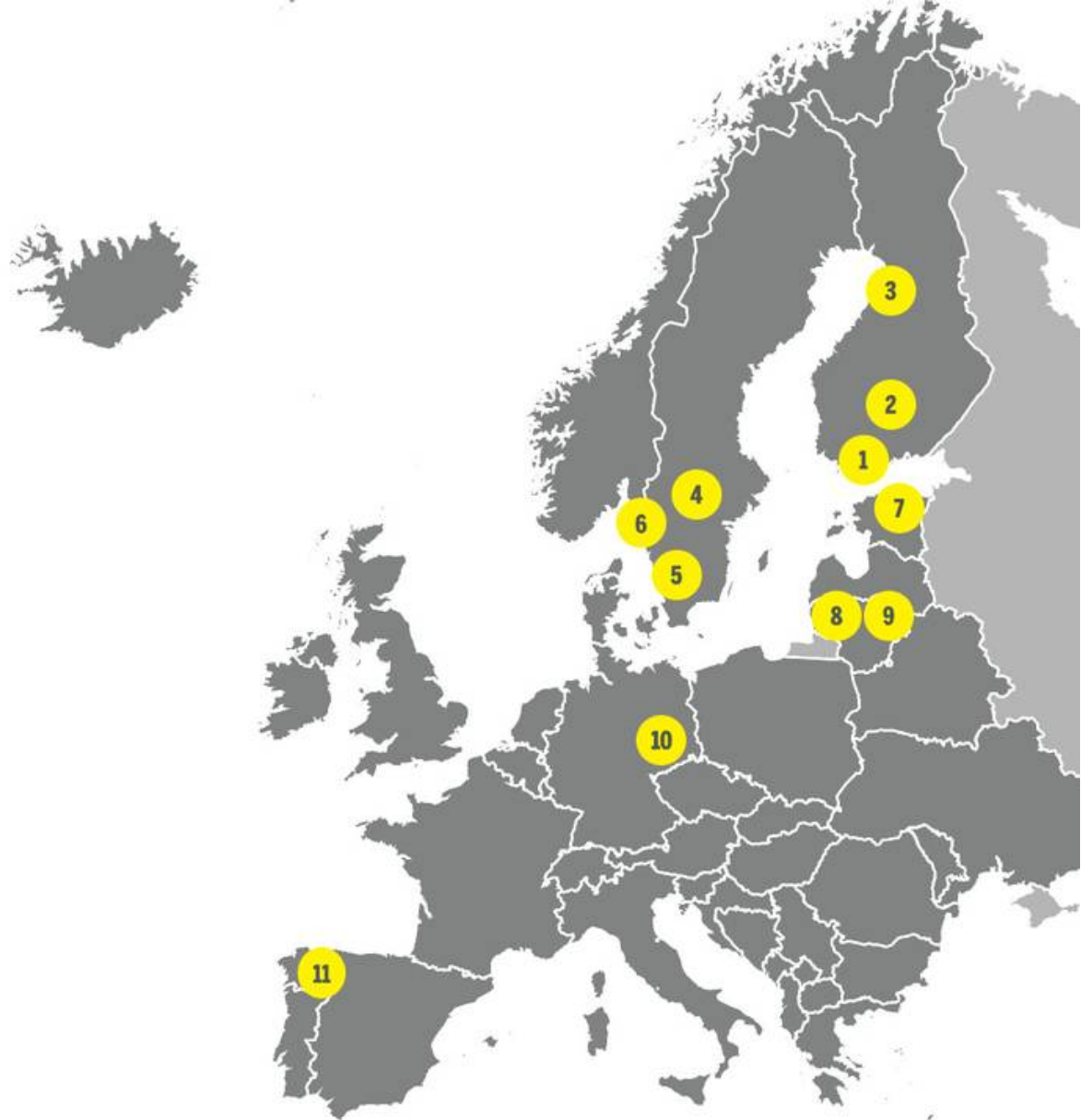
Patentoiduista ja innovatiivisista keksinnöistä
menestystuotteiksi

Kohti parempaa rakentamista ja kansanterveyttä.

FF
FINNFORM®

KONSERNIN TEHTAAT:

- 1 Salo, FI
- 2 Valkeakoski, FI
- 3 Liminka Noutovarasto, FI
- 4 Kristinehamn, SE
- 5 Markaryd, SE
- 6 Trollhättan, SE
- 7 Tallinn, EE
- 8 Kaunas, LT  warmotech®
- 9 Kaunas, LT  warmotech®
- 10 Elsterwerda, DE
- 11 Vigo, ES



Webinaari RIL-225 2023

Miten U-arvo lasketaan?

- Kirjan luvut 4-7 ja joitakin omia esimerkkejä

Aikaisempi webinaari marraskuu 2023

- Miten lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo määritetään?
- Kirjan luvut 3 ja 8



RIL 225-2023 SISÄLTÖ

RIL 225-2023 perustuu mm. seuraavien eurooppalaisten standardeihin sekä eurooppalaisiin tekniisiin hyväksyntöihin ja antaa niiden soveltamiseen kansallisia ohjeita:

- **SFS-EN ISO 10456:2007+AC:2009** Rakennusaineet ja tuotteet. Lämpö- ja kosteustekniset ominaisuudet. Menettelytavat ilmoitetun lämpöteknisen arvon ja lämpöteknisen suunnitteluarvon määrittämiseksi.
- **SFS-EN ISO 6946:2017** Rakennusosat ja rakennuselementit. Lämmönvastus ja lämmönläpäisykerroin. Laskentamenetelmät. (Building components and building elements. Thermal resistance and thermal transmittance. Calculation methods) (ISO 6946:2017)
- **SFS-EN ISO 13370:2017** Rakennusten lämpöominaisuudet. Lämpöhäviöt maaperän kautta. Laskentamenetelmät. (Thermal performance of buildings. Heat transfer via the ground. Calculation methods) (ISO 13370:2017)
- **ETAG* 031:2010 ETAG 031 Inverted Roof Insulation**

Ohjetta soveltamalla saadaan lämmöneristeiden lämmönjohtavuuden suunnitteluarvot (λ_U) ja rakennusosien korjattujen lämmönläpäisykertoimien arvot (U_c) tulee lasketuksi suomalaisten ohjeiden ja eurooppalaisten standardien mukaisesti.

