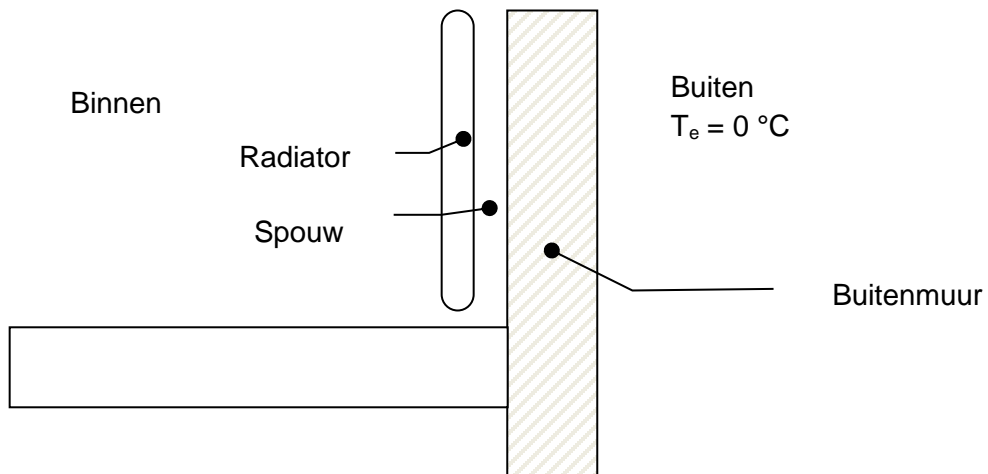


## A1.2 Vraagstukken Warmte & Vocht: Warmteweerstand - Algemene berekening (01-01-2025)

### Vraag 1

Gegeven een radiator voor een slecht geïsoleerde buitenmuur, zie onderstaande figuur. Beschouw de ruimte tussen de muur en de radiator als een (oneindig uitgestrekte) spouw. In een spouw is sprake van warmteoverdracht door straling, convectie en geleiding.



Gegeven:

- Buitenmuur  $R_c = 0,29\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$
- Warmteoverdracht in de spouw door geleiding en convectie:  $\alpha_{g+c} = 2\text{ W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$
- Warmteoverdracht in de spouw door straling:  $\alpha_s = 4 \cdot \epsilon_{\text{res}} \cdot \sigma \cdot \Delta T_{\text{gem}}^3 [\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}]$ , met de aanname  $T_{\text{gem}} \approx 320\text{ K}$  volgt hieruit  $\alpha_s = 7,4\text{ W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$
- Oppervlaktetemperatuur radiator (aan spouwzijde)  $T_{\text{rad}} = 60\text{ °C}$
- Buitentemperatuur  $T_e = 0\text{ °C}$
- Emissiecoëfficiënt muuroppervlak en radiator aan spouwzijde  $\epsilon = 1,0$

**Wat is de totale warmteweerstand van de spouw?**

- a.  $0,088\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$
- b.  $0,106\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$**
- c.  $0,119\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$
- d.  $0,135\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$
- e.  $0,170\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$

Uitwerking:

$$R_{sp} = 1 / (\alpha_c + \alpha_g + \alpha_s) = 1 / (2 + 7,4) = 0,106 \text{ m}^2\text{K/W}$$

### **Vraag 2**

Gegeven een oven voor het bakken van keramische producten. De wand van de oven is matig geïsoleerd maar aan de buitenzijde afgewerkt met aluminiumplaat ( $\epsilon = 0,1$ ).

In de deur van de oven zit een zeer goed isolerende ruit. Glas heeft net als de meeste bouwmaterialen een emissiecoëfficiënt van  $\epsilon = 0,95$ .

De temperatuur van het aluminium oppervlak is  $T_{alu} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ , die van het glas  $T_{glas} = 35 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**Welke van de onderstaande beweringen is waar?**

- a. De aluminiumplaat geeft ruim 5 maal zo weinig warmtestraling af als de glasruit
- b. De aluminiumplaat geeft ca. 2 maal zo weinig warmtestraling af als de glasruit
- c. De aluminiumplaat geeft ongeveer evenveel warmtestraling af als de glasruit
- d. De aluminiumplaat geeft ca. 2 maal zo veel warmtestraling af als de glasruit
- e. De aluminiumplaat geeft ruim 5 maal zo veel warmtestraling af als de glasruit

Uitwerking:

Met de formule op blz. 4 van het boek Bouwfysica (8<sup>e</sup> druk):  $q_s = \epsilon \cdot 56,7 \cdot 10^{-9} \cdot T^4 \text{ [W/m}^2\text{]}$  wordt gevonden:

$$q_{alu} = 0,1 \cdot 56,7 \cdot 10^{-9} \cdot (273 + 70)^4 = 78 \text{ W/m}^2; q_{glas} = 0,95 \cdot 56,7 \cdot 10^{-9} \cdot (273 + 35)^4 = 485 \text{ W/m}^2.$$

Bewering a is dus juist.

