

Energiatehokkuus

Rakennusosien lämmönläpäisykertoimen laskenta

Laskentaesimerkit



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

2024

Esipuhe

Tässä julkaisussa esitetään rakennusosien lämmönläpäisyker-
toimen laskentaesimerkkejä katolle, seinälle ja alapohjalle ym-
päristöministeriön ”*Rakennusosien lämmönläpäisykertoimen
laskenta*” - julkaisun mukaisesti. Nämä esimerkit ovat käytän-
nön laskijoille selventämään laskennan yksityiskohtia.

Tämän julkaisun laskentaesimerkeissä käytetyt kaavanume-
roinnit viittaavat ympäristöministeriön ”*Rakennusosien läm-
mönläpäisykertoimen laskenta*” -julkaisun kaavanumeroihin.

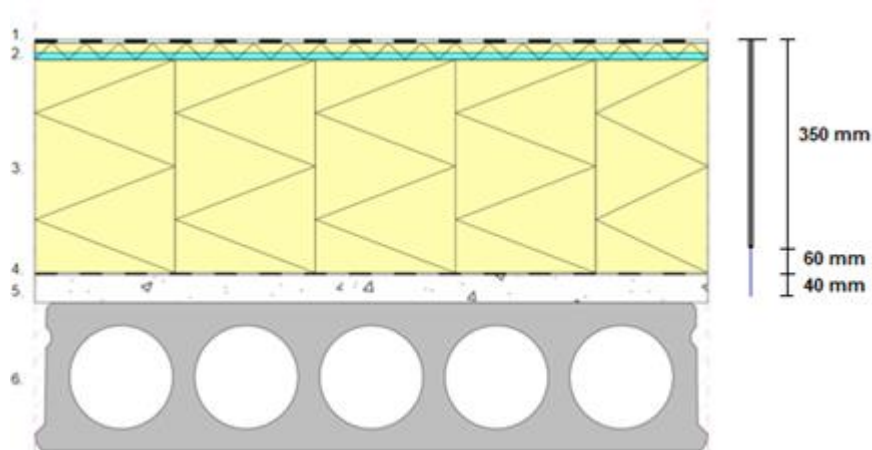
Laskentaesimerkit on laatinut ympäristöministeriön toimeksian-
nosta TkL Mika Vuolle EQUA Simulation Finland Oy:stä. Julkai-
sun laadinnassa on ollut myös mukana DI Marko Saikkonen
D.O.F Tech Oy:stä.

Sisällys

Esipuhe.....	2
Sisällys	3
Kattorakenteet.....	4
Esimerkki 1: Loiva ontelolaattayläpohja, uritettu pintaeriste	4
Esimerkki 2: Käännetty ontelolaattayläpohja, uritetut eristeet	9
Seinärakenteet.....	12
Esimerkki 3: Ristiinkoolattu puurunkoinen ulkoseinä, puuverhous	12
Alapohjarakenteet	16
Esimerkki 4: Maanvastainen alapohja	16

Kattorakenteet

Esimerkki 1: Loiva ontelolaattayläpohja, uritettu pintaeriste



Kerros	Rakennekerros	Paksuus
1.	vedeneristys, 2 x bitumikermi	6 mm
2.	lämmöneriste, kova mineraalivilla, uritettu	30 mm
3.	lämmöneriste, kova mineraalivilla	380 mm
4.	höyrysulku bitumikermi	3 mm
5.	tasausbetoni	50 mm
6.	ontelolaatta o27	265 mm

Mekaaniset kiinnikkeet 4 kpl/m², muoviholkki + betoniruuvi Ø 6,3 mm

Laskennallisten kerrosten lämmönvastukset ja lämmönjohtavuudet:

Kerros	Rakennekerros (ylhäältä alaspäin)	Paksuus, mm	Lämmönjohtavuus λ_U , W/(mK)	Lämmönvastus R , m ² K/W
se	ulkopinnan pintavastus			0,040
7	vedeneristys, 2 x bitumikermi	6	0,23	0,026
6	lämmöneriste, kova mineraalivilla, urittamaton osuus	15	0,037	0,405
5a	lämmöneriste, kova mineraalivilla, uritettu osuus	15	0,037	0,405
5b	uritus 25 x 15 k150 eristeen uritetussa osuudessa	15	0,15	0,100
4	lämmöneriste, kova mineraalivilla	380	0,039	9,744
3	höyrysulku bitumikermi	3	0,23	0,013
2	tasausbetoni	50	2,5	0,020
1	ontelolaatta O27 (kts. elementtisuunnittelu.fi)	265	1,48	0,180
si	sisäpinnan pintavastus			0,100

Kerroksien lämmönvastukset saadaan kaavasta $R = d/\lambda_U$ missä paksuuden yksikkö on metri.

Urituksen/ilmaraon lämmönvastus saadaan hyvin tuulettun ilmakerroksen lämmönvastuksesta, jona tässä esimerkissä on käytetty varmalla puolella olevaa sisäpinnan pintavastusarvoa $0,1 \text{ m}^2\text{K/W}$ (kts. taulukko 2). Mikäli haluaa laskea tarkemmin em. lämmönvastuksen esim. lievästi tuulettuvan ilmakerroksen lämmönvastuksen mukaisesti, olisi lämmönvastus joko tuulettumattoman ilmakerroksen vastus tai tuulettumattoman ja hyvin tuulettun ilmakerroksen lämmönvastuksen painotettu keskiarvo kaavan (17) mukaisesti.

$$R_T = \frac{1500 - A_v}{1000} R_{T,u} + \frac{A_v - 500}{1000} R_{T,v} \quad (17)$$

jossa

$R_{T,u}$ tuulettamattoman ilmakerroksen kokonaislämmönvastus

$R_{T,v}$ hyvin tuulettuvan ilmakerroksen kokonaislämmönvastus

A_v Tuuletusurien ulkoilmaan johtavien aukkojen pinta-ala neliötä kohden.

Tuuletusurat johdetaan tavallisimmin alipainetuulettimien kautta ulkoilmaan. Tuulettimien halkaisija on 110 mm (pinta-ala on 9503 mm^2). Jotta yo. kaavaa voidaan käyttää tulisi A_v arvon olla välillä $500 - 1500 \text{ mm}^2 / \text{m}^2$, joka tarkoittaisi tiheyttä tuuletin / $6,3 - 19 \text{ m}^2$ kohden.

Koska alipainetuulettimet ovat käytännössä aina harvemmassa kuin $1 \text{ kpl} / 19 \text{ m}^2$ (eli $A_v < 500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$) voitaisiin käyttää myös tuulettumattoman ilmaraon vastusta $0,16 \text{ m}^2\text{K/W}$ (kts. *Rakennusosien lämmönläpäisykertoimen laskenta, taulukko 3*).

Tuuletusuran osuus pinta-alasta (raon leveys jaettuna rakojen k -jaolla):

$$f_a = \frac{25}{150} = 0,167$$

Ehjän eristeen osuus pinta-alasta:

$$f_b = \frac{150 - 25}{150} = 1 - f_a = 0,833$$

Kokonaislämmönvastuksen yläikiarvo R'_T

Osa-alueiden kokonaislämmönvastukset:

$$R_{T,a} = 0,10 + 0,18 + 0,02 + 0,013 + 9,744 + 0,100 + 0,405 + 0,026 + 0,04 = \mathbf{10,628} \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{T,b} = 0,10 + 0,18 + 0,02 + 0,013 + 9,744 + 0,405 + 0,405 + 0,026 + 0,04 = \mathbf{10,933} \text{ m}^2\text{K/W}$$

Kokonaislämmönvastuksen yläikiarvo R'_T saadaan kaavasta (5).