(* ETAG eli European Technical Approval Guidelines)

Esityksessä keskitytään lämmönläpäisykertoimen laskentaan (RIL225-2023 luvut 4-7).

Mihin U-arvoja tarvitaan?

U-arvo eli lämmönläpäisykerron

Lämpövirran tiheys, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolien välillä on yksikön suuruinen, yksikkö W/m^2K

Määräystenmukaisuuden osoittaminen

U-arvoja tarvitaan lähtötietona seuraavissa laskelmissa:

- 1) E-luvun laskenta (johtumislämpöhäviöt kWh)
- 2) Rakennuksen vertailulämpöhäviön määrittäminen (tasauslaskenta, ominaislämpöhäviöt W/K)
- 3) Rakennuksen lämmön ja sähkön tehon tarve (johtumislämpöhäviöteho, W)

Ympäristöministeriön asetus

uuden rakennuksen energiatehokkuudesta

Korjaamaton U-arvo: $U = 1 / R_{tot}$

FF
FINNFOAM

**ERISTYKSEN KOTIMAINEN
EDELÄKÄVIJÄ**

FINNFOAM
MAAN PARAS ERISTE

FF-PIR

FF-EPS

Tulppa
MÄRKÄTILALEVY

LÄMMÖNVASTUS

- **Miten lämmönvastus lasketaan?**
- **Pintavastukset**
- **Ilmakerrosten lämmönvastus**
- **Lämmittämättömien tilojen lämmönvastus**

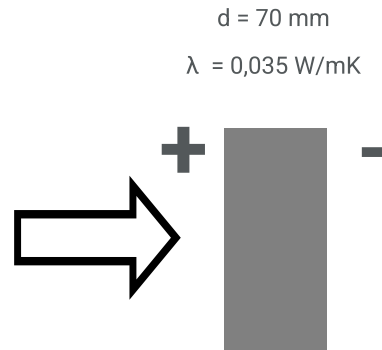
Lämmönvastus

Lämmönvastus R

Lämmönvastuksella (R, yksikkö $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$) tarkoitetaan termisessä jatkuvuustilassa olevan tasapaksun ainekerroksen tai kerroksellisen rakenteen lämmönvastusta, joka ilmoittaa eri puolilla olevien isotermisten pintojen lämpötilaeron ja ainekerroksen läpi kulkevan lämpövirran tiheyden suhteen.

Voidaan määrittää käytettävälle tuotteelle erikseen tai laskea lämmönjohtavuuden ja paksuuden perusteella seuraavasti:

$$R = d / \lambda$$



Esimerkkilaskelma:

paksuus 70 mm

lämmönjohtavuus 0,035 W/mK

$R = 0,070 \text{ m} / 0,035 \text{ W/mK}$

$R = 2,00 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Lämmönvastuksen avulla voidaan vertailla eri paksuisten tuotteiden lämmöneristävyyttä keskenään.

- Miten paljon tarvitaan jotain toista materiaalia, kun toista tarvitaan tietty paksuus?

Mitä suurempi lämmönvastus, sen paremmin tuote tai rakennekerros estää lämmön siirtymistä ja siten toimii parempana lämmöneristeenä.

Miten paljon tarvitaan tiettyä materiaalia, jotta olisi sama lämmönvastus?

$$R = d / \lambda$$



$$d = R \lambda$$

Lämmöneriste:

FF-PIR AL paksuus 100 mm

lämmönjohtavuus $\lambda_D = 0,022 \text{ W/mK}$

lämmönvastus $R = 0,100 \text{ m} / 0,022 \text{ W/mK}$

$$R = 4,545 \text{ m}^2\text{K/W}$$

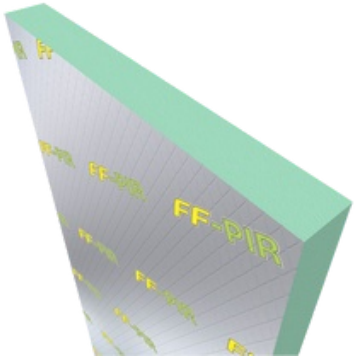
Puu:

lämmönvastus $R = 4,545 \text{ m}^2\text{K/W}$

lämmönjohtavuus $0,12 \text{ W/mK}$

$d = 4,545 \text{ m}^2\text{K/W} \times 0,12 \text{ W/mK}$

$$d = 545 \text{ mm}$$



Pintavastukset

Pintavastus (m ² K/W)	Lämpövirran suunta		
	Ylöspäin	Vaakasuoraan	Alaspäin
Sisäpuolen pintavastus R_{si}	0,10	0,13	0,17
Ulkopuolen pintavastus R_{se}	0,04	0,04	0,04

- Lämpötilan poiketessa vaakasuorasta enintään 30 astetta, käytetään vaakasuoraan annettuja arvoja
- Pintavastukset koskevat pintoja, jotka ovat kosketuksissa ilman kanssa
 - Esim. maata vasten olevan rakennusosan osalta pintavastus on nolla.
- Tuuletusrako katsotaan hyvin tuulettuvaksi ilmaväliksi, jonka ulkopuolisena lämmönvastuksena voidaan käyttää vastaavan rakenteen sisäpuolista pintavastusta
- Tuuletusraon ulkopuolisia rakenteita ei huomioida rakenteiden U-arvon laskennassa

Ilmakerrosten lämmönvastus

- **Tuulettumaton ilmakerros**

- Lämmönvastukset kirjan taulukosta 3S (sivu 27)
- Pintojen heijastavuudet (emissiviteetit) voidaan huomioida

- **Lievästi tuulettuva ilmakerros**

- Tyypillisesti tuuletusuritutukset
- Lasketaan kirjan sivun 28 kaavan perusteella

- **Hyvin tuulettuva ilmakerros**

- Tyypillisesti tuuletusraot, joissa ilma pääsee kiertämään hyvin.
- Jätetään huomioimatta, mutta tuuletusraon osalta voi käyttää sisäpuolen pintavastusta

HUOM! Ei käydä tässä esityksessä tarkasti näitä kohtia!