### **Vraag 3**

Gegeven een constructie opgebouwd uit de volgende lagen (van binnen naar buiten):

- 100 mm kalkzandsteen
- 100 mm glaswol ( $\lambda = 0,035 \text{ W/m.K}$ )
- luchtpouw ( $R = 0,17 \text{ m}^2\text{.K/W}$ )
- 12 mm natuursteen ( $\rho = 3000 \text{ kg/m}^3$ )

**Hoe groot is de warmteweerstand van de constructie  $R_c$  in  $\text{m}^2\text{.K/W}$ ?**

- a.  $2,86 \text{ m}^2\text{.K/W}$

- b. 2,96 m<sup>2</sup>.K/W
- c. 3,05 m<sup>2</sup>.K/W
- d. 3,10 m<sup>2</sup>.K/W
- e. 3,13 m<sup>2</sup>.K/W

Uitwerking:

Kalkzandsteen binnenblad: uit tabellenboekje volgt  $\lambda = 1,0 \text{ W/m.K}$ .

Natuursteen 3000 kg/m<sup>3</sup>: uit tabellenboekje volgt  $\lambda = 3,5 \text{ W/m.K}$ .

|                      | <b>d</b> | <b><math>\lambda</math></b> | <b>R</b>                     |
|----------------------|----------|-----------------------------|------------------------------|
| 100 mm kalkzandsteen | 0,1      | 1                           | 0,1                          |
| 100 mm glaswol       | 0,1      | 0,035                       | 2,857                        |
| Spouw                |          |                             | 0,17                         |
| Natuursteen          | 0,012    | 3                           | 0,004                        |
|                      |          |                             | <b>3,131m<sup>2</sup>K/W</b> |

**Vraag 4**

De metselwerk langsgevel (niet sterk geventileerd) is, van binnen naar buiten, als volgt opgebouwd: 100 mm kalkzandsteen ( $\lambda_{\text{reken}} = 1,00 \text{ W/m.K}$ ), 120 mm minerale wol ( $\lambda_{\text{reken}} = 0,037 \text{ W/m.K}$ ), 40 mm spouw ( $R_{\text{spouw}} = 0,18 \text{ m}^2.\text{K/W}$ ) en 100 mm gevelklinker ( $\lambda_{\text{reken}} = 1,30 \text{ W/m.K}$ ).

**De R<sub>c</sub>-waarde is hiermee gelijk aan:**

- a. 3,59 m<sup>2</sup>.K/W
- b. 3,33 m<sup>2</sup>.K/W
- c. 3,42 m<sup>2</sup>.K/W

Uitwerking:

$$0,1/1,00 + 0,12/0,037 + 0,18 + 0,1/1,3 = 3,59 \text{ m}^2\text{K/W}.$$

**Vraag 5**

De metselwerk gevel (niet-geventileerd) is, van binnen naar buiten, als volgt opgebouwd: 100 mm kalkzandsteen ( $\lambda_{\text{reken}} = 1,00 \text{ W/m.K}$ ), X mm minerale wol ( $\lambda_{\text{reken}} = 0,037 \text{ W/m.K}$ ), 40 mm spouw ( $R_{\text{spouw}} = 0,18 \text{ m}^2.\text{K/W}$ ) en 100 mm gevelklinker ( $\lambda_{\text{reken}} = 1,30 \text{ W/m.K}$ ).

**Vraag 5a**

Om een Rc-waarde te behalen van minimaal  $3,50 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  is een isolatiedikte nodig van:

- a. 100 mm
- b. 120 mm
- c. 140 mm

*Uitwerking:*

$$0,1/1,00 + (x / 0,037) + 0,18 + 0,1/1,3 = 3,50 \rightarrow x = 116 \text{ mm, naar boven afgerond} = 120 \text{ mm.}$$

**Vraag 5b**

Ga er nu vanuit dat de spouwmuur wel wordt geventileerd.

