

## Bijlage C (normatief)

### Bepaling van de warmteweerstand van afzonderlijke constructieonderdelen, $R_c$

#### C.1 Bepaling van de warmteweerstand

##### C.1.1 Inleiding

Een scheidingsconstructie kan bestaan uit afzonderlijke elementen als bedoeld in 8.1. De warmteweerstand van de afzonderlijke, ondoorschijnende elementen van de gebouwmhulling of van een paneel of deurblad, zoals benoemd in 8.2.2.1, moet worden bepaald volgens C.1.2.

Als de verhouding van de warmtegeleidingscoëfficiënt van twee verschillende materialen in het deurblad (schroeven, spijkers enzovoort zijn uitgesloten) groter is dan 1:5, dan mag de thermische kwaliteit van een deurblad niet worden bepaald volgende de methode beschreven in C.1.2. In dat geval moet voor het bepalen van de thermische kwaliteit van het deurblad gebruik worden gemaakt van de numerieke berekening beschreven in 8.2.2.2.

De equivalente warmteweerstand van een ondoorschijnend, vlak element van de gebouwmhulling of van een raam of deur (inclusief kozijn), zoals benoemd in 8.2.2.1, moet worden bepaald volgens C.1.3.

OPMERKING 1 De hieronder uitgewerkte bepalingsmethode voor de warmteweerstand van constructies is de Nederlandse implementatie van hoofdstuk 5 en 6 van NEN-EN-ISO 6946.

OPMERKING 2 Bij de bepaling van de equivalente warmteweerstand wordt het positief effect van een aangrenzende onverwarmde ruimte verdisconteerd.

##### C.1.2 De warmteweerstand van een afzonderlijk (constructie)onderdeel, $R_c$

De warmteweerstand,  $R_c$ , in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ , van een constructieonderdeel wordt berekend met:

$$R_c = \frac{1}{U_c} - R_{si} - R_{se} \quad (\text{C.1})$$

ofwel:

$$R_c = \frac{R_T}{(1 + \beta)} - R_{si} - R_{se} \quad (\text{C.2})$$

OPMERKING 1 De warmteweerstand,  $R_c$ , van geventileerde onverwarmde ruimten kan worden ontleend aan C.4.

met:

— voor enkelvoudige constructies:

$$R_T = R_{si} + \sum_i (R_{m,i}) + R_{se} \quad (\text{C.3})$$

— voor samengestelde constructies:

$$R_T = \frac{R_{si} + a' \times R_T' + R_T'' + R_{se}}{1 + 1,05 \times a'} - R_{si} - R_{se} \quad (C.4)$$

OPMERKING 2 Deze formule is een Nederlandse aanpassing van formule (5) uit NEN-EN-ISO 6946.

waarin:

$U_C$  is de warmtedoorgangscoefficiënt van het onderdeel, bepaald volgens 8.2.2, in  $W/(m^2 \cdot K)$ ;

$R_{si}$  is de warmteovergangsweerstand aan het inwendig oppervlak, bepaald volgens C.2, in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$R_{se}$  is de warmteovergangsweerstand aan het uitwendig oppervlak, bepaald volgens C.2, in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$R_{m,i}$  is de warmteweerstand van constructielaag  $i$ , in  $(m^2 \cdot K)/W$ , bepaald:

- voor luchtlagen, als  $R_{cav}$ , overeenkomstig C.3;
- voor materialen als  $R_{calc}$  overeenkomstig E.2;

$a'$  is een weegfactor, ontleend aan tabel C.1.

$R_T'$  is de bovengrens van de totale warmteweerstand, ~~bepaald tot op twee decimalen nauwkeurig~~ volgens formule (C.5), in  $(m^2 \cdot K)/W$

$$R_T' = \frac{A_{con}}{A_a \times U_{T;a} + A_b \times U_{T;b} + \dots} \quad (C.5)$$

$R_T''$  is de ondergrens van de totale warmteweerstand, ~~bepaald tot op twee decimalen nauwkeurig~~ volgens formule (C.6), in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$$R_T'' = \sum_j \left( \frac{d_j}{\lambda_j} \right) + R_{si} + R_{se} \quad (C.6)$$

met:

$\lambda_j''$  is de equivalente warmtegeleidingscoëfficiënt van laag  $j$ , bepaald tot op drie decimalen nauwkeurig volgens formule (C.7), in  $W/(m \cdot K)$ ;

$$\lambda_j'' = \frac{\lambda_{a;j} \times A_a + \lambda_{b;j} \times A_b + \dots}{\Sigma A} \quad (C.7)$$

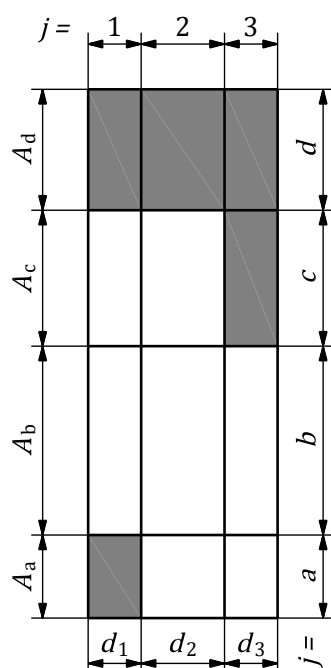
waarin:

$A_{con}$  is de geprojecteerde oppervlakte van de scheidingsconstructie, bepaald volgens bijlage K, in  $m^2$ ;

$A_a, A_b$  zijn de geprojecteerde oppervlakten van de sectie a, b, ... enz., in  $m^2$ ;

$U_{T;a}, U_{T;b}$  zijn de warmtedoorgangscoefficiënten van de sectie a, b, ... enz., bepaald volgens 8.2, in  $W/(m^2 \cdot K)$ ;

- $d_j$  is de dikte van de denkbeeldige laag  $j$  volgens de opsplitsing in lagen volgens K.1.3, in m;
- $\lambda_{ij}$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van sectie a, b, ... binnen laag  $j$ , in W/(m·K);



**Figuur C.1 — Opsplitsing van een samengestelde constructie in secties a, b, ... en lagen  $j$**

en

$$\beta = R_T \times \Delta U \quad (C.8)$$

waarin:

$\Delta U$  is de toeslagfactor voor eventuele convectie, ankers en regenwater/drainage, bepaald volgens 8.2.2.2.2, in W/(m<sup>2</sup>·K). De toeslagfactor moet worden toegepast als deze meer dan 3 % van de berekende warmtedoorgangscoefficiënt,  $U_T$  volgens formule (8.6):

$U_T = \frac{1}{R_T}$  , bedraagt. In andere gevallen bedraagt de toeslagfactor  $\Delta U$  0 W/(m<sup>2</sup>·K).

De toeslagfactor  $\Delta U$  moet worden toegepast als deze meer dan 3 % van de berekende warmtedoorgangscoefficiënt,  $U_T$ , bedraagt.  $U_T$  is de warmtedoorgangscoefficiënt van de totale constructie zonder correctie op de  $U$ -waarde, in W/(m<sup>2</sup>·K), bepaald volgens 8.2.2.2.1. Als de toeslagfactor  $\Delta U$  minder dan 3 % van de berekende warmtedoorgangscoefficiënt,  $U_T$ , bedraagt, dan is  $\Delta U$  gelijk aan 0 W/(m<sup>2</sup>·K).