Lämmittämättömien tilojen lämmönvastus

Katon kuvaus		R_U m ² K/W
1	Kate ilman aluskatetta	0,06
2	Paanu- tai tiilikate, jonka alla on vedeneristyskermistä, levystä tai vastaavasta materiaalista tehty aluskate	0,2
3	Kuten 2, mutta katteen alapintaan on lisätty alumiini- tai muu matalaemissiviteettipinta	0,3
4	Yhtenäinen huopakate aluskatteineen	0,3

- Arvoihin ei sisälly ulkopuolinen pintavastus (R_{se}).
- Arvoja ei voi käyttää koneellisesti tuuletettujen tilojen tapauksessa

KOKONAISLÄMMÖNVASTUS



Kokonaislämmönvastus

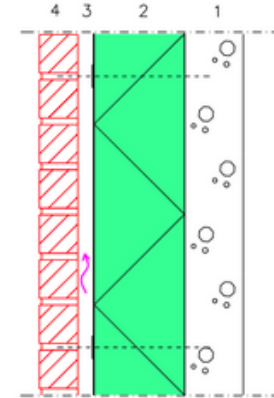
- Homogeenisista kerroksista koostuvan rakenneosan kokonaislämmönvastus
- $R_{\text{tot}} = R_{\text{si}} + R_1 + R_2 + \dots R_n + R_{\text{se}}$
- Lasketaan kaikkien rakennusosien lämmönvastukset ja rakenteen mukaiset pintavastukset yhteen

Kokonaislämmönvastus, esimerkki

Rakenteen kokonaislämmönvastus: $R_{tot} = R_{si} + R_1 + R_2 + R_{se}$

Esimerkki: tuulettuva ulkoseinä rakenne

1. Kantava betoni 150 mm
2. Lämmöneriste FF-PIR FR 140 mm ($\lambda_D = \lambda_U = 0,025 \text{ W/mK}$)
3. Tuuletusrako
4. Tiiliverhous



Rakennekerros	Paksuus mm	Lämmönjohtavuus W/mK	Lämmönvastus m ² K/W	
Sisäpinta/pintavastus			0,13	= R_{si}
Runkorakenne	Betoni 150	2,5	0,060	= R_1
Lämmöneriste	FF-PIR FR 140	0,025	5,600	= R_2
Tuuletusrako/pintavastus			0,13	= R_{se}
		Lämmönvastus yhteensä	5,92	= R_{tot}



Korjaamaton U-arvo:

$$U = 1 / R_{tot} = 1/5,92$$

$$= 0,1689 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Homogeenisista ja epähomogeenisista kerroksista koostuvan rakenneosan kokonaislämmönvastus

Epähomogeeninen kerros eli kerroksessa on kahta tai useampaa materiaalia, joilla on eri lämmönjohtavuus.

Rakenneosan kokonaislämmönvastus

$$R_{\text{tot}} = (R_{\text{tot,ylä}} + R_{\text{tot,ala}}) / 2$$

Kokonaislämmönvastuksen yläikiarvo:

$$1 / R_{\text{tot,ylä}} = f_a / R_{\text{tot,a}} + f_b / R_{\text{tot,b}} + \dots f_q / R_{\text{tot,q}}$$

Kokonaislämmönvastuksen alalikiarvo:

$$1 / R_j = f_a / R_{aj} + f_b / R_{bj} + \dots f_q / R_{qj}$$

Epähomogeeninen rakenne, esimerkki

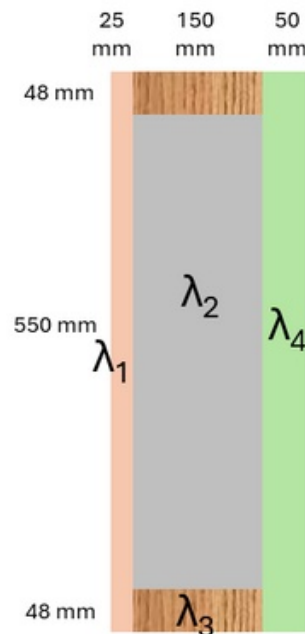
Tyypillinen epähomogeenisen kerroksen sisältämä rakenne on puurunkoinen ulkoseinärakenne.

Tällöin puurungon ja eristeen sisältämä osa on epähomogeeninen

Rakenteen kokonaislämmönvastus lasketaan ylä- ja ala likiarvon keskiarvona

Tässä on ensin laskettu esimerkkirakenteen eri kerrosten ja osien lämmönvastukset:

Rakennekerros		Paksuus	Lämmönjohtavuus	Lämmönvastus	
		mm	W/mK	m ² K/W	
Sisäpinta/pintavastus				0,13	= R _{si}
Lämmöneriste	1. FF-PIR AL	50	0,022	2,273	= R ₁
Puurunko ja lämmöneriste	2. Eriste	150	0,036	4,167	= R ₂
	3. Puurunko	150	0,12	1,250	= R ₃
Tuulensuojalevy	4. Puukuitulevy	25	0,049	0,510	= R ₄
Tuuletusrako/pintavastus				0,13	= R _{se}