$$\frac{1}{R'_T} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \dots + \frac{f_n}{R_{Tn}} \quad (5)$$

$$\frac{1}{R'_T} = \frac{0,167}{10,628} + \frac{0,833}{10,933} = 0,0919$$

$$R'_T = \frac{1}{0,0919} = \mathbf{10,880} \text{ m}^2\text{K/W}$$

Kokonaislämmönvastuksen alalikiarvo R''_T

Ainoan epähomogeenisen kerroksen 5 lämmönvastus R''_5 saadaan kaavasta (6).

$$\frac{1}{R''_j} = \frac{f_a}{R_{ja}} + \frac{f_b}{R_{jb}} + \dots + \frac{f_n}{R_{jn}} \quad (6)$$

$$\frac{1}{R''_5} = \frac{0,167}{0,1} + \frac{0,833}{0,405} = 3,725$$

$$R''_5 = \frac{1}{3,725} = \mathbf{0,2685} \text{ m}^2\text{K/W}$$

Kokonaislämmönvastuksen alalikiarvo R''_T saadaan kaavasta (7)

$$R''_T = R_{si} + (R''_1 + R''_2 + \dots + R''_j) + (R_1 + R_2 + \dots + R_k) + R_{se} \quad (7)$$

$$R''_T = 0,1 + 0,18 + 0,02 + 0,013 + 9,744 + 0,268 + 0,405 + 0,026 + 0,04 = \mathbf{10,796} \text{ m}^2 \text{K/W}$$

$$\frac{R'_T}{R''_T} = \frac{10,880}{10,796} = 1,008 < 1,5 \rightarrow \text{OK}$$

Kokonaislämmönvastus R_T

Kokonaislämmönvastus saadaan kaavasta (4).

$$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2} \quad (4)$$

$$R_T = \frac{10,88 + 10,796}{2} = \mathbf{10,838} \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Lämmönläpäisykerroin U (korjaamaton)

Lämmönläpäisykerroimen U -arvo (ilman korjaustermiä) saadaan kaavasta (1).

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (1)$$

$$U = \frac{1}{10,838} = \mathbf{0,092} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c

Lämmönläpäisykerroimen korjaustermi (ΔU) lasketaan kaavalla (9).

$$\Delta U = \Delta U_f + \Delta U_g + \Delta U_r + \Delta U_\psi \quad (9)$$

Joista esimerkkirakenteessa on mukana vain mekaanisten kiinnikkeiden korjaustermi ΔU_f , joka saadaan kaavasta (10).

$$\Delta U_f = \frac{\alpha \lambda_f A_f n_f}{d_1} \left(\frac{R_1}{R_{tot}} \right)^2 \quad (10)$$

Alimman eristeen alapinnassa menee 60 mm matkalla ($d_1 = d_{1,f} = 0,06$ m) teräsruuvi \varnothing 6,3 mm (pinta-ala 31,2 mm²) joita on 4 kpl /m² (= n_f). Tällöin:

$$\alpha = 0,8 \frac{0,060}{0,380} = 0,126$$

ja

$$R_1 = \frac{d_{1,f}}{\lambda_i} = \frac{0,060}{0,039} = 1,538 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$R_{tot} = 0,1 + 0,179 + 0,02 + 0,013 + 9,744 + 0,405 + 0,405 + 0,026 + 0,04 = \mathbf{10,932}$ m²K/W
(ilman kylmäsiltoja)

$$\Delta U_f = \frac{0,126 \cdot 17 \cdot 0,0000312 \cdot 4}{0,060} \cdot \left(\frac{1,538}{10,932} \right)^2 = \mathbf{0,000088} \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Korjaustermi on alle 3% korjaamattomasta U -arvosta \rightarrow korjaustermiä ei huomioida.

Korjattu U -arvo

Korjattu U -arvo saadaan kaavalla (8).