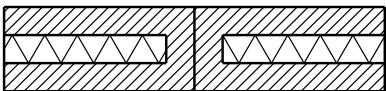
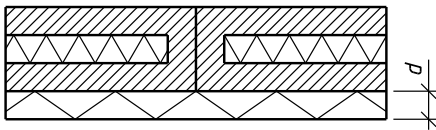
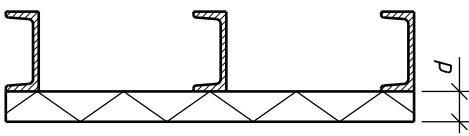
OPMERKING 3  $U_{T,a}$ ,  $U_{T,b}$ , enz. zijn de warmtedoorgangscoefficiënten van secties van de constructie die worden bepaald uit de ongecorrigeerde warmteweerstanden van deze secties met:  $U_{T,a,b,\dots} = \frac{1}{R_{T,a,b,\dots}}$

OPMERKING 4 Bij de berekening van de warmteweerstand worden tussenresultaten niet, of anders ten minste op drie decimalen, rekenkundig afgerond. De  $R_c$ -waarde betreft een eindresultaat en moet rekenkundig op twee decimalen worden afgerond. Wanneer een warmteweerstand moet worden getoetst aan een met een bepaald aantal decimalen

gegeven criterium, dan wordt de aldus berekende  $R_C$ -waarde rekenkundig afgerond op het gewenste aantal decimalen.

In de bouwregelgeving zijn warmteweerstandseisen opgenomen. Hierbij is aangegeven dat de warmteweerstand ten minste een bepaalde waarde bedraagt. In de bouwregelgeving is de warmteweerstandseis met één decimaal gegeven, bijvoorbeeld een warmteweerstand van ten minste 4,7 m<sup>2</sup>K/W. Een waarde van 4,65 m<sup>2</sup>K/W wordt afgerond naar 4,7 m<sup>2</sup>K/W en voldoet dus aan een grenswaarde van 4,7 m<sup>2</sup>K/W. Een waarde van 4,64 m<sup>2</sup>K/W wordt afgerond naar 4,6 m<sup>2</sup>K/W en voldoet dus niet aan een grenswaarde van 4,7 m<sup>2</sup>K/W. Bij de berekening van de warmteweerstand worden tussenresultaten niet, of anders ten minste op vier decimalen, rekenkundig afgerond. Wanneer een warmteweerstand moet worden getoetst aan een met een bepaald aantal decimalen gegeven criterium, dan wordt de aldus berekende  $R_C$ -waarde afgekapt op het gewenste aantal decimalen.

**Tabel C.1 — Bepaling weegfactor  $a'$**

<u><math>R_T' \leq 1,05 \times (R_T'' + R_{si} + R_{se})</math></u>	<u><math>a' = 0</math></u>
<u><math>R_T' &gt; 1,05 \times (R_T'' + R_{si} + R_{se})</math></u>	
<u>indien de isolatielaag wordt doorbroken door een materiaal met <math>\lambda &gt; 0,30 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}</math> (bijvoorbeeld steenachtig materiaal) zonder directe thermische afscherming met een isolatielaag met <math>d &gt; 20 \text{ mm}</math></u>	<u><math>a' = 0</math></u>
<u>indien de isolatielaag wordt doorbroken door een materiaal met <math>0,15 \text{ W/(m}\cdot\text{K)} &lt; \lambda \leq 0,30 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}</math> (bijvoorbeeld houtachtig materiaal) zonder directe thermische afscherming met een isolatielaag met een dikte <math>d &gt; 20 \text{ mm}</math></u> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">  <p>niet-afgeschermd</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>indirect</p> </div> </div>	<u><math>a' = 0,5</math></u>
<b><u>Doorbroken isolatielaag in samengestelde constructie</u></b>	
<u>indien de isolatielaag wordt doorbroken door metalen delen met aan één zijde thermische afscherming met een isolatielaag met een dikte <math>20 \text{ mm} &lt; d \leq 30 \text{ mm}</math></u>	<u><math>a' = 0,5</math></u>
	
<b><u>Isolatielaag doorbroken door metalen delen, eenzijdig thermisch afgeschermd</u></b>	
<u>alle overige situaties</u>	<u><math>a' = 1</math></u>

### C.1.3 Equivalente warmteweerstand van een (constructie)onderdeel dat een verwarmde ruimte afscheidt van een onverwarmde ruimte, $R_{\text{eq}}$

De equivalente warmteweerstand  $R_{\text{eq}}$ , in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ , van een constructieonderdeel dat een verwarmde ruimte afscheidt van een onverwarmde ruimte wordt berekend met:

$$R_{\text{eq}} = \frac{1}{U_{\text{iu;eq}}} - R_{\text{si}} - R_{\text{se}} \quad (\text{C.9})$$

waarin:

$U_{\text{iu;eq}}$  is de equivalente warmtedoorgangscoefficiënt van het onderdeel, in  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ;

$R_{\text{si}}$  is de warmteovergangsweerstand aan het inwendig oppervlak, bepaald volgens C.2, in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ ;

$R_{\text{se}}$  is de warmteovergangsweerstand aan het uitwendig oppervlak, bepaald volgens C.2, in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ .

De equivalente warmtedoorgangscoefficiënt,  $U_{\text{iu;eq}}$ , in  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , van een constructieonderdeel dat een verwarmde ruimte afscheidt van een onverwarmde ruimte volgt uit:

$$U_{\text{iu;eq}} = U_{\text{C}} \times b_{\text{U}} \quad (\text{C.10})$$

waarin:

$U_{\text{C}}$  is de warmtedoorgangscoefficiënt van het constructieonderdeel, bepaald volgens 8.2.2.2.1, in  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ;

$b_{\text{U}}$  is de reductiefactor, bepaald volgens 8.4.1.

Bij de bepaling van de  $U$ -waarde van het constructieonderdeel in formule (C.10) moet worden gerekend met een warmteovergangsweerstand aan de zijde van de uitgaande warmtestroom van  $R_{\text{se}} = 0,04 (\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ . De hogere  $R_{\text{se}}$ -waarden die in feite gelden voor de uitgaande warmtestroom ter plaatse van de onverwarmde ruimte behoren reeds te zijn verdisconteerd bij de berekening van de reductiefactor  $b_{\text{U}}$ .

In geval van een geventileerde onverwarmde ruimte mag de equivalente warmteweerstand  $R_{\text{eq}}$ , in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ , ook worden berekend met:

$$R_{\text{eq}} = R_{\text{iu;eq}} - R_{\text{si}} - R_{\text{se}} \quad (\text{C.11})$$

waarin:

$R_{\text{iu;eq}}$  is de equivalente warmteweerstand van het constructieonderdeel tussen de verwarmde ruimte en de geventileerde onverwarmde ruimte, in  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , bepaald volgens C.4.3;

$R_{\text{si}}$  is de warmteovergangsweerstand aan de zijde van de ingaande warmtestroom, bepaald volgens C.2, in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ ;

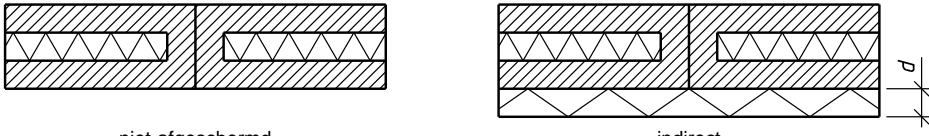
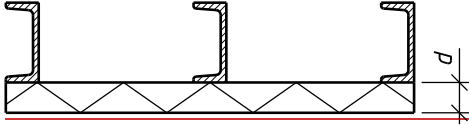
$R_{\text{se}}$  is de warmteovergangsweerstand aan de zijde van de uitgaande warmtestroom, bepaald volgens C.2, in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ .

### C.1.4 Afwerkklagen

Stel de warmteweerstand  $R_m$  op  $0,06 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$  voor:

- een gesloten verlaagd plafond, exclusief de luchtlaag;
- een flexibele dakbedekking al dan niet voorzien van grindverzwaring;
- een dakbedekking van pannen inclusief de luchtlaag tussen pannen en de daaronder gelegen afdichting.