Yläikiarvo

Kokonaislämmönvastuksen yläikiarvo:

$$1 / R_{\text{tot,ylä}} = f_a / R_{\text{tot,a}} + f_b / R_{\text{tot,b}} + \dots f_q / R_{\text{tot,q}}$$

$$R_{\text{tot,a}} = R_{\text{si}} + R_1 + R_2 + R_4 + R_{\text{si}} = 0,13 + 2,273 + 4,167 + 0,510 + 0,13 = 7,210 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\text{tot,b}} = R_{\text{si}} + R_1 + R_2 + R_4 + R_{\text{si}} = 0,13 + 2,273 + 1,250 + 0,510 + 0,13 = 4,293 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$f_a = f_2 = 552 / 600 = 0,920$$

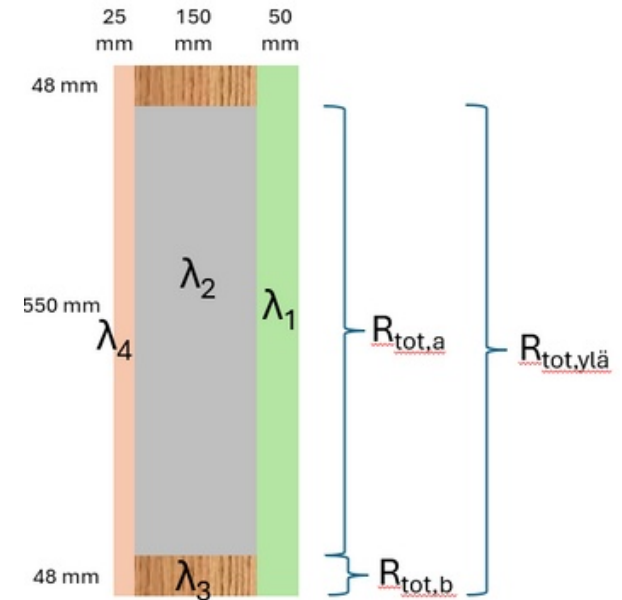
$$f_b = f_3 = 48 / 600 = 0,080$$

Pinta-alaosuudet

$$1 / R_{\text{tot,ylä}} = f_a / R_{\text{tot,a}} + f_b / R_{\text{tot,b}} = 0,92 / 7,210 + 0,08 / 4,293$$

$$R_{\text{tot,ylä}} = 6,838 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Lämmönvastus	
m ² K/W	
0,13	= R _{si}
2,273	= R ₁
4,167	= R ₂
1,250	= R ₃
0,510	= R ₄
0,13	= R _{se}



Alalikiarvo

Lämmönvastus epähomogeeniselle kerrokselle:

$$1 / R_j = f_a / R_{aj} + f_b / R_{bj} + \dots f_q / R_{qj}$$

$$1 / R_{2/3} = f_2 / R_2 + f_3 / R_3$$

$$f_a = f_2 = 552 / 600 = 0,920$$

$$f_b = f_3 = 48 / 600 = 0,080$$

Pinta-alaosuudet

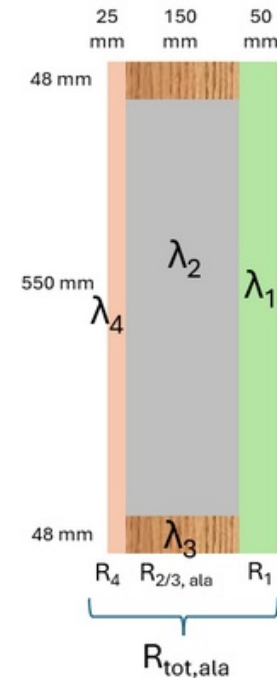
$$1 / R_{2/3} = 0,92 / 4,167 + 0,08 / 1,250$$

$$R_{2/3} = 3,511 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\text{tot,ala}} = R_{\text{si}} + R_1 + R_{2/3} + R_4 + R_{\text{se}} = 0,13 + 2,273 + 3,511 + 0,510 + 0,13$$

$$R_{\text{tot,ala}} = 6,554 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Lämmönvastus	
m ² K/W	
0,13	= R _{si}
2,273	= R ₁
4,167	= R ₂
1,250	= R ₃
0,510	= R ₄
0,13	= R _{se}



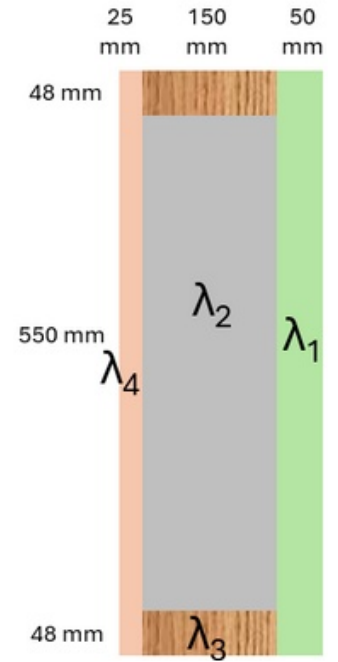
Kokonaislämmönvastus

Rakennesosan kokonaislämmönvastus

$$R_{\text{tot}} = (R_{\text{tot,ylä}} + R_{\text{tot,ala}}) / 2$$

$$R_{\text{tot}} = (6,838 + 6,554) / 2 = 6,696 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Korjaamaton U-arvo: $U = 1 / R_{\text{tot}} = 1/6,696 = 0,1493 \text{ W/m}^2\text{K}$



LÄMMÖNLÄPÄISYKERROIN ELI U-ARVO

Korjaamaton U-arvo: $U = 1 / R_{tot}$

Korjattu U-arvo: $U_c = U + \Delta U$

U-arvon korjaustermi: $\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_f + \Delta U_r$

*HUOM! RIL225-2023 sisältää viivamaisten säännöllisten kylmäsiltojen korjaustekijää ei käsitellä tässä esityksessä
Yleensä käytettävä 2D laskentaa, jos rakenteessa on teräsranka.*

HUOM! Korjattu U-arvo ilmoitetaan kahden desimaalin tarkkuudella ja pyöristettynä normaalin matemaattisen pyöristyssäännön mukaisesti

KORJAUSTEKIJÄT

$$\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_f + \Delta U_r$$

ΔU_g on ilmarakojen korjaustekijä

ΔU_f on mekaanisten kiinnikkeiden korjaustekijä

ΔU_r on käännetyin katon korjaustekijä

HUOM! jos ΔU =on alle 3 % korjaamattomasta U-arvosta, sitä ei tarvitse huomioida!