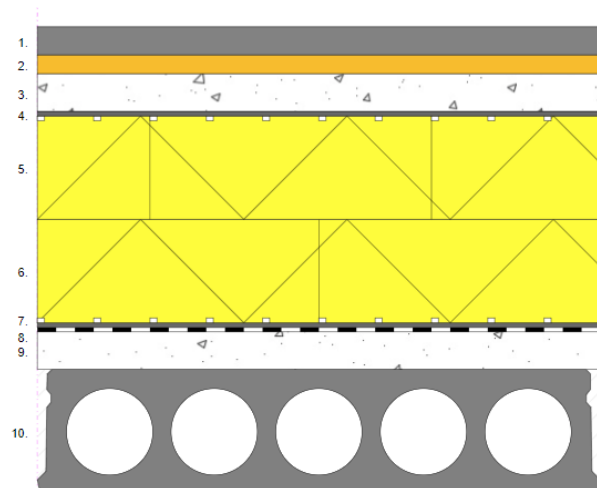
$$U_c = U + \Delta U \quad (8)$$

$$U_c = 0,092 + 0 = \mathbf{0,09} \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Huomioita:

- Tuuletusuran lämmönvastuksen arvo (käyttipä kumpaa tahansa ääriarvoa 0,10 – 0,16 m²K/W) ei vaikuta esimerkin lopputulokseen. Esimerkissä laskenta tehty huonoimmalla lämmönvastusarvolla 0,10 m²K/W koska sitä voidaan käyttää alipainetuulettimien sijoitustiheydestä riippumatta.
- Muoviholkin materiaalin λ arvo on alle 1,0 W/(m K) jonka vuoksi muoviholkkia ei tarvitse huomioida erillisenä pistemäisenä kylmäsiltaan.
- Betonissa oleva osa ruuvista on myös kylmäsilta, mutta betonikerroksen lämmönvastus on merkityksetön kokonaislämmönvastuksessa \rightarrow korjaustermi olisi 0.
- Mikäli tuuletusura olisi laskettu kerrokselle 5 keskimääräisellä paksuudella 27,5 mm olisi U -arvo ollut sama 0,092 W/(m²K). Minimipaksuus 15 mm kuitenkin alittaa keskimääräisen paksuuden enemmän kuin 20% (kts. *Rakennusosien lämmönläpäisykertoimen laskenta, kap-pale 2.2*).

Esimerkki 2: Käännetty ontelolaattayläpohja, uritetut eristeet



Kerros	Rakennekerros	Paksuus
1.	betonilaatoitus	60 mm
2.	asennushiekka	40 mm
3.	teräsbetonilaatta	80 mm
4.	diffuusioavoin kalvo tai salaojamatto	10 mm
5.	lämmöneriste, XPS, yläpinta uritettu	220 mm
6.	lämmöneriste, XPS, alapinta uritettu	220 mm
7.	salaojamatto	10 mm
8.	3 x Bitumikermi TL2	9 mm
9.	tasausbetoni	80 mm
10.	ontelolaatta O27	265 mm

Laskennallisten kerrosten lämmönvastukset ja lämmönjohtavuudet:

Kerros	Rakennekerros (ylhäältä alaspäin)	Paksuus, mm	Lämmönjohtavuus λ_U , W/(mK)	Lämmönvastus R , m ² K/W
se	ulkopinnan pintavastus			0,040
10	betonilaatoitus	60	2,5	0,024
9	asennushiekka	40	2,0	0,020
8	teräsbetonilaatta	80	2,5	0,032
7	diffuusioavoin kalvo tai salaojamatto	10	10	0,001
6	lämmöneriste, XPS, yläpinta uritettu	218,7	0,04	5,467
5	lämmöneriste, XPS, yläpinta uritettu	218,7	0,04	5,467
4	salaojamatto	10	10	0,001
3	3 x Bitumikermi TL2	9	0,23	0,039
2	tasausbetoni	80	2,5	0,032
1	ontelolaatta O27 (kts. elementtisuunnittelu.fi)	265	1,48	0,180
si	sisäpinnan pintavastus			0,100

Kerroksien lämmönvastukset saadaan kaavasta $R = d / \lambda_U$ missä paksuuden yksikkö on metri.

Uritettujen eristeiden (urat 15 × 10 k120) minimipaksuus (210 mm) on alle 20% vähemmän kuin keskimääräinen paksuus (218,7 mm), joten urituksien vaikutus voidaan huomioida eristekerroksien keskimääräisenä paksuutena. Vaihtoehtoisesti olisi voitu menetellä esimerkin 1 mukaisesti.