**Tabel C.1—Bepaling weegfactor  $a'$**

<del><math>R_T' \leq 1,05 \times (R_T'' + R_{si} + R_{se})</math></del>	<del><math>a' = 0</math></del>
<del><math>R_T' &gt; 1,05 \times (R_T'' + R_{si} + R_{se})</math></del>	
indien de isolatielaag wordt doorbroken door een materiaal met $\lambda > 0,30 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ (bijvoorbeeld steenachtig materiaal) zonder directe thermische afscherming met een isolatielaag met $d > 20 \text{ mm}$	<del><math>a' = 0</math></del>
indien de isolatielaag wordt doorbroken door een materiaal met $0,15 \text{ W/(m}\cdot\text{K)} < \lambda \leq 0,30 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ (bijvoorbeeld houtachtig materiaal) zonder directe thermische afscherming met een isolatielaag met een dikte $d > 20 \text{ mm}$	$a' = 0,5$
 <p>niet-afgeschermd                      indirect</p>	
<b>Doorbroken isolatielaag in samengestelde constructie</b>	
indien de isolatielaag wordt doorbroken door metalen delen met aan één zijde thermische afscherming met een isolatielaag met een dikte $20 \text{ mm} < d \leq 30 \text{ mm}$	$a' = 0,5$
	
<b>Isolatielaag doorbroken door metalen delen, eenzijdig thermisch afgeschermd</b>	
alle overige situaties	$a' = 1$

## C.2 Warmteovergangsweerstand, $R_{si}$ en $R_{se}$

De warmteovergangsweerstanden  $R_{si}$  en  $R_{se}$ , in  $(\text{m}^2\cdot\text{K)/W}$ , worden, tenzij bij desbetreffende formules anders is aangegeven, ontleend aan tabel C.2.

OPMERKING 1 De in tabel C.2 gegeven warmteovergangswaarden zijn overgenomen uit 6.8 van NEN-EN-ISO 6946.

OPMERKING 2 Voor drijvende bouwwerken wordt transmissie naar water als transmissie naar buitenlucht berekend; hiervoor dient dus met de warmteovergangswaarde uit tabel C.2 gerekend te worden.

Tabel C.2 — Warmteovergangsweerstanden bij verschillende warmtestroomrichtingen

Warmteovergangs- weerstand $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$	Richting van de warmtestroom		
	Omhoog	Horizontaal	Omlaag
$R_{\text{si}}$	0,10	0,13	0,17
$R_{\text{se}}$	0,04	0,04	0,04
<p>OPMERKING 1 De warmteovergangsweerstanden zijn van toepassing op oppervlakken in contact met lucht. Raken oppervlakken een ander materiaal dan zijn geen warmteovergangsweerstanden van toepassing.</p> <p>OPMERKING 2 De waarden voor de warmteovergangsweerstand van binnenwerkse oppervlakken zijn berekend voor <math>\varepsilon = 0,9</math> en met <math>h_{\text{r}0}</math> bij 20 °C. De waarde waarden voor de warmteovergangsweerstand van buitenwerkse oppervlakken zijn berekend voor <math>\varepsilon = 0,9</math>, met <math>h_{\text{r}0}</math> bij 10 °C en <math>v = 4 \text{ m/s}</math>.</p>			

OPMERKING 2 De waarden onder ‘horizontaal’ zijn van toepassing op warmtestroomrichtingen tot + 30° en – 30° van het horizontale vlak. De waarden ‘naar beneden’ en ‘naar boven’ zijn van toepassing op warmtestroomrichtingen tot + 60° en – 60° van het verticale vlak.

## C.3 Warmteweerstand van luchtlagen

### C.3.1 Algemeen

Onderstaande methode voor de berekening van de warmteweerstand van niet-, zwak en sterk geventileerde luchtlagen,  $R_{\text{cav}}$ , in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ , is in overeenstemming met 6.9 van NEN-EN-ISO 6946. Deze rekenmethode is geschikt voor luchtlagen waarbij de luchtlaag:

- is gesitueerd tussen twee effectief parallelle oppervlakken loodrecht op de richting van de warmtestroom en met een emissiviteit  $\varepsilon \geq 0,8$ ;

OPMERKING 1 De meeste materialen hebben een emissiviteit  $\varepsilon \geq 0,8$ .

- een dikte (gemeten in de richting van de warmtestroom) heeft kleiner dan 0,1 maal een van de andere luchtlaagdimensies en/of kleiner dan of gelijk aan 0,30 m;
- geen luchtuitwisseling heeft met de binnenruimte.

Voor situaties die niet voldoen aan bovenstaande condities wordt verwezen naar bijlage D van NEN-EN-ISO 6946.

Bij componenten met luchtlagen met een dikte groter dan 0,30 m moeten geen quasi-eendimensionale warmtetransmissieberekeningen worden uitgevoerd. Hiervoor moet gebruik worden gemaakt van berekeningen op basis van een warmtebalans (zie NEN-EN-ISO 13789).

Voor de bepaling van de warmteweerstand van luchtlagen wordt bij een sterk geventileerde luchtlaag anders dan een kruipruimte onder de vloer het constructieonderdeel op zodanige wijze getransformeerd dat alle buitenwaarts van die luchtlaag gelegen materiaallagen zijn weggehaald. Wel moet dan voor de warmteovergangsweerstand aan de spouwzijde een buitenovergangsweerstand in rekening worden gebracht die uitgaat van stilstaande lucht.

Wat betreft het onderscheid tussen niet-, zwak en sterk geventileerde luchtlagen wordt aangesloten bij Annex B van NEN-EN-ISO 6946.

OPMERKING 2 De invloed van open stootvoegen bestemd voor ventilatie in de spouw is verwaarloosbaar voor de totale vochthuishouding van het gemetselde buitenspouwblad. Deze kunnen



derhalve achterwege blijven. Open stootvoegen bestemd voor afvoer van doorgeslagen regenwater worden niet als ventilatieopeningen beschouwd.

### C.3.2 Niet geventileerde luchtlagen

Een niet-geventileerde luchtlaag is een luchtlaag zonder aangebrachte mogelijkheden voor luchtstroming. Luchtlagen zonder isolatie naar buiten en met kleine openingen naar de buitenlucht kunnen ook als niet geventileerde luchtlaag worden beschouwd wanneer die openingen niet zo zijn aangebracht dat een luchtstroming door de luchtlaag kan plaatsvinden en wanneer die openingen niet groter zijn dan:

- $500 \text{ mm}^2/\text{m}$  luchtlaaglengthe in horizontale richting in geval van verticale luchtlagen;
- $500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$  luchtlaagoppervlakte voor horizontale luchtlagen.

OPMERKING 1 Open stootvoegen voor waterafvoer in het gemetselde buitenspouwblad voldoen gewoonlijk aan de hierboven genoemde criteria en worden daarom niet als ventilatieopeningen beschouwd.

De warmteweerstand van niet-geventileerde luchtlagen  $R_{\text{cav};\text{nv}}$ , in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ , wordt ontleend aan tabel C.3 (horizontale warmtestromen) of tabel C.4 (verticale warmtestromen).

OPMERKING 2 Onder horizontale warmtestromen worden warmtestromen verstaan die niet meer dan  $30^\circ$  van het horizontale vlak afwijken. In afwijking hiervan kan voor de bepaling van de warmteweerstand van schuine spouwen in daken gebruik worden gemaakt van de bepalingmethode in bijlage D van ISO 6946.

### C.3.3 Sterk geventileerde luchtlagen

Luchtlagen met openingen tussen de luchtlaag en de buitenlucht groter dan of gelijk aan:

- $1\,500 \text{ mm}^2/\text{m}$  luchtlaaglengthe in horizontale richting in geval van verticale luchtlagen;
- $1\,500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$  luchtlaagoppervlakte voor horizontale luchtlagen;

worden als sterk geventileerde luchtlaag beschouwd.

De warmteweerstand van een sterk geventileerde luchtlaag  $R_{\text{cav};\text{sv}}$ , in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ , wordt bepaald met veronachtzaming van de warmteweerstand van de luchtlaag en alle lagen liggend tussen de luchtlaag en de buitenlucht met inbegrip van stilstaande lucht. In afwijking hiervan mag de waarde voor  $R_{\text{se}}$  gelijk worden gesteld aan  $R_{\text{si}}$  volgens tabel C.2.