Ilmarakojen korjaustekijä

ΔU_g on ilmarakojen korjaustekijä

$$\Delta U_g = \Delta U'' (R_1 / R_{tot})^2$$

$\Delta U''$ on ilmarakojen korjauskerroin

R_1 on ilmarakoja sisältävän eristekerroksen lämmönvastus (ilman kylmäsiltoja)

R_{tot} on laskettavan rakenteen kokonaislämmönvastus (ilman kylmäsiltoja)

Ilmarakojen korjaustekijä, korjaustasot

$\Delta U''$ on ilmarakojen korjauskerroin

Taso	Kuvaus	$\Delta U''$ (W/m ² K)
0	Lämmöneristekerroksessa ei ole ilmarakoja tai on vain vähäisiä ilmarakoja, joilla ei ole merkittävää heikentävää vaikutusta lämmöneristävyyteen	0,00
1	Lämmöneristekerroksessa on koko eristekerroksen läpäiseviä joko lämpövirran suuntaisia tai lämpövirtaa vastaan kohtisuoria ilmarakoja	0,01
2	Lämmöneristekerroksessa on koko eristekerroksen läpäiseviä lämpövirran suuntaisia sekä lämpövirtaa vastaan kohtisuoria ilmarakoja	0,04

Ilmarakojen korjaustekijä, esimerkki

Korjaustaso 0:

- Runkotolppien välissä oleva eriste, joka on tiivistetty joustavalla materiaalilla, jonka muodonmuutoskyky on 5-20 % pitkäaikaisesti
- Runkotolppien välissä oleva eriste, jonka ulkopuolella on yhtenäinen eristekerros, jonka lämmönvastus on vähintään $0,90 \text{ m}^2\text{K/W}$ ja ilmanläpäisevyys $< 30 \times 10^{-6} \text{ m}^3(\text{msPa})$

Korjaustaso 1:

- Yhtenäiset eristekerrokset, joiden mittatoleranssit ovat suuret tai esim. lämpötilat aiheuttavast mittamuutoksia. Eriste on asennettu tiiviisti taustarakennetta vasten.
- Runkotolppien välissä oleva eriste, jonka ulkopuolella on yhtenäinen eristekerros, jonka lämmönvastus on pienempi kuin $0,90 \text{ m}^2\text{K/W}$ tai ilmanläpäisevyys $> 30 \times 10^{-6} \text{ m}^3(\text{msPa})$

Korjaustaso 2:

- Yhtenäiset eristekerrokset, joiden mittatoleranssit ovat suuret tai esim. lämpötilat aiheuttavast mittamuutoksia. Eriste ei ole asennettu tiiviisti taustarakennetta vasten.

Mekaanisten kiinnikkeiden korjaustekijä

$$\Delta U_f = \alpha (\lambda_f A_f n_f) / d_1 \times (R_1 / R_{tot})^2$$

kerroin α

on 0,8 jos kiinnike läpäisee lämmöneristekerroksen kokonaan

tai

$0,8 \times d_1 / d_0$, jos kiinnike läpäisee lämmöneristekerroksen osittain

λ_f on kiinnikkeen lämmönjohtavuus

A_f on yhden kiinnikkeen poikkipinta-ala

n_f on kiinnikkeiden lukumäärä per neliö

d_0 on sen lämmöneristekerroksen paksuus, jossa kiinnike on

d_1 on lämmöneristekerroksen läpäisevien kiinnikkeiden pituus

R_1 on kiinnikkeen läpäisevän lämmöneristekerroksen lämmönvastus

R_{tot} on rakenteen kokonaislämmönvastus (ilman kylmäsiltoja)

Mekaanisten kiinnikkeiden korjaustekijä, esimerkki

$$U = 1 / R_{tot} = 1 / 5,92$$

$$U = 0,169 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\Delta U_f = \alpha (\lambda_f A_f n_f) / d_1 \times (R_1 / R_{tot})^2$$

kerroin $\alpha = 0,8$

$$\lambda_f = 17 \text{ W/mK (RST kiinnikkeet)}$$

$$d_f = 4 \text{ mm}$$

$$n_f = 5 \text{ kpl/m}^2$$

$$d_1 = 140 \text{ mm}$$

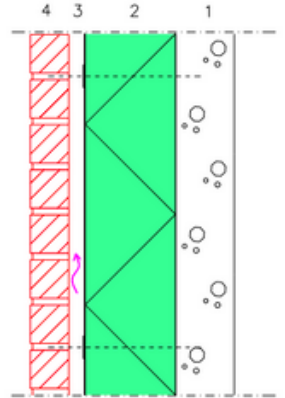
$$R_1 = 5,600 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{tot} = 5,92 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\Delta U_f = 0,8 (17 \cdot 19,63 \cdot 5) / 0,140 \times (5,6 / 5,92)^2$$

$$\Delta U_f = 0,00546 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Rakennekerros	Paksuus mm	Lämmönjohtavuus W/mK	Lämmönvastus m ² K/W	
Sisäpinta/pintavastus			0,13	= R _{si}
Runkorakenne	Betoni	150	2,5	= R ₁
Lämmöneriste	FF-PIR FR	140	0,025	= R ₂
Tuuletusrako/pintavastus			0,13	= R _{se}
Lämmönvastus yhteensä			5,92	= R _{tot}



$$A_f = \text{pii} \times (d/2)^2 = \text{pii} \times (5/2)^2 = 19,63 \text{ mm}^2$$

$$\Delta U_f / U = 0,00546 / 0,169 = 0,032 \text{ eli } 3,2 \% \text{ (huomioidaan)}$$

$$U_c = U + \Delta U = 0,169 + 0,00546 = 0,1744 = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Käännetyin katon korjaustekijä