Kokonaislämmönvastus R_T

Kokonaislämmönvastus saadaan kaavasta (3).

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (3)$$

$$R_T = 0,1 + 0,18 + 0,032 + 0,039 + 0,001 + 5,467 + 5,467 + 0,001 + 0,032 + 0,020 + 0,024 + 0,04$$

$$R_T = \mathbf{11,404} \text{ m}^2\text{K/W}$$

Lämmönläpäisykerroin U (korjaamaton)

Lämmönläpäisykerroimen U -arvo (ilman korjaustermiä) saadaan kaavasta (1).

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (1)$$

$$U = \frac{1}{11,404} = \mathbf{0,088} \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c

Lämmönläpäisykerroimen korjaustermi (ΔU) lasketaan kaavalla (9).

$$\Delta U = \Delta U_f + \Delta U_g + \Delta U_r + \Delta U_\psi \quad (9)$$

Joista esimerkkirakenteessa on mukana vain käännettyjen kattojen korjaustermi ΔU_r joka saadaan kaavasta (15).

$$\Delta U_r = pfx \left(\frac{R_1}{R_{tot}} \right)^2 \quad (15)$$

Lähteestä RIL 225-2023 saadaan termille (f_c) betonipintaiselle suljetulle rakenteelle, jolla $R > 10 \text{ m}^2\text{K/W}$ arvo 0,005.

$$\Delta U_r = 0,5 \cdot 0,005 \cdot \left(\frac{11,052}{11,404} \right)^2 = \mathbf{0,00235} \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Korjaustermi on alle 3% korjaamattomasta U -arvosta -> korjaustermiä ei huomioida.

Korjattu U -arvo

Korjattu U -arvo saadaan kaavalla (8).

$$U_c = U + \Delta U \quad (8)$$

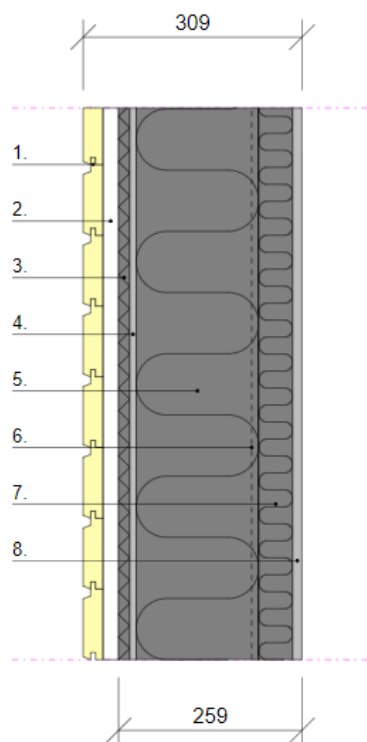
$$U_c = 0,088 + 0 = \mathbf{0,09} \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Huomioita:

- Mikäli tuuletusurat olisi laskettu esimerkin 1 mukaisesti kylmäsiltoina olisi tulos ollut täsmälleen sama, $U = 0,088 \text{ W/(m}^2\text{K)} \approx 0,09 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.
- Rakenteen sellaiset osa kuten tasausbetoni, salaojamatto, betonilaatoitus voitaisiin myös jättää huomiotta koska niiden paksuutta ei varmuudella tiedetä. Tässä esimerkkitapauksessa tulos olisi ollut $U = 0,089 \approx 0,09 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.
- Käännettyssä katossa eristeiden λ_U poikkeaa λ_D arvosta SFS-EN ISO 10456:2007/RIL 225-2023 mukaisesti. Esim. tässä esimerkissä $\lambda_D = 0,037 \text{ W/(m K)}$ ja $\lambda_U = 0,040 \text{ W/(m K)}$. Tavallisimmin materiaalivalmistajat ilmoittavat eri käyttötarkoituksiin sopivan korjatun λ_U arvon, jossa muuntokertoimet $F_T \cdot F_M \cdot F_a$ on huomioitu.