OPMERKING Als er sprake is van drukvereffening kan de spouw als 'sterk geventileerd' worden beschouwd. Er wordt verondersteld dat er drukvereffening optreedt op het moment dat de openingen tussen de luchtlaag en de buitenlucht een oppervlak van niet meer dan 15% van het totale oppervlak bedragen. Als er geen drukvereffening optreedt dan moet de luchtlaag als buitenlucht worden aangemerkt.

### C.3.4 Zwak geventileerde luchtlagen

Luchtlagen met openingen  $A_v$ , in  $\text{mm}^2/\text{m}$ , of  $\text{mm}^2/\text{m}^2$ , tussen de luchtlaag en de buitenlucht binnen de volgende bandbreedte:

- $\geq 500 \text{ mm}^2/\text{m}$  maar  $< 1\,500 \text{ mm}^2/\text{m}$  luchtlaaglengthe in horizontale richting in geval van verticale luchtlagen;

—  $\geq 500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$  maar  $< 1\,500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$  luchtlaagoppervlakte voor horizontale luchtlagen, worden als zwak geventileerde luchtlaag beschouwd.

De warmteweerstand van een zwak geventileerde luchtlaag  $R_{\text{cav};\text{zv}}$ , in  $(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$ , wordt bepaald volgens:

$$R_{\text{cav};\text{zv}} = \frac{(1\,500 - A_v)}{1\,000} \times R_{\text{cav};\text{nv}} + \frac{(A_v - 500)}{1\,000} \times R_{\text{cav};\text{sv}} \quad (\text{C.12})$$

waarin:

$R_{\text{cav};\text{nv}}$  is de warmteweerstand van een niet-geventileerde luchtlaag, bepaald volgens C.3.2, in  $(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$ ;

$R_{\text{cav};\text{sv}}$  is de warmteweerstand van een sterk geventileerde luchtlaag, bepaald volgens C.3.3, in  $(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$ .

### C.3.5 Bepaling van de warmteweerstand van luchtlagen bij gebruik van reflecterende folies

#### C.3.5.1 Verticale spouwen met reflecterende folies

De totale warmteweerstand  $R_T$ , in  $(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$ , van een verticale spouw met reflecterende isolatielagen volgt uit:

$$R_T = R_{\text{si}} + R_{\text{icl}} (+ R_{\text{cav};\text{nv}}) + R_{\text{iso}} + R_{\text{cav}} + R_{\text{ecl}} + R_{\text{se}} \quad (\text{C.13})$$

OPMERKING 1  $R_{\text{cav};\text{nv}}$  alleen indien van toepassing.

OPMERKING 2 NEN-EN-ISO 6946 definieert in 6.9.2 horizontale warmtestroom als een warmtestroom met een richting binnen  $\pm 30^\circ$  ten opzichte van het horizontale vlak. In afwijking hiervan kan voor de bepaling van de warmteweerstand van schuine spouwen in daken gebruik worden gemaakt van de bepalingmethode in bijlage D van ISO 6946.

waarin:

$R_{\text{si}}$  is de warmteovergangsweerstand aan het inwendig oppervlak, bepaald volgens C.2, in  $(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$ ;

$R_{\text{icl}}$  is de warmteweerstand van het binnenspouwblad (icl), in  $(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$ ;  
 $R_{\text{icl}} = \frac{d_{\text{icl}}}{\lambda_{\text{icl}}}$ ; waarbij  $\lambda_{\text{icl}}$  wordt bepaald als  $\lambda_{\text{calc}}$  overeenkomstig E.2.

$R_{\text{iso}}$  is de warmteweerstand van de isolatielaag (iso) in  $(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$ ;  
 $R_{\text{iso}} = \frac{d_{\text{iso}}}{\lambda_{\text{iso}}}$ ; waarbij  $\lambda_{\text{iso}}$  wordt bepaald als  $\lambda_{\text{calc}}$  overeenkomstig E.2.

$R_{\text{cav}}$  is de warmteweerstand van een verticale spouw met reflecterende isolatielagen (zoals reflecterende folies), in  $(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$ , bepaald met inachtneming van C.3.2, C.3.3 en/of C.3.4, volgens bijlage D van NEN-EN-ISO 6946, dan wel te ontleen aan tabel C.3.

De emissiviteit van verticale reflecterende lagen wordt bepaald overeenkomstig

NEN-EN 16012, waarbij voor veroudering een toeslag  $\Delta\varepsilon = 0,00$  en voor vervuiling een toeslag  $\Delta\varepsilon = 0,04$  moet worden gehanteerd.  
In geval van een hermetisch afgesloten spouw of ruimte moet voor vervuiling een toeslag van  $\Delta\varepsilon = 0,00$  worden gehanteerd;

OPMERKING 3 De toeslag voor veroudering  $\Delta\varepsilon$  is 0,00 aangezien deze al in de NEN -EN 16012 is verwerkt.

$R_{cav;nv}$  is de warmteweerstand van een niet-geventileerde spouw (zie  $R_{cav}$ );

$R_{ecl}$  is de warmteweerstand van het buitenspouwblad (ecl), in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$R_{ecl} = \frac{d_{ecl}}{\lambda_{ecl}}$  waarbij  $\lambda_{ecl}$  wordt bepaald als  $\lambda_{calc}$  overeenkomstig E.2;

$R_{se}$  is de warmteovergangsweerstand aan het uitwendig oppervlak, bepaald volgens C.2, in  $(m^2 \cdot K)/W$ .

**Tabel C.3 — Warmteweerstand van een verticale spouw**

Richting warmtestroom horizontaal					
Laag van reflecterende folie(s)			Reflecterende folie als cachering		
Legenda					
a reflecterende folie; zie tabel E.13 voor $R_{D,for;folie}$					
d mm	$R_{si}$ ( $m^2 \cdot K$ )/W	$R_{cav}^{a,e}$ ( $m^2 \cdot K$ )/W			$R_{se}$ ( $m^2 \cdot K$ )/W
		Niet	Zwak	Sterk <sup>b</sup>	
		$R_{cav;nv}$	$R_{cav;zv}^d$	$R_{cav;sv}$	
$d \geq 20$ $c \geq 20^e$	Zie tabel C.2 Zie tabel C.2	0,18 (0,57) 0,18 (0,57)	0,15 (0,40) 0,16 (0,45)	-0,13 (-0,33)	Zie tabel C.2 en voetnoot b onder deze tabel Zie tabel C.2