Om een Rc-waarde van  $3,50 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  te halen, een nu een isolatiedikte nodig van:

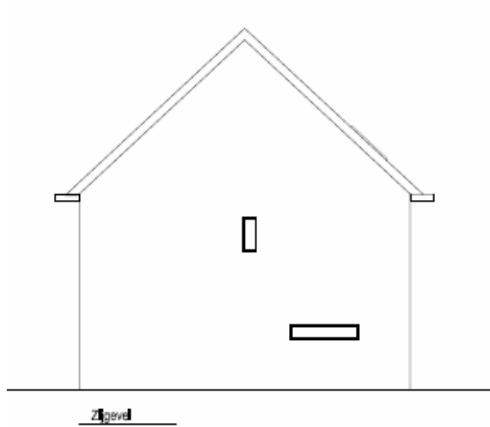
- a. 100 mm
- b. 120 mm
- c. 140 mm

*Uitwerking:*

Bij een geventileerde spouw mag de R-waarde van de spouw en het buitenblad niet worden meegeteld.

$$0,1/1 + x/0,037 = 3,50 \rightarrow x = 126 \text{ mm, naar boven afgerond} = 140 \text{ mm.}$$

### Vraag 6a



De kopgevel van een rijtjeswoning is, van binnen naar buiten toe, als volgt opgebouwd:

|                      |  |
|----------------------|--|
| 120 mm kalkzandsteen | $\lambda_{\text{reken}} = 1,00 \text{ W/m.K}$    |
| x mm minerale wol    | $\lambda_{\text{reken}} = 0,041 \text{ W/m.K}$   |
| 40 mm spouw          | $R_{\text{spouw}} = 0,18 \text{ m}^2.\text{K/W}$ |
| 100 mm gevelklinker  | $\lambda_{\text{reken}} = 1,30 \text{ W/m.K}$    |

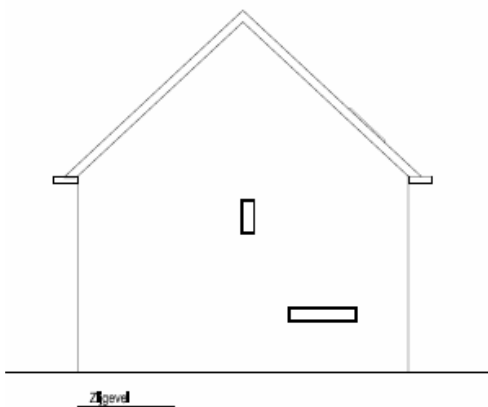
Hoeveel mm isolatie, naar boven afgerond op 10 mm, moet minimaal worden toegepast om aan een  $R_c$ -waarde te voldoen van  $4,00 \text{ m}^2.\text{K/W}$ ?

- a. 110 mm
- b. 120 mm
- c. 150 mm
- d. 170 mm

Uitwerking:

$$4 \text{ W/m}^2\text{K} = 0,12 + x / 0,041 + 0,18 + 0,923 \rightarrow x / 0,041 = 4 - 1,22 = 2,78 \rightarrow x = 0,114 \text{ m} = 110\text{mm}$$

### Vraag 6b



De kopgevel van een rijtjeswoning is, van binnen naar buiten toe, als volgt opgebouwd:

|                           |  |
|---------------------------|--|
| 120 mm kalkzandsteen      | $\lambda_{\text{reken}} = 1,00 \text{ W/m.K}$  |
| x mm minerale wol         | $\lambda_{\text{reken}} = 0,041 \text{ W/m.K}$ |
| 40 mm geventileerde spouw |  |
| 100 mm gevelklinker       | $\lambda_{\text{reken}} = 1,30 \text{ W/m.K}$  |

**Hoeveel mm isolatie, naar boven afgerond op 10 mm, moet minimaal worden toegepast om aan een  $R_c$ -waarde te voldoen van  $4,00 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ?**

- a. 110 mm
- b. 120 mm**
- c. 150 mm
- d. 160 mm

*Uitwerking:*

$$4 \text{ W/m}^2\text{K} = 0,12 + x / 0,041 + 0,923 \rightarrow x / 0,041 = 4 - 1,04 = 2,96 \rightarrow x = 0,121 \text{ m} = 120 \text{ mm}$$

### **Vraag 7**

De spouwmuur van deze woning is, ook bij de garage, van binnen naar buiten toe, als volgt opgebouwd:

100 mm kalkzandsteen, X mm minerale wol, 40 mm spouw en 100 mm gevelklinker.