ΔU_R on käännetyin katon korjaustekijä

$$\Delta U_R = \rho f x (R_1 / R_{tot})^2$$

ρ on lämmityskauden keskimääräinen sateen intensiteetti

$f \cdot x$ on korjauskerroin (sadeveden vaikutus lämmöneristävyyteen)

R_1 on vedeneristysten yläpuolella olevan lämmöneristekerroksen lämmönvastus

R_{tot} on rakenteen kokonaislämmönvastus

Käännettyjen kattojen korjaustekijä

Kerros $f \cdot x$ valitaan oheisen taulukon mukaisesti

Vedeneristeen päällä olevan rakenteen lämmönvastus	Pintarakenne	Eristyskerrokset	Kerros $f \cdot x$
< 5 m ² K/W	Avoin	Yksi	0,040
< 5 m ² K/W	Avoin	2 tai useampi	0,035
5 - 10 m ² K/W	Avoin	2 tai useampi	0,030
> 10 m ² K/W	Avoin	2 tai useampi	0,020
< 5 m ² K/W	Suljettu	Yksi	0,020
< 5 m ² K/W	Suljettu	2 tai useampi	0,015
5 - 10 m ² K/W	Suljettu	2 tai useampi	0,010
> 10 m ² K/W	Suljettu	2 tai useampi	0,005

Arvo 0,040 standardin EN ISO 6946:2017 mukaan

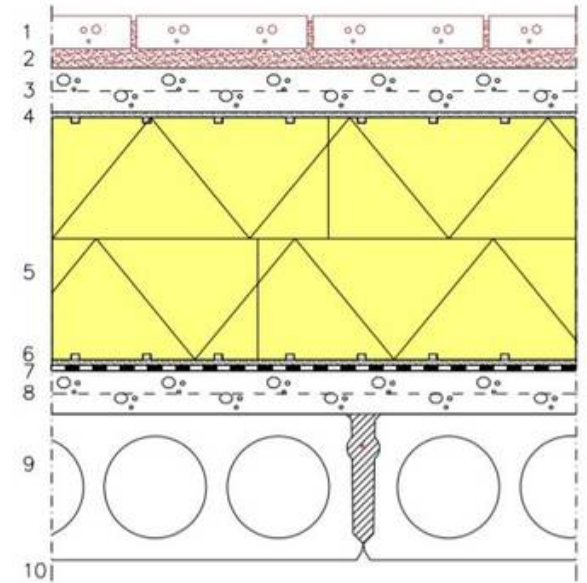
Muut $f \cdot x$ arvot on määritetty ohjeeseen soveltaen ETAG 031:2010

ρ :n arvona käytetään yleensä arvoa 0,5 mm/vrk

Käännetty katto, esimerkki

Lasketaan käännetyn kattorakenteen lämmönvastus

Rakennekerros	Paksuus mm	Lämmönjohtavuus W/mK	Lämmönvastus m ² K/W	
Sisäpinta/pintavastus			0,10	= R _{si}
Ontelolaatta	300		0,26	= R ₉
Tasausbetoni/kallistukset	50	2,00	0,025	= R ₈
Vedeneristys VE80R	10	0,23	0,043	= R ₇
Salaojamatto			0	= R ₆
Finnfoam FI-400 URA 2x220 mm	440	0,040	11,000	= R ₅
Salaojamatto			0	= R ₄
Teräsbetoni-laatta	80	2,00	0,040	= R ₃
Asennushiekka	45	2,00	0,023	= R ₂
Betoni-laatoitus	60	2,00	0,030	= R ₁
Pintavastus			0,04	= R _{se}
Lämmönvastus yhteensä			11,5610	= R _{tot}



Käännetty katto, esimerkki

$$U = 1 / R_{\text{tot}} = 1 / 11,5610$$

$$U = 0,08650 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\text{Käännetytyn katon korjaustekijä: } \Delta U_r = \rho \cdot f \cdot x \cdot (R_1 / R_{\text{tot}})^2$$

$$\rho = 0,5 \text{ mm/vrk}$$

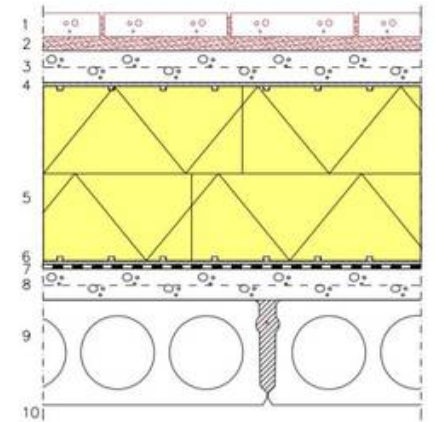
$$f \cdot x = 0,005$$

$$R_1 = 11,000 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\text{tot}} = 11,5610 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\Delta U_r = 0,5 \cdot 0,005 \cdot (11,0 / 11,561)^2$$

$$\Delta U_r = 0,00226 \text{ W/m}^2\text{K}$$



$$\Delta U_f / U = 0,00226 / 0,08650 = 0,026 \text{ eli } 2,6 \% \text{ (ei huomioida)}$$

$$U_c = U + \Delta U = 0,08650 = 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Maanvastaiset rakenteet

- Maanvastaisten rakenteiden U-arvon laskenta standardin SFS-EN ISO 13370:2017 mukaisesti
 - Maanvastainen alapohja
 - Ryömintätilainen alapohja
 - Kellarin ulkoseinä
 - Kellarin lattia



Maanvastaiset rakenteet

Huomioidaan rakennuksen geometria.