					en voetnoot <sup>b</sup> onder deze tabel
<sup>a</sup>	<p>Waarden tussen haakjes met inbegrip van toeslag voor reflecterende folie (a), (b) met emissiviteit <math>\epsilon \leq 0,1</math> (inclusief vervuiling en veroudering).</p>				
<sup>b</sup>	<p>Volgens C.3.3 (zie ook 6.9.4 van NEN-EN-ISO 6946) moeten voor de berekening van de warmteweerstand bij sterk geventileerde luchtlagen de <math>R_{cav}</math>, <math>R_{ecl}</math> en <math>R_{se}</math> worden uitgesloten en moet hiervoor een buitenovergangsweerstand die overeenkomt met stilstaande lucht, berekend volgens bijlage C van NEN-EN-ISO 6946 worden gebruikt: <math>0,12 \text{ m}^2\text{K/W}</math> (respectievelijk <math>0,22 \text{ m}^2\text{K/W}</math> bij een reflecterende laag met een <math>\epsilon \leq 0,1</math>). Voor het bepalen van de <math>R_c</math>-waarde volgens formule (C.1) dient de <math>R_{se}</math> te worden bepaald volgens C.2.</p>				
<sup>c</sup>	<p>In hoofdstuk 8 wordt (het effect van) een luchtspouw met een dikte <math>d &lt; 20 \text{ mm}</math> niet expliciet uitgewerkt. Zie hiervoor ook D.2. Tabel 8 van NEN-EN-ISO 6946 geeft voor luchtspouwen zonder reflecterende folies ook waarden voor <math>R_{cav,nv}</math> voor spouwdikten met <math>d &lt; 20 \text{ mm}</math>.</p>				
<sup>d</sup>	<p>De hier gegeven waarden voor <math>R_{cav,zv}</math> gelden als gemiddelde waarde en zijn berekend voor luchtlagen met een opening tussen de luchtlaag en de buitenlucht van <math>A_v = 1\,000 \text{ mm}^2/\text{m}</math>; zie C.3.4 voor de berekening van <math>R_{cav,zv}</math>.</p>				
<sup>e</sup>	<p>Volgens D.2 van NEN-EN-ISO 6946 moet bij het bepalen van <math>R_{cav}</math> van een spouw zonder reflecterende folie worden gerekend met <math>\epsilon_1 = 0,9</math>, <math>\epsilon_2 = 0,9</math> en <math>h_{r0}</math> van <math>10^\circ\text{C}</math>.<sup>a</sup> — Waarden tussen haakjes met inbegrip van toeslag voor reflecterende folie (a), (b) met emissiviteit <math>\epsilon \leq 0,1</math> (inclusief vervuiling en veroudering).</p>				
<sup>b</sup>	<p>Volgens C.3 (zie ook 6.9.4 van NEN-EN-ISO 6946) moeten voor de berekening van de warmteweerstand bij sterk geventileerde luchtlagen de <math>R_{cav}</math>, <math>R_{ecl}</math> en <math>R_{se}</math> worden uitgesloten en moet hiervoor een buitenovergangsweerstand die overeenkomt met stilstaande lucht, berekend volgens bijlage C van NEN-EN-ISO 6946 worden gebruikt: <math>0,14 \text{ m}^2\text{K/W}</math> (respectievelijk <math>0,33 \text{ m}^2\text{K/W}</math> bij een reflecterende laag met een <math>\epsilon \leq 0,1</math>). In afwijking hiervan mag ook een corresponderende waarde van de binnenovergangsweerstand van tabel C.2 worden gebruikt (<math>0,13 \text{ m}^2\text{K/W}</math>), zo nodig gecorrigeerd voor het effect van een reflecterende laag, eveneens conform bijlage C van NEN-EN-ISO 6946 (<math>0,33 \text{ m}^2\text{K/W}</math>).</p>				
<sup>c</sup>	<p>In hoofdstuk 8 wordt (het effect van) een luchtspouw met een dikte <math>d &lt; 20 \text{ mm}</math> niet expliciet uitgewerkt. Zie hiervoor ook D.2. Tabel 8 van NEN-EN-ISO 6946 geeft voor luchtspouwen zonder reflecterende folies ook waarden voor <math>R_{cav,nv}</math> voor spouwdikten met <math>d &lt; 20 \text{ mm}</math>.</p>				
<sup>d</sup>	<p>De hier gegeven waarden voor <math>R_{cav,zv}</math> gelden als gemiddelde waarde en zijn berekend voor luchtlagen met een opening tussen de luchtlaag en de buitenlucht van <math>A_v = 1\,000 \text{ mm}^2/\text{m}</math>; zie C.3.4 voor de berekening van <math>R_{cav,zv}</math>.</p>				

### C.3.5.2 Horizontale spouwen met reflecterende folies

De totale warmteweerstand  $R_T$ , in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ , van een constructie met daarin één of meer horizontale spouwen met reflecterende isolatielagen volgt uit:

$$R_T = R_{si} + R_{icl} (+ R_{cav,nv}) + R_{iso} + R_{cav} + R_{ecl} + R_{se} \quad (\text{C.14})$$

OPMERKING 1  $R_{cav,nv}$  alleen indien van toepassing.

OPMERKING 2 NEN-EN-ISO 6946 definieert in 6.9.2 horizontale warmtestromen als warmtestromen met een richting binnen  $\pm 30^\circ$  ten opzichte van het horizontale vlak. In lijn daarmee kan worden gesteld dat in het geval dat een luchtspouw meer dan  $30^\circ$  afwijking vertoont, het horizontale vlak als verticale spouw wordt beschouwd. In afwijking hiervan kan voor de bepaling van de warmteweerstand van schuine spouwen in daken gebruik worden gemaakt van de bepalingmethode in bijlage D van ISO 6946.

waarin:

$R_{si}$  is de warmteovergangsweerstand aan het inwendig oppervlak, bepaald volgens C.2, in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ ;

$R_{icl}$  is de warmteweerstand van het binnenspouwblad (icl), in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ ;

$$R_{icl} = \frac{d_{icl}}{\lambda_{icl}}; \text{ waarbij } \lambda_{icl} \text{ wordt bepaald als } \lambda_{calc} \text{ overeenkomstig E.2.}$$

$R_{iso}$  is de warmteweerstand van de isolatielaag (iso) in  $(m^2 \cdot K)/W$   
 $R_{iso} = \frac{d_{iso}}{\lambda_{iso}}$ ; waarbij  $\lambda_{iso}$  wordt bepaald als  $\lambda_{calc}$  overeenkomstig E.2.

$R_{cav}$  is de warmteweerstand van een verticale spouw met reflecterende isolatielagen (zoals reflecterende folies), in  $(m^2 \cdot K)/W$ , bepaald met inachtneming van C.3.2, C.3.3 en/of C.3.4 volgens bijlage D van NEN-EN-ISO 6946, dan wel te ontleen aan tabel C.4.

De emissiviteit van horizontale reflecterende lagen wordt bepaald overeenkomstig NEN-EN 16012. In geval van naar boven gerichte lagen wordt in verband met vervuiling en veroudering een emissiviteitseffect verwaarloosd waarbij als rekenwaarde  $\varepsilon = 0,9$  wordt gehanteerd, tenzij sprake is van een hermetisch afgesloten spouw of ruimte. In dat geval en in geval van naar beneden gerichte reflecterende lagen wordt voor veroudering en vervuiling een toeslag  $\Delta\varepsilon = 0,00$  gehanteerd.

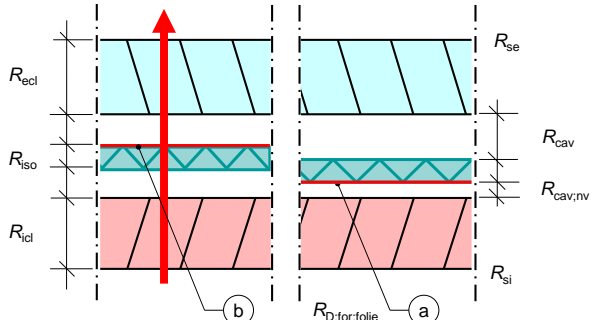
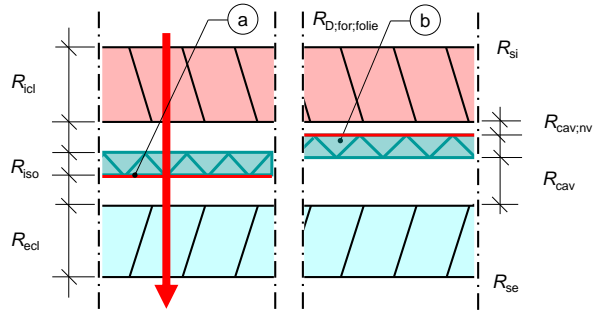
OPMERKING 3 De toeslag voor veroudering  $\Delta\varepsilon$  is 0,00 aangezien deze al in de NEN -EN 16012 is verwerkt. In geval van een hermetisch afgesloten spouw of ruimte is de toeslag voor vervuiling  $\Delta\varepsilon$  0,00.