In 1995 moest de warmteweerstand van een uitwendige scheidingsconstructie minimaal  $2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  zijn. De woning voldoet net aan deze eis.

**Hoeveel mm isolatie (naar boven afgerond op 10 mm) is toegepast om aan deze eis te voldoen?**

- a. 60 mm
- b. 90 mm**
- c. 120 mm
- d. 150 mm

*Uitwerking:*

$$R_{\text{isolatie}} = 2,50 - 0,1/1,0 - 0,18 - 0,1/1,3 = 2,143 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_{\text{isolatie}} = d / \lambda = d / 0,041 \rightarrow d = 0,088 \text{ m}$$

### **Vraag 8**

De spouwmuur van een garage blijkt na naderonderzoek geen isolatie te bevatten. De garage wil men nu gaan gebruiken als kamer. De spouwmuur is, van binnen naar buiten toe, als volgt opgebouwd: 100mm kalkzandsteen, 60mm spouw en 100mm gevelklinker.

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Kalkzandsteen            | $\lambda_{\text{reken}} = 1,00 \text{ W/m.K}$                                |
| Gevelklinker             | $\lambda_{\text{reken}} = 1,30 \text{ W/m.K}$                                |
| Minerale wol             | $\lambda_{\text{reken}} = 0,041 \text{ W/m.K}$                               |
| Spouw:                   |  |
| ongeventileerd verticaal | $R_{\text{spouw}} = 0,18 \text{ m}^2.\text{K/W}$                             |
| horizontaal              | $R_{\text{spouw}} = 0,15 \text{ m}^2.\text{K/W}$ (warmtestroom naar boven)   |
|                          | $R_{\text{spouw}} = 0,20 \text{ m}^2.\text{K/W}$ (warmtestroom naar beneden) |

De spouw wordt nu na-geïsoleerd met minerale-wol vlokken.

**Wat is de  $R_L$  van de gevel in de nieuwe situatie?**

- a. 1,15  $\text{m}^2.\text{K/W}$
- b. 1,32  $\text{m}^2.\text{K/W}$
- c. 1,81  $\text{m}^2.\text{K/W}$**
- d. 2,51  $\text{m}^2.\text{K/W}$

*Uitwerking:*

$$0,13 + 0,1/1 + 0,06/0,041 + 0,1/1,3 + 0,04 = 1,81 \text{ m}^2.\text{K/W}$$

### **Vraag 9**

De architect wil voor het dak een U-waarde van maximaal 0,200  $\text{W/m}^2.\text{K}$ .

**Hoe dik moet, zonder rekening te houden met een afschotlaag, dan de minerale wol isolatie ( $\lambda_{\text{reken}} = 0,037 \text{ W/m.K}$ ) minimaal zijn indien de R-waarde van het dakleer en het beton respectievelijk gelijk is aan 0,04 en 0,25  $\text{m}^2.\text{K/W}$ ?**

- a. 100 mm
- b. 140 mm
- c. 180 mm**

*Uitwerking:*

$$U = 1 / (R_{\text{si}} + R_c + R_{\text{se}}); 0,2 = 1 / (0,13 + 0,04 + 0,25 + d/0,037 + 0,04); d = 168 \text{ mm of dikker. Antwoord c is dus juist.}$$

### Vraag 10

U-waarde van de spouwmuurgevel =  $0,2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

De spouwmuurgevel is, van binnen naar buiten toe, is als volgt opgebouwd: 10 cm kalkzandsteen, 15 cm spouw en 10 cm gevelklinker.

De spouw wordt geheel gevuld met PUR.

**Wat is ongeveer de  $\lambda$ -waarde van de isolatie?**

- a.  $5 \text{ W/m}\cdot\text{K}$
- b.  $0,032 \text{ W/m}\cdot\text{K}$**
- c.  $4,65 \text{ W/m}\cdot\text{K}$
- d.  $2,51 \text{ W/m}\cdot\text{K}$

*Uitwerking:*

U-waarde =  $0,2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . De totale  $R_i = 1 / 0,2 = 5 \text{ m}^2\text{K/W}$

R-waarde isolatie =  $5 - (0,13 + 0,1/1 + 0,1/1,3 + 0,04) \rightarrow R_{\text{isolatie}} = 5 - (0,13 - 0,1 - 0,077 - 0,04) = 5 - 0,347 = 4,65 \text{ m}^2\text{K/W}$

$R = d/\lambda \rightarrow \lambda = 0,15/4,65 = 0,032 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ .

### Vraag 11

Gegeven een constructie opgebouwd uit de volgende lagen (van binnen naar buiten)

- 200 mm cellenbeton ( $\rho = 700 \text{ kg/m}^3$ )
- 50 mm schapenwol ( $\lambda = 0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ )
- luchtspouw ( $R = 0,17 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ )
- 12 mm harde kunststofplaat

**Hoe groot is de warmteweerstand van de constructie  $R_c$  in  $\text{m}^2\cdot\text{K/W}$ ?**

- a.  $1,83 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$
- b.  $2,36 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$
- c.  $2,47 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$
- d.  $2,53 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$**
- e.  $2,70 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$

*Uitwerking*

Uit tabel 10 van het tabellenboekje zijn de volgende gegevens af te lezen:

- Cellenbeton  $700 \text{ kg/m}^3 \rightarrow \lambda = 0,23$



- Harde kunststoffen  $\rightarrow \lambda = 0,2$

$$R_c = 0,2/0,23 + 0,05/0,035 + 0,17 + 0,012/0,2 = 2,53 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$$

### Vraag 12

Beschouw een vrijstaande, goed geïsoleerde woning met een gemiddelde U-waarde van de totale gebouwmhulling  $U_{\text{gem}} = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ . De buitenoppervlakte (gebouwmhulling) van de woning is  $A_{\text{schil}} = 300 \text{ m}^2$ . Verder is gegeven:

- lengte stookseizoen 200 dagen
- gemiddeld temperatuurverschil tussen binnen en buiten  $\Delta T = 12 \text{ }^\circ\text{C}$
- aardgas heeft een verbrandingswaarde van  $35 \text{ MJ/m}^3$
- het totale verwarmingsrendement (ketel, leidingverliezen, enz.) is  $\eta = 0,9$

De gebouwmhulling bestaat uit de volgende delen:

- $80 \text{ m}^2$  gevel  $U_{\text{gem}} = 0,575 \text{ W/m}^2\text{K}$
- $220 \text{ m}^2$  overig  $U_{\text{gem}} = 0,200 \text{ W/m}^2\text{K}$

De gevel bestaat voor  $30 \text{ m}^2$  uit glas, de U-waarde van de dichte delen c.q. de rest van de gevel is  $U = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

**Welke van de onderstaande beweringen is waar?**

- Het glas is HR<sup>++</sup> glas met  $U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Het glas is HR<sup>++</sup> glas met  $U = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Het glas is HR<sup>++</sup> glas met  $R_c = 0,46 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Het glas is HR<sup>++</sup> glas met  $R_c = 0,83 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Het glas is HR<sup>++</sup> glas met  $R_i = 0,63 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Uitwerking


Het gaat alleen om de gevel. De rest van de gebouwmhulling speelt niet mee in deze opgave. De gemiddelde U-waarde van de gevel volgt uit:

$$U_{\text{gem}} = (A_{\text{glas}} \cdot U_{\text{glas}} + A_{\text{dicht}} \cdot U_{\text{dicht}}) / A_{\text{gevel}} \text{ zodat } U_{\text{glas}} = (U_{\text{gem}} \cdot A_{\text{gevel}} - A_{\text{dicht}} \cdot U_{\text{dicht}}) / A_{\text{glas}}$$

$$U_{\text{glas}} = (0,575 \cdot 80 - 50 \cdot 0,2) / 30 = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}.$$


### Vraag 13

Gegeven de technische specificaties van een gevelpaneel dat bestaat uit staalplaten aan de binnen- en buitenzijde met daartussen een isolatieschuim.



## DATABLAD

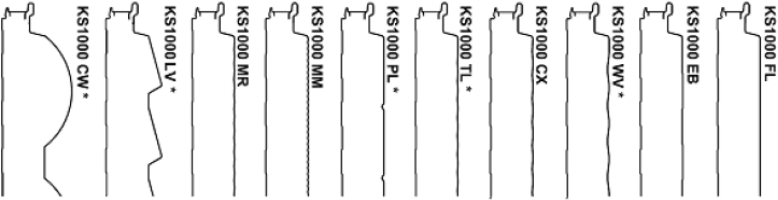
**KS1000/900/600 AWP**  
GEVELPANEEL MET BLINDE BEVESTIGING



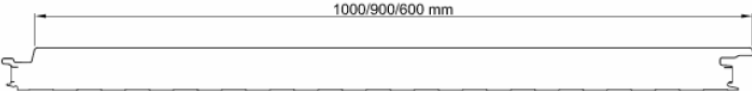
**Kingspan NV**  
Bouwvelven 17  
2260 Grobbendonk  
t 0032-(0)14 232 535  
f 0032-(0)14 232 539  
[www.kingspanpanels.be](http://www.kingspanpanels.be)  
[com@kingspan.be](mailto:com@kingspan.be)