Suhteellinen lattiamitta: $B = A / 0,5P$

P = lattian ympärysmitta

A = lattian pinta-ala

Ekvivalentti paksuus eli vastaava paksuus maata, jolla on sama lämmönvastus, kuin rakenteella

Lattioiden ekvivalentti paksuus:

$$d_t = w + \lambda (R_{Si} + R_f + R_{Se})$$

Kellarikerroksen seinien ekvivalentti paksuus:

$$d_w = \lambda (R_{Si} + R_w + R_{Se})$$

Maanvastainen alapohja

d_t = ekvivalentti paksuus ja B = suhteellinen lattiamitta

Jos $d_t < B$ (eristämättömät tai jonkin verran eristetyt lattiat):

$$U = 2\lambda / (\pi B + d_t) \ln(\pi B / d_t + 1)$$

Jos $d_t \geq B$ (hyvin eristetyt lattiat):

$$U = \lambda / (0,457 B + d_t)$$

Maanvastainen alapohja, reunalla oleva eristys

Alapohjan reunalla pystyssä tai vaakatasossa olevan eristeen voi huomioida laskennassa

Ekvivalentti lisäpaksuus $d' = R' \lambda$

$$R' = R_n - d_n / \lambda$$

R_n = vaaka- tai pystysuunnassa reunalla olevan eristyksen (tai perustuksen) lämmönvastus

d_n = reunalla olevan eristyksen (tai perustuksen) paksuus

Reunalla olevan eristeen vaikutus voidaan huomioida seuraavalla kaavalla:

$$U = U_0 + 2 \Psi_{g,e} / B$$

U_0 = lattian lämmönläpäisykerroin ilman reunalla olevaa eristystä

Maanvastainen alapohja, reunalla oleva eristys

Vaakasuuntainen reunalla oleva eristys:

$$\Psi_{g,e} = - \lambda / \pi [\ln (D/d_t + 1) - \ln (D/d_t + d' + 1)]$$

D = eristeen leveys

d_t = lattian ekvivalentti paksuus

d' = reunalla olevan eristeen ekvivalentti paksuus

**Parempi huomioidaan
laskennassa!**

Pystysuuntainen reunalla oleva eristys:

$$\Psi_{g,e} = - \lambda / \pi [\ln (2D/d_t + 1) - \ln (2D/d_t + d' + 1)]$$

D = eristeen etäisyys maan pinnasta

d_t = lattian ekvivalentti paksuus

d' = reunalla olevan eristeen ekvivalentti paksuus

Maanvastainen alapohja, esimerkki

Alapohjan lämmöneriste

Styroplast EPS 100 proLattia 200 mm

Ilmoitettu lämmönjohtavuus $\lambda_D = 0,031 \text{ W/mK}$

Lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvo $\lambda_U = 0,034 \text{ W/mK}$

Lämmönvastus $R = d/\lambda = 200/34 = 5,882 \text{ m}^2\text{K/W}$

Sokkelin reunalla oleva lämmöneriste

Finnfoam FI-300 70 mm

Ilmoitettu lämmönjohtavuus $\lambda_D = 0,035 \text{ W/mK}$

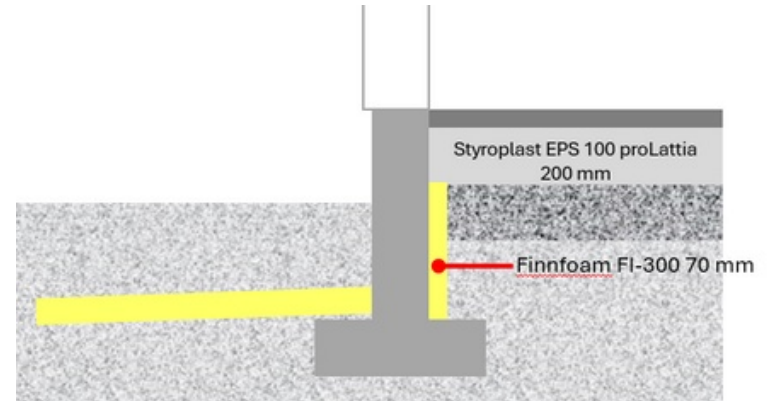
Lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvo $\lambda_U = 0,036 \text{ W/mK}$

Lämmönvastus $R = d/\lambda = 70/36 = 1,944 \text{ m}^2\text{K/W}$

Suhteellinen lattiamitta: $B = A / 0,5P$

$P = 15 + 7 + 15 + 7 = 44 \text{ m}$ ja $A = 15 \times 7 = 105 \text{ m}^2$

$B = 105 / 0,5 \times 44 = 4,773 \text{ m}$



15 m

7 m



Maanvastainen alapohja, esimerkki

Lattian ekvivalentti paksuus: $d_t = w + \lambda (R_{sj} + R_f + R_{se})$

$w = 0,3 \text{ m}$ (seinän leveys)

$\lambda = 2,0 \text{ W/mK}$ (maan lämmönjohtavuus)

$R_{sj} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$

$R_f = 5,882 \text{ m}^2\text{K/W}$ (eristeen lämmönvastus)