$R_{cav;nv}$  is de warmteweerstand van een verticale spouw (zie  $R_{cav}$ );

$R_{ecl}$  is de warmteweerstand van het buitenspouwblad (ecl), in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;  
 $R_{ecl} = \frac{d_{ecl}}{\lambda_{ecl}}$  waarbij  $\lambda_{ecl}$  wordt bepaald als  $\lambda_{calc}$  overeenkomstig E.2.

$R_{se}$  is de warmteovergangsweerstand aan het uitwendig oppervlak, bepaald volgens C.2, in  $(m^2 \cdot K)/W$ .

**Tabel C.4 — Warmteweerstand van een horizontale spouw**

Richting warmtestroom naar boven	Richting warmtestroom naar beneden
	
<p><b>Legenda</b></p> <p>a reflecterende folie; zie tabel E.13 voor <math>R_{D;for;folie}</math>.</p> <p>b reflecterende folie; reflecterende lagen die omhoog zijn gericht in een al dan niet verwarmde ruimte worden geacht onderhevig te zijn aan slijtage en vervuiling. In dat geval wordt geen toeslag berekend. Ook bij verticale reflecterende lagen is denkbaar dat door afdekking de positieve werking van reflecterende lagen teniet wordt gedaan. Alleen wanneer deze reflecterende lagen in een hermetisch afgesloten spouw zijn aangebracht kan reflectie een rol spelen in de beperking van de warmteoverdracht; in dat geval: zie tabel E.13 voor <math>R_{D;for;folie}</math>.</p>	

$d^c$ mm	$R_{si}$ (m <sup>2</sup> ·K)/W	$R_{cav}^{a,e}$ (m <sup>2</sup> ·K)/W			$R_{se}^a$ (m <sup>2</sup> ·K)/W	$R_{si}^a$ (m <sup>2</sup> ·K)/W	$R_{cav}^{a,e}$ (m <sup>2</sup> ·K)/W			$R_{se}$ (m <sup>2</sup> ·K)/W
		Niet	Zwak	Sterk <sup>b</sup>			Niet	Zwak	Sterk <sup>b</sup>	
		$R_{cav;nv}$	$R_{cav;zv}^d$	$R_{cav;sv}$			$R_{cav;nv}$	$R_{cav;zv}^d$	$R_{cav;sv}$	
2020	Zie tabel C.2 Zie tabel C.2	0,16 (0,41)0,16 (0,41)	0,14 (0,31)0,13 (0,30)	--	0,04 (0,05)0,04 (0,05)	0,17 0,17	0,18 (0,57)0,18 (0,57)	0,15 (0,40)0,18 (0,57)	--	Zie tabel C.2 en voetnoot <sup>b</sup> onder deze tabel Zie tabel C.2 en voetnoot <sup>b</sup> onder deze tabel
2525							0,19 (0,66)0,19 (0,66)	0,15 (0,44)0,18 (0,66)	--	
5050							0,21 (0,99)0,21 (1,00)	0,16 (0,61)0,19 (0,90)	--	
100100							0,22 (1,19)0,22 (1,20)	0,17 (0,71)0,20 (1,00)	--	
300300							0,23 (1,40)0,23 (1,41)	0,17 (0,81)0,20 (1,10)	--	

<sup>a</sup> Waarden betrokken op  $\varepsilon_1 = 0,9$  en op  $\varepsilon_2 = 0,9$ ; de waarden tussen haakjes zijn inclusief de toeslag voor reflecterende folie (a) met emissiviteit  $\varepsilon \leq 0,1$  (met inbegrip van vervuiling en veroudering) en betrokken op  $\varepsilon_1 = 0,9$  en op  $\varepsilon_2 = 0,1$ .

<sup>b</sup> Volgens C.3.3 (zie ook 6.9.4 van NEN-EN-ISO 6946) moeten voor de berekening van de warmteweerstand bij sterk geventileerde luchtlagen de  $R_{cav}$ ,  $R_{ecl}$  en  $R_{se}$  worden uitgesloten en moet hiervoor een buitenovergangsweerstand die overeenkomt met stilstaande lucht, berekend volgens bijlage C van NEN-EN-ISO 6946 worden gebruikt:

— Warmtestroom omhoog: 0,1 m<sup>2</sup>K/W.

— Warmtestroom omlaag: 0,19 m<sup>2</sup>K/W (respectievelijk 0,83 m<sup>2</sup>K/W bij een reflecterende laag met een  $\varepsilon \leq 0,1$ ).

Voor het bepalen van de  $R_c$ -waarde volgens formule (C.1) dient de  $R_{se}$  te worden bepaald volgens C.2.

<sup>c</sup> In hoofdstuk 8 wordt (het effect van) een luchtsponw met een dikte  $d < 20$  mm niet expliciet uitgewerkt. Tabel 8 van NEN-EN-ISO 6946 geeft voor luchtsponwen zonder reflecterende folies ook waarden voor  $R_{cav;nv}$  voor sponwdikten met  $d < 20$  mm.

In voorkomende gevallen kan  $R_{cav}$  worden berekend op basis van NEN-EN-ISO 6946.

<sup>d</sup> De hier gegeven waarden voor  $R_{cav;zv}$  gelden als gemiddelde waarde en zijn berekend voor luchtlagen met een opening tussen de luchtlaag en de buitenlucht van  $A_v = 1\,000$  mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>; zie C.3.4 voor de berekening van  $R_{cav;zv}$ .

<sup>e</sup> Volgens D.2 van NEN-EN-ISO 6946 moet bij het bepalen van  $R_{cav}$  van een sponw zonder reflecterende folie worden gerekend met  $\varepsilon_1 = 0,9$ ,  $\varepsilon_2 = 0,9$  en  $h_{r0}$  van 10°C. <sup>a</sup> Waarden betrokken op  $\varepsilon_1 = 0,9$  en op  $\varepsilon_2 = 0,9$ ; de waarden tussen haakjes zijn inclusief de toeslag voor reflecterende folie (a) met emissiviteit  $\varepsilon \leq 0,1$  (met inbegrip van vervuiling en veroudering) en betrokken op  $\varepsilon_1 = 0,9$  en op  $\varepsilon_2 = 0,1$ .

<sup>b</sup> Volgens C.3 (zie ook 6.9.4 van NEN-EN-ISO 6946) moeten voor de berekening van de warmteweerstand bij sterk geventileerde luchtlagen de  $R_{cav}$ ,  $R_{ecl}$  en  $R_{se}$  worden uitgesloten en moet hiervoor een buitenovergangsweerstand die overeenkomt met stilstaande lucht, berekend volgens bijlage C van NEN-EN-ISO 6946 worden gebruikt:

— Warmtestroom omhoog: 0,1 m<sup>2</sup>K/W.

— Warmtestroom omlaag: 0,19 m<sup>2</sup>K/W (respectievelijk 0,83 m<sup>2</sup>K/W bij een reflecterende laag met een  $\varepsilon \leq 0,1$ ). In afwijking hiervan mag ook een corresponderende waarde van de binnenovergangsweerstand van tabel C.2 worden gebruikt (0,17 m<sup>2</sup>K/W), zo nodig gecorrigeerd voor het effect van een reflecterende laag, eveneens conform bijlage C van NEN-EN-ISO 6946 (0,79 m<sup>2</sup>K/W).

<sup>c</sup> In hoofdstuk 8 wordt (het effect van) een luchtsponw met een dikte  $d < 20$  mm niet expliciet uitgewerkt. Tabel 8 van NEN-EN-ISO 6946 geeft voor luchtsponwen zonder reflecterende folies ook waarden voor  $R_{cav;nv}$  voor sponwdikten met  $d < 20$  mm.

In voorkomende gevallen kan  $R_{cav}$  worden berekend op basis van NEN-EN-ISO 6946;  $R_{cav}$  mag ook worden bepaald vanuit de sponwdikte  $d$ , in mm door lineaire interpolatie tussen 0 en de waarde van  $R_{cav}$  bij  $d = 20$  mm.