Seinärakenteet

Esimerkki 3: Ristiinkoolattu puurunkoinen ulkoseinä, puuverhous



Kerros	Tuotenimi	Paksuus
1	ulkoverhous	28 mm
2	tuuletusrako ja pystykoolaus 22 × 100 k600	22 mm
3	tuulensuojaeriste	16 mm
4	jäykistävä tuulensuojalevy	9 mm
5	runko 48 × 173 k600 + mineraalivilla	173 mm
6	höyrynsulkukalvo	0,2 mm
7	vaakakoolaus 48 × 48 k600 + mineraalivilla	48 mm
8	kipsilevy	13 mm

Laskennallisten kerrosten lämmönvastukset ja lämmönjohtavuudet:

Kerros	Rakennekerros (vasemmalta oikealle)	Paksuus mm	Lämmönjohtavuus λ_U W/(mK)	Lämmönvastus R m ² K/W
se	ulkopinnan pintavastus			0,130
8	ulkoverhous	28	-	-
7	tuuletusrako ja pystykoolaus 22x100 k600	22	-	-
6	tuulensuojaeriste	16	0,032	0,500
5	jäykistävä tuulensuojalevy	9	0,25	0,036
4a	mineraalivilla	173	0,036	4,806
4b	runko 48x173 k600	173	0,12	1,442
3	höyrynsulkukalvo	0,25	0,33	0,001
2a	mineraalivilla	48	0,033	1,455
2b	vaakakoolaus 48x48 k600	48	0,12	0,400
1	kipsilevy	13	0,25	0,052
si	sisäpinnan pintavastus			0,130

Kerroksien lämmönvastukset saadaan kaavasta $R = d/\lambda_U$ missä paksuuden yksikkö on metri.

Tuuletusrako ja sen ulkopuoliset kerrokset on jätetty huomiotta lämmönvastoja laskettaessa.

Kokonaislämmönvaston yläkiiarvo R'_T

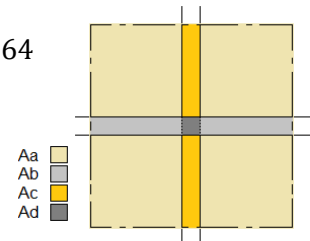
Osa-alueiden suhteelliset osuudet:

$$A_a = (600 \times 600 - (48 \times 600) - (48 \times 600) + (48 \times 48)) / (600/600) = 0,8464$$

$$A_b = (48 \times 600 - (48 \times 48)) / (600/600) = 0,0736$$

$$A_c = (48 \times 600 - (48 \times 48)) / (600/600) = 0,0736$$

$$A_d = (48 \times 48) / (600/600) = 0,0064$$



Osa-alueiden kokonaislämmönvastukset:

$$R_{T,a} = 0,13 + 0,052 + 1,455 + 0,001 + 4,806 + 0,036 + 0,500 + 0,13 = 7,11 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{T,b} = 0,13 + 0,052 + 0,400 + 0,001 + 4,806 + 0,036 + 0,500 + 0,13 = 6,05 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{T,c} = 0,13 + 0,052 + 1,455 + 0,001 + 1,442 + 0,036 + 0,500 + 0,13 = 3,75 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{T,d} = 0,13 + 0,052 + 0,400 + 0,001 + 1,442 + 0,036 + 0,500 + 0,13 = 2,69 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Kokonaislämmönvaston yläkiiarvo R'_T kaavasta (5).

$$\frac{1}{R'_T} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \dots + \frac{f_n}{R_{Tn}} \quad (5)$$

$$\frac{1}{R'_T} = \frac{0,8464}{7,11} + \frac{0,0736}{6,05} + \frac{0,0736}{3,75} + \frac{0,0064}{2,69} = 0,1532$$

$$R'_T = \frac{1}{0,1532} = 6,5252 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Kokonaislämmönvaston alakiiarvo R''_T

Kerroksien 2 ja 4 lämmönvastukset saadaan kaavasta (6).