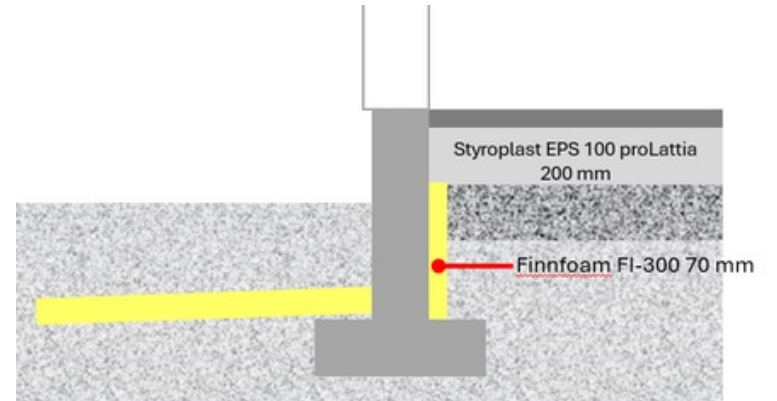
$R_{se} = 0 \text{ m}^2\text{K/W}$

$d_t = 0,3 + 2,0 (0,17 + 5,882 + 0) = 12,404 \text{ m}$

Suhteellinen lattiamitta: $B = 4,773 \text{ m}$

$d_t \geq B$ (hyvin eristetyt lattiat): $U = \lambda / (0,457 B + d_t)$

$U = 2,0 / (0,457 \times 4,773 + 12,404) = 0,137 \text{ W/m}^2\text{K}$



**Pelkän rakenteen U-arvo ilman
geometrian vaikutusta:**

$U = 1 / (0,17 + 5,882) = 0,152 \text{ W/m}^2\text{K}$

Pystyeristyksen vaikutus, esimerkki

$D = 0,5$ m eli eristeen syvyys maan pinnasta (lattian eristeiden alapinnasta)

$d_t = 12,404$ m eli lattian ekvivalentti paksuus

$d' = R' \lambda$ eli reunalla olevan eristeen ekvivalentti paksuus

Ekvivalentti lisäpaksuus $d' = R' \lambda$ ja $R' = R_n - d_n / \lambda$

$R_n = 1,944$ m²K/W (reunalla olevan eristeen lämmönvastus)

$d_n = 70$ mm (reunalla olevan eristyksen paksuus)

$R' = 1,944 - 0,070 / 2,0 = 1,909$ m²K/W

$d' = 1,909 * 2,0 = 3,818$ m

$$\Psi_{g,e} = - \lambda / \text{pii} [\ln (2D/d_t + 1) - \ln (2D/(d_t+d') + 1)]$$

$$\Psi_{g,e} = - 2,0 / \text{pii} [\ln (2*0,5/12,404 + 1) - \ln (2*0,5/(12,404+3,818) + 1)]$$

$$\Psi_{g,e} = - 0,0113 \text{ W/mK}$$

Pystyeristyksen vaikutus, esimerkki

Reunalla olevan eristeen vaikutus voidaan huomioida seuraavalla kaavalla:

$$U = U_0 + 2 \Psi_{g,e} / B$$

$$U_0 = 0,137 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\Psi_g = -0,0113 \text{ W/mK}$$

$$B = 4,773 \text{ m}$$

$$U = 0,137 + 2*(-0,0113)/4,773 = 0,137 - 0,0047 = 0,132 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\mathbf{U = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Maanvastainen alapohja, esimerkki

Mitä jos lattia muuttuu monimuotoisemmaksi?

Miten vaikuttaa laskettuun U-arvoon?

Suhteellinen lattiamitta: $B = A / 0,5P$

$$P = 7 + 7,5 + 3,5 + 7,5 + 7 + 7,5 + 3,5 + 7,5 = 51 \text{ m}$$

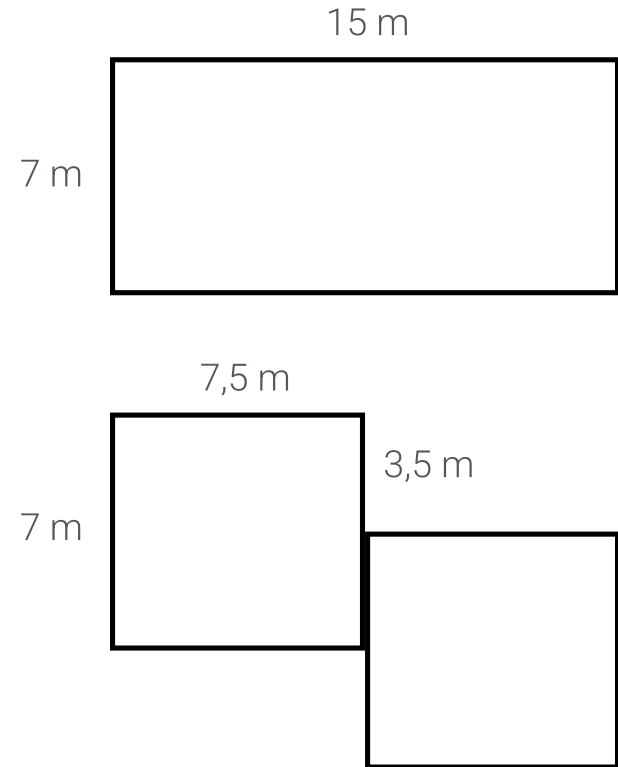
$$A = 7 \cdot 7,5 + 7 \cdot 7,5 = 105 \text{ m}^2$$

$$B = 105 / 0,5 \times 51 = 4,118 \text{ m (suhteellinen lattiamitta, edellä 4,773)}$$

Ekvivalentti paksuus d_t pysyy samana (sama eristys)

$$U = \lambda / (0,457 B + d_t)$$

$$U = 2,0 / (0,457 \times 4,118 + 12,404) = 0,140 \text{ W/m}^2\text{K (edellä 0,137)}$$



KYSYMYKSIÄ ?

FF
FINNFOAM

**ERISTYKSEN KOTIMAINEN
EDELÄKÄVIJÄ**

FINNFOAM **FF-PIR**
MAAN PARAS ERISTE

FF-EPS **Tulppa**
MÄRKÄTILALEVY