<sup>d</sup> De hier gegeven waarden voor  $R_{cav;zv}$  gelden als gemiddelde waarde en zijn berekend voor luchtlagen met een opening tussen de luchtlaag en de buitenlucht van  $A_v = 1\,000$  mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>; zie C.3.4 voor de berekening van  $R_{cav;zv}$ .

## C.4 Warmteweerstand van geventileerde, onverwarmde ruimten

### C.4.1 Algemeen

Voor situaties waar het scheidingsvlak tussen een onverwarmde ruimte en de buitenlucht niet is geïsoleerd kan de warmteweerstand van de constructie  $R_c$ , in (m<sup>2</sup>·K)/W, worden bepaald

door de onverwarmde ruimte als warmteweerstand te beschouwen, overeenkomstig C.4.2 voor zogenoemde ‘kapruimten’, of C.4.3 voor andere ruimten.

OPMERKING 1 Zie hoofdstuk 8.4 voor de algemene, meer exacter rekenmethoden voor de berekening van warmteverlies via onverwarmde ruimten; zie paragraaf 8.3 voor het warmteverlies via een kruipruimte.

OPMERKING 2 De overeenkomstig C.4.2 en C.4.3 berekende warmteweerstanden zijn geschikt voor warmtetransmissieberekeningen maar niet voor berekening gericht op de hygrothermische condities van de onverwarmde ruimte.

OPMERKING 3 De hieronder gegeven bepalingsmethoden zijn ontleend aan NEN-EN-ISO 6946.

## C.4.2 Kapruimten

Met ‘kapruimte’ wordt een aangrenzend onverwarmde ruimte (AOR) onder een dakconstructie en boven de scheidingsconstructie met een onderliggende verwarmde ruimte bedoeld. Voor een dakconstructie die bestaat uit een plat, geïsoleerd plafond en een schuin dak mag de kapruimte worden beschouwd alsof het een thermisch homogene laag is, met een warmteweerstand zoals is aangegeven in tabel C.5. .

**Tabel C.5— Warmteweerstand ( $R_{\text{cm}}$ ) van kapruimten**

Kenmerken van het dak		$R_{\text{cm}}$ ( $\text{m}^2 \cdot \text{K}$ )/W
1	Pannendak zonder dakvilt, dakbeschot en dergelijke	0,06
2	Leiendak of pannendak met dakvilt, dakbeschot en dergelijke onder de pannen	0,2
3	Als 2, maar met reflecterende folie of een andere laag met een emissiviteit $\varepsilon < 0,1$ onder de pannen	0,3
4	Dak voorzien van dakbeschot en dakvilt	0,3
OPMERKING De waarden in deze tabel omvatten zowel de warmteweerstand van de geventileerde ruimte als de warmteweerstand van de (schuine) dakconstructie. De in deze tabel gegeven warmteweerstanden zijn exclusief de overgangsweerstand buiten ( $R_{\text{se}}$ ).		

De in tabel C.5 gegeven waarden hebben betrekking op natuurlijk geventileerde kapruimten van verwarmde gebouwen. Voor mechanisch geventileerde kapruimten moet de rekenprocedure overeenkomstig hoofdstuk ~~11~~ 8.4 worden gevolgd.

## C.4.3 Overige ruimten

De warmteweerstand  $R_{\text{iu,eq}}$ , in ( $\text{m}^2 \cdot \text{K}$ )/W, van een constructieonderdeel tussen een verwarmde ruimte en een geventileerde onverwarmde ruimte kan worden berekend door de geventileerde, onverwarmde ruimte inclusief de uitwendige scheidingsconstructie van de onverwarmde ruimte als additionele homogene laag te beschouwen:

$$R_{\text{iu,eq}} = \frac{\sum A_i}{\sum_{k=1}^m (A_{\text{e},k} \times U_{\text{e},k}) + 0,33 \times n \times V} \quad (\text{C.15})$$

waarin:

- $\sum A_i$  is de totale oppervlakte van alle elementen ( $i$ ) die de scheidingsconstructie vormen tussen de verwarmde en de onverwarmde ruimte, in  $m^2$ ;
- $A_{e;k}$  is de oppervlakte van het element ( $k$ ) dat deel uitmaakt van de scheidingsconstructie tussen de onverwarmde ruimte en de buitenlucht, in  $m^2$ ;
- $U_{e;k}$  is de warmtedoorgangscoefficiënt van het element ( $k$ ) dat deel uitmaakt van de scheidingsconstructie tussen de onverwarmde ruimte en de buitenlucht, berekend volgens 8.2.2, in  $W/(m^2 \cdot K)$ ;
- $n$  is het ventilatievoud van de onverwarmde ruimte, in  $h^{-1}$ ; forfaitair mag voor  $n$  de waarde 0,3 worden gebruikt;

OPMERKING 1 Dit kan alleen bij onverwarmde ruimten.

$V$  is het volume van de onverwarmde ruimte, in  $m^3$ .

De scheidingsconstructie tussen de onverwarmde ruimte en de grond wordt bij de berekening van  $R_{iu;equi}$  niet meegenomen.

Wanneer gegevens met betrekking tot de warmtedoorgangscoefficiënt van de constructieonderdelen van de onverwarmde ruimte niet bekend zijn, mag  $U_{e;k} = 2 W/(m^2 \cdot K)$  worden gehanteerd. Is het ventilatievoud van de onverwarmde ruimte onbekend, dan mag  $n = 0,3 h^{-1}$  worden aangehouden.

OPMERKING 2 Indien de scheidingsconstructie tussen de verwarmde en de onverwarmde ruimte uit meer dan één component bestaat, dan wordt  $R_{iu;equi}$  betrokken in de berekening van de warmtedoorgangscoefficiënt van elke component.

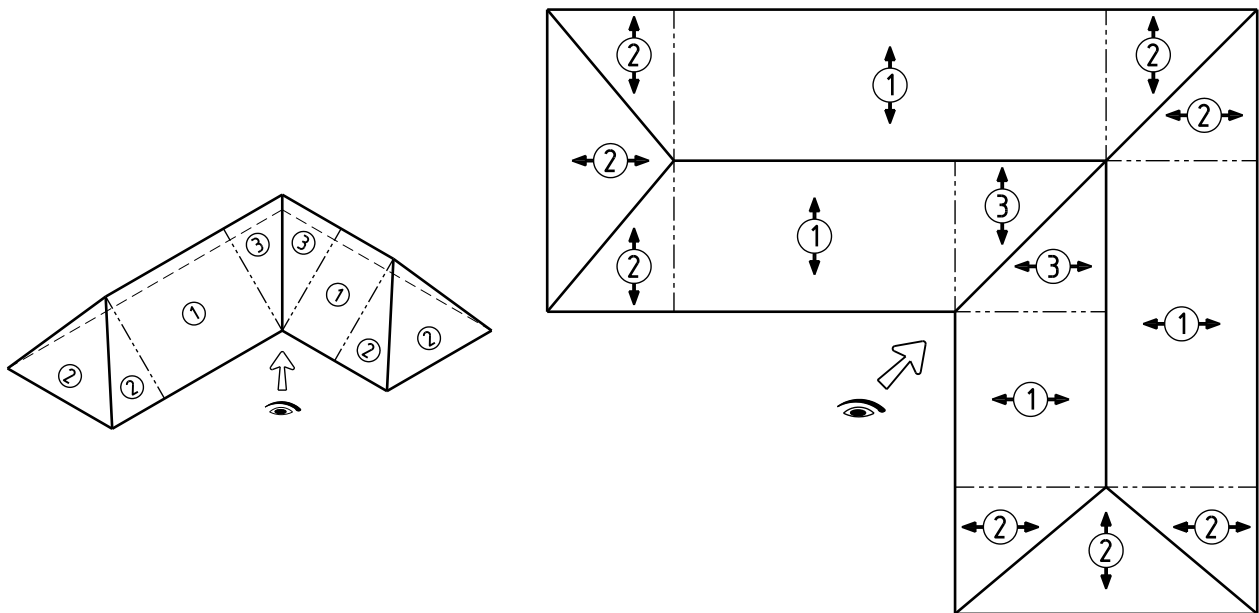
OPMERKING 3 Formule (C.15) is gebaseerd op de rekenprocedure voor de berekening van het warmteverlies door onverwarmde ruimten van NEN-EN-ISO 13789.