$$\frac{1}{R''_j} = \frac{f_a}{R_{ja}} + \frac{f_b}{R_{jb}} + \dots + \frac{f_n}{R_{jn}} \quad (6)$$

$$\frac{1}{R''_2} = \frac{0,920}{1,455} + \frac{0,080}{0,400} = 0,8325$$

$$R''_2 = \frac{1}{0,8325} = 1,201 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\frac{1}{R_4''} = \frac{0,920}{4,806} + \frac{0,080}{1,442} = 0,2470$$

$$R_4'' = \frac{1}{0,2470} = 4,050 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Kokonaislämmönvastuksen alalikiarvo R_T'' saadaan kaavasta (7).

$$R_T'' = R_{si} + (R_1'' + R_2'' + \dots + R_j'') + (R_1 + R_2 + \dots + R_k) + R_{se} \quad (7)$$

$$R_T'' = 0,13 + 0,052 + 1,201 + 0,001 + 4,050 + 0,036 + 0,500 + 0,13$$

$$R_T'' = \mathbf{6,0996 \text{ m}^2\text{K/W}}$$

$$\frac{R_T'}{R_T''} = \frac{6,5252}{6,0996} = 1,070 < 1,5 \rightarrow \text{OK}$$

Kokonaislämmönvastus R_T

Kokonaislämmönvastus saadaan kaavasta (4).

$$R_T = \frac{R_T' + R_T''}{2} \quad (4)$$

$$R_T = \frac{6,5252 + 6,0996}{2} = \mathbf{6,3124 \text{ m}^2\text{K/W}}$$

Lämmönläpäisykerroin U (korjaamaton)

Lämmönläpäisykerroimen U -arvo (ilman korjaustermiä) saadaan kaavasta (1).

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (1)$$

$$U = \frac{1}{6,3124} = \mathbf{0,1584 \frac{W}{\text{m}^2\text{K}}}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c

Lämmönläpäisykerroimen korjaustermi (ΔU) lasketaan kaavalla

$$\Delta U = \Delta U_f + \Delta U_g + \Delta U_r + \Delta U_\psi \quad (9)$$

Joista esimerkkirakenteessa on mukana vain ilmarakojen korjaustermi ΔU_g joka saadaan kaavasta (14).

$$\Delta U_g = \Delta U'' \left(\frac{R_1}{R_{tot}} \right)^2 \quad (14)$$

Termi R_1 on pystyrungon eristekerroksen lämmönvastus, R_{tot} on sama kuin alueen A_a lämmönvastus (eli kummassakaan ei ole mukana kylmäsiltojen vaikutusta).

$$\Delta U_g = 0,01 \left(\frac{4,806}{7,110} \right)^2 = 0,004569 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Korjaustermi on alle 3% korjaamattomasta U -arvosta \rightarrow korjaustermiä ei huomioida.

Korjattu U -arvo

Korjattu U -arvo saadaan kaavalla (8).

$$U_c = U + \Delta U \quad (8)$$

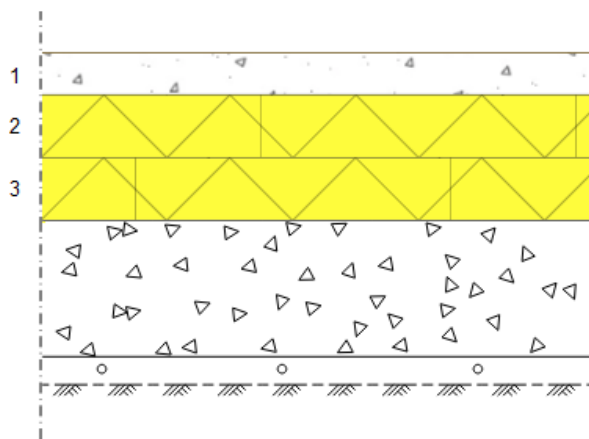
$$U_c = 0,1584 + 0 = \mathbf{0,16 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$$

Huomioita:

- Tuulensuojaeristeen lämmönvastus oli 7,9 % kokonaislämmönvastuksesta R_T . Jos tuulensuojaeristeen λ_U olisi ollut 0,031 tai paksuus olisi ollut 317 mm, olisi korjaustaso ollut 0, jolloin korjaustermi olisi ollut 0 (kts. *Rakennusosien lämmönläpäisykerroimen laskenta, kappale 2.3*).
- Jos höyrynsulku olisi ollut sisäkipsilevyn takana olisi ilmarakojen korjaustermin laskennassa termi R_1 sisältänyt myös ristiinkoolatun kerroksen, jolloin ilmarakojen korjaustermi olisi ollut 0,0077 W/(m²K) ja korjattu U -arvo 0,17 W/(m²K).

Alapohjarakenteet

Esimerkki 4: Maanvastainen alapohja



Kerros	Tuotenimi	Paksuus
1.	teräsbetonilaatta	80 mm
2.	lämmöneriste, XPS	100 mm
3.	lämmöneriste, XPS	100 mm
4.	salaojasora	300 mm

Laskennallisten kerrosten lämmönvastukset ja lämmönjohtavuudet:

Kerros	Rakennekerros (ulkoa sisälle päin)	Paksuus, mm	Lämmönjohtavuus λ_U , W/(mK)	Lämmönvastus R , m ² K/W
se	ulkopinnan pintavastus		-	-
4	salaojasorakerros	300	-	-
3	lämmöneriste, XPS	100	0,038	2,6316
2	lämmöneriste, XPS	100	0,038	2,6316
1	betonilaatta	80	2,500	0,0320
si	sisäpinnan pintavastus			0,170

Kerroksien lämmönvastukset saadaan kaavasta $R = d / \lambda_U$ missä paksuuden yksikkö on metri.

Maanvastaisen alapohjan eristeiden λ_U poikkeaa λ_D arvosta SFS-EN ISO 10456:2007 / RIL 225-2023 mukaisesti. Esim. tässä esimerkissä $\lambda_D = 0,037$ W/(mK) ja $\lambda_U = 0,038$ W/(mK). Tavallisimmin materiaalivalmistajat ilmoittavat eri käyttötarkoituksiin sopivan korjatun λ_U arvon, jossa muuntokertoimet $F_T \cdot F_M \cdot F_a$ on huomioitu.

Kokonaislämmönvastus R_T

Kokonaislämmönvastus saadaan kaavasta (3).

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (3)$$

$$R_T = 0,1 + 0,032 + 2,6316 + 2,6316$$

$$R_T = \mathbf{5,4652 \text{ m}^2\text{K/W}}$$

Lämmönläpäisykerroin U (korjaamaton)

Lämmönläpäisykerroimen U -arvo (ilman korjaustermiä) saadaan kaavasta (1).

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (1)$$

$$U = \frac{1}{5,4652} = \mathbf{0,1829 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})}$$

Huom! Maanvastaisen alapohjan maan lämmönvastuksen huomiointi voidaan tehdä *Rakennusosien lämmönläpäisykerroimen laskenta*, kappaleen 5.2 mukaisesti kertoimella 0,9.

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c

Tarkasteltavassa rakenteessa korjaustermi (ΔU) on 0.

Korjattu U -arvo

Korjattu U -arvo saadaan kaavalla (8) (jolla maan lämmönvastuksen huomioiva kerroin 0,9):

$$U_c = 0,9 \cdot (U + \Delta U) \quad (8)$$

$$U_c = 0,9 \cdot (0,1829 + 0) = \mathbf{0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})}$$

Huomioita:

- Maanvastaisen alapohjan U -arvon laskenta voidaan myös tehdä tarkemmin SFS-EN ISO 13370:2017/RIL 225-2023 mukaisesti. Tällöin laskentaa varten tarvitaan rakennuksen alapohjan piiri ja pinta-ala sekä reunojen eristyksen ja rakenteen tiedot. Tässä esimerkissä käytetty 0,9 kerroin antaa varmalle puolelle olevan U -arvon.