#### C.4.4 Dak met afschotisolatie

OPMERKING De hieronder gegeven bepalingsmethode is gebaseerd op bijlage E van NEN-EN-ISO 6946.

De warmteweerstand van een dak met afschotisolatie is afhankelijk van het aantal en de aard van de verschillende typen constructieonderdelen. Figuur C.2 geeft een voorbeeld van het opsplitsen van een dak met afschotisolatie in de verschillende constructieonderdelen als omschreven in figuur C.3.





### Legenda

- 1 rechthoekig grondvlak (type 1)
- 2 driehoekig grondvlak met afschot in de richting van brede basis (type 2)
- 3 driehoekig grondvlak met afschot in de richting van punt in basis (type 3)

**Figuur C.2 — Voorbeeld van opsplitsen van dak met afschot**

De wamtedoorgangscoefficiënt  $U_T$ , in  $W/(m^2 \cdot K)$ , van het dak met afschotisolatie waarvan de hellingshoek niet groter is dan 5 % wordt bepaald volgens

$$U_T = \frac{\sum_i (A_i \times U_{T,i})}{\sum_i A_i} \quad (C.16)$$

waarin:

$A_i$  is de oppervlakte van het constructieonderdeel  $i$ , in  $m^2$ ;

$U_{T,i}$  is de wamtedoorgangscoefficiënt van het constructieonderdeel  $i$ , in  $W/(m^2 \cdot K)$ , bepaald, voor de in figuur C.3 onderscheiden typen, volgens:

Type 1:

$$U_T = \frac{1}{R_2} \times \ln \left( 1 + \frac{R_2}{R_0} \right) \quad (C.17)$$

Type 2:

$$U_T = \frac{2}{R_2} \times \left[ \left( 1 + \frac{R_0}{R_2} \right) \times \ln \left( 1 + \frac{R_2}{R_0} \right) - 1 \right] \quad (C.18)$$

Type 3:

$$U_T = \frac{2}{R_2} \times \left[ 1 - \frac{R_0}{R_2} \times \ln \left( 1 + \frac{R_2}{R_0} \right) \right] \quad (C.19)$$

Type 4:

$$U_T = 2 \times \left[ \frac{R_0 \times R_1 \times \ln\left(1 + \frac{R_2}{R_0}\right) - R_0 \times R_2 \times \ln\left(1 + \frac{R_1}{R_0}\right) + R_1 \times R_2 \times \ln\left(\frac{R_0 + R_2}{R_0 + R_1}\right)}{R_1 \times R_2 \times (R_2 - R_1)} \right] \quad (C.20)$$

waarin:

$R_0$  is de warmteweerstand van de basisconstructie, inclusief de warmteovergangsweerstanden aan beide zijden van het constructieonderdeel, maar zonder het taps toelopende gedeelte van de isolatie, bepaald als  $R_T$  volgens C.1.2, in  $(m^2 \cdot K)/W$ ,

$R_1$  is de warmteweerstand ter plaatse van de tussenliggende dikte van het taps toelopend deel van het constructieonderdeel in  $(m^2 \cdot K)/W$ , met

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_{calc;t}} \quad (C.21)$$

$R_2$  is de warmteweerstand ter plaatse van de grootste dikte van het taps toelopend deel van het constructieonderdeel in  $(m^2 \cdot K)/W$ , met

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_{calc;t}} \quad (C.22)$$

$d_1$  is de tussenliggende dikte van het taps toelopend deel van het constructieonderdeel, in m;

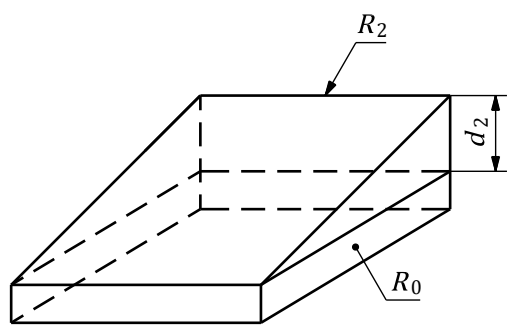
$d_2$  is de grootste dikte van het taps toelopend deel van het constructieonderdeel, in m;

$\lambda_{calc;t}$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van het isolatiemateriaal van het taps toelopend deel van het constructieonderdeel, in  $W/(m \cdot K)$ ;

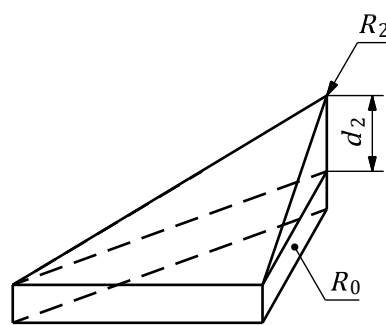
$R_{si}$  is de warmteovergangsweerstand aan de zijde van de ingaande warmtestroom, bepaald volgens C.2, in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$R_{se}$  is de warmteovergangsweerstand aan de zijde van de uitgaande warmtestroom, bepaald volgens C.2, in  $(m^2 \cdot K)/W$ .

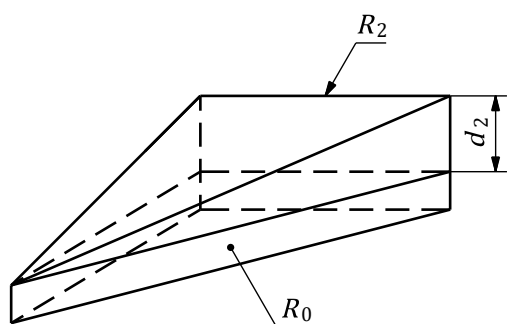
De warmteweerstand van een dak met afschotisolatie waarvan de hellingshoek groter is dan 5 % moet met een numerieke rekenmethode worden bepaald.



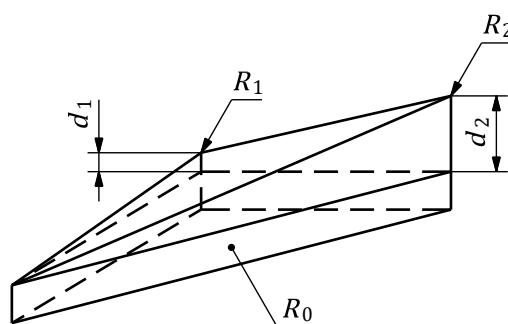
1



2



3



4

### Legenda

- 1 rechthoekig grondvlak (type 1)
- 2 driehoekig grondvlak, hoogste punt in de top (type 2)
- 3 driehoekig grondvlak, hoogste punt aan basis (type 3)
- 4 driehoekig grondvlak, verschillende dikte op hoekpunten (type 4)
- $R_0$  warmteweerstand van de basis van het constructieonderdeel, inclusief de warmteovergangsweerstand aan beide zijden van het constructieonderdeel, maar zonder het taps toelopende isolatiegedeelte
- $R_1$  warmteweerstand ter plaatse van de tussenliggende dikte van het taps toelopend deel van het constructieonderdeel
- $R_2$  warmteweerstand ter plaatse van de grootste dikte van het taps toelopend deel van het constructieonderdeel
- $d_1$  tussenliggende dikte van het taps toelopend deel van het constructieonderdeel
- $d_2$  grootste dikte van het taps toelopend deel van het constructieonderdeel

**Figuur C.3 — Verschillende typen taps toelopende onderdelen van een dak met afschotisolatie**