**Kingspan BV**  
Lingewer 8  
4004 LL Tiel  
t 0031-(0)344 675 250  
f 0031-(0)344 675 251  
[www.kingspanpanels.nl](http://www.kingspanpanels.nl)  
[info@kingspan.nl](mailto:info@kingspan.nl)

**TOEPASSING**  
Het KS1000/900/600 AWP paneel kan zowel horizontaal als verticaal toegepast worden en is geschikt voor alle gebouwtypen. Het gevelpaneel wordt onzichtbaar c.q. blind bevestigd. Detailleringen beschikbaar voor toepassingen in diverse klimaatklassen.



\* Alleen leverbaar in 1000 mm werkende breedte



**THERMISCHE EIGENSCHAPPEN/GEWICHT**

| Kemdikte mm                    | 45   | 60   | 70   | 80   | 100  | 120  | 140  |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| K-waarde W/m².K                | 0,46 | 0,38 | 0,35 | 0,30 | 0,23 | 0,17 | 0,15 |
| Rc-waarde m².K/W               | 1,9  | 2,7  | 3,2  | 3,7  | 4,7  | 5,7  | 6,7  |
| Gewicht kg/m² 0.63 / 0.4 staal | 11,5 | 12,1 | 12,5 | 12,9 | 13,7 | 14,5 | 15,3 |

Met welke warmtegeleidingscoëfficiënt van het isolatiemateriaal is gerekend bij deze technische specificaties?

- a. circa 0,021 W/(m.K)
- b. circa 0,027 W/(m.K)
- c. circa 0,030 W/(m.K)
- d. circa 0,036 W/(m.K)
- e. circa 0,054 W/(m.K)

Uitwerking:

$$R = d/\lambda \quad \rightarrow \quad \lambda = d/R$$

De  $R_c$ -waarde wordt grotendeels bepaald door de warmteweerstand van de kern van isolatiemateriaal. De beide dunne staalplaten hebben een verwaarloosbare weerstand (minder dan  $0,001 \text{ m}^2\text{K/W}$ ).

De  $R_c$ -waarde is gegeven voor verschillende kerndiktes. Voor de meest nauwkeurige berekening van de warmtegeleidingscoëfficiënt kan het beste de grootste kerndikte worden genomen:  $\lambda = d/R = 0,14/6,7 = 0,021 \text{ W/(m.K)}$ .

#### **Vraag 14**

Een groendak is als volgt opgebouwd van binnen naar buiten:

- Constructief betondak 300 mm
- Waterkerende laag (warmteweerstand verwaarloosbaar)
- Isolatie geëxtrudeerd Polystyreenschuim
- Grondpakket 600 mm

Gegeven:

$$\lambda_{\text{grond}} = 3,0 \text{ W/mK}$$

$$\lambda_{\text{beton}} = 2,0 \text{ W/mK}$$

De gewenste  $R_c$ -waarde is  $3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

**Hoe dik moet de isolatielaag minimaal worden?**

- a. 85 mm
- b. 95 mm
- c. 120 mm
- d. 140 mm
- e. 170 mm

*Uitwerking:*

$$R_{\text{beton}} = 0,3/2 = 0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\text{polystyreen}} = d / \lambda_{\text{polystyreen}} = d / 0,027$$

$$R_{\text{grond}} = 0,6 / 3 = 0,2 \text{ m}^2\text{K}$$

$$R_{c\_tot} = 3,5 = 0,15 + 0,2 + d / 0,027 \rightarrow d / 0,027 = 3,5 - 0,15 - 0,2 = 3,15 \text{ m}^2\text{K} \rightarrow d = 0,085 \text{ m} = 85 \text{ mm}$$

#### **Vraag 15**

Een groendak is als volgt opgebouwd van binnen naar buiten:

- Constructief betondak 300 mm

- Waterkerende laag (warmteweerstand verwaarloosbaar)
- Isolatie geëxtrudeerd Polystyreenschuim 120 mm
- Grondpakket

Gegeven:

$$\lambda_{\text{grond}} = 3,0 \text{ W/mK}$$

$$\lambda_{\text{beton}} = 2,0 \text{ W/mK}$$

De gewenste  $R_c$ -waarde is  $5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

**Hoe dik moet het grondpakket minimaal zijn om de gewenste  $R_c$ -waarde te halen?**

- 0 cm (de gewenste  $R_c$ -waarde wordt ook zonder grond gehaald)
- 122 cm
- 71 cm
- 15 cm
- Het is onmogelijk om met deze dakopbouw de gewenste  $R_c$ -waarde te halen. Het zou 2,55m dik moeten zijn.

*Uitwerking:*

$$R = d / \lambda = 0,3 / 2 + 0,12 / 0,03 + x / 3 = 5$$

$$0,15 + 4 + x / 3 = 5 \rightarrow x / 3 = 0,85 \rightarrow x = 2,55 \text{ m}$$

### **Vraag 16**

Gegeven een buitenwand voor een woning die als volgt is opgebouwd van binnen naar buiten:

- Gipsplaat 12 mm
- Dampremmende laag (warmteweerstand verwaarloosbaar)
- Glaswolisolatie
- Waterkerende laag / dampdoorlatende laag (warmteweerstand verwaarloosbaar)
- Luchtspouw 50 mm
- Metselwerk buitenblad 100 mm

Gegeven:

$$\lambda_{\text{gipsplaat}} = 0,3 \text{ W/(m.K)}$$

$$\lambda_{\text{metselwerk}} = 1,0 \text{ W/(m.K)}$$

$$\lambda_{\text{glaswol}} = 0,04 \text{ W/(m.K)}$$

De  $R_c$ -waarde moet ten minste  $5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$  zijn.

Hoe dik moet de isolatielaag minimaal worden, rekening houdend met leverbare diktes in veelvouden van 10 mm?

- a. 150 mm
- b. 160 mm
- c. 170 mm
- d. 180 mm
- e. 190 mm

*Uitwerking:*

$$R_{\text{gipsplaat}} = 0,012/0,3 = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\text{metselwerk}} = 0,1/1 = 0,1 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\lambda_{\text{glaswol}} = d/0,04$$

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

$$R_{\text{c,tot}} = 5 = 0,04 + 0,1 + d/0,04 + 0,17 \rightarrow d/0,04 = 5 - 0,04 - 0,1 - 0,17 = 4,69 \text{ m}^2\text{K} \rightarrow d = 0,187 \text{ m} = 190\text{mm}.$$

### **Vraag 17**

Gegeven een buitenwand voor een woning die als volgt is opgebouwd van binnen naar buiten:

- Gipsplaat 12 mm
- Dampremmende laag (warmteweerstand verwaarloosbaar)
- Steenwolisolatie
- Regenkerende laag / dampdoorlatende laag (warmteweerstand verwaarloosbaar)
- Luchtspouw 50 mm
- Metselwerk buitenblad 100 mm

Gegeven:

$$\lambda_{\text{gipsplaat}} = 0,24 \text{ W/(m.K)}$$

$$\lambda_{\text{metselwerk}} = 1,0 \text{ W/(m.K)}$$

$$\lambda_{\text{glaswol}} = 0,04 \text{ W/(m.K)}$$

De  $R_{\text{c}}$ -waarde moet ten minste 3,5  $\text{m}^2\text{K/W}$  zijn.

Hoe dik moet de isolatielaag minimaal worden, rekening houdend met leverbare diktes in veelvouden van 10 mm?

- a. 50 mm
- b. 90 mm
- c. 110 mm

- d. 120 mm
- e. 130 mm

*Uitwerking:*

$$R_{\text{gipsplaat}} = 0,012 / 0,24 = 0,05 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\text{metselwerk}} = 0,1 / 1 = 0,1 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\lambda_{\text{steenwol}} = d / 0,04$$

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

$$R_{c\_tot} = 3,5 = 0,05 + 0,1 + d / 0,04 + 0,17 \rightarrow d / 0,04 = 3,5 - 0,05 - 0,1 - 0,17 = 3,18 \text{ m}^2\text{K}$$

$$\rightarrow d = 0,127 \text{ m} = 130\text{mm.}$$

**Vraag 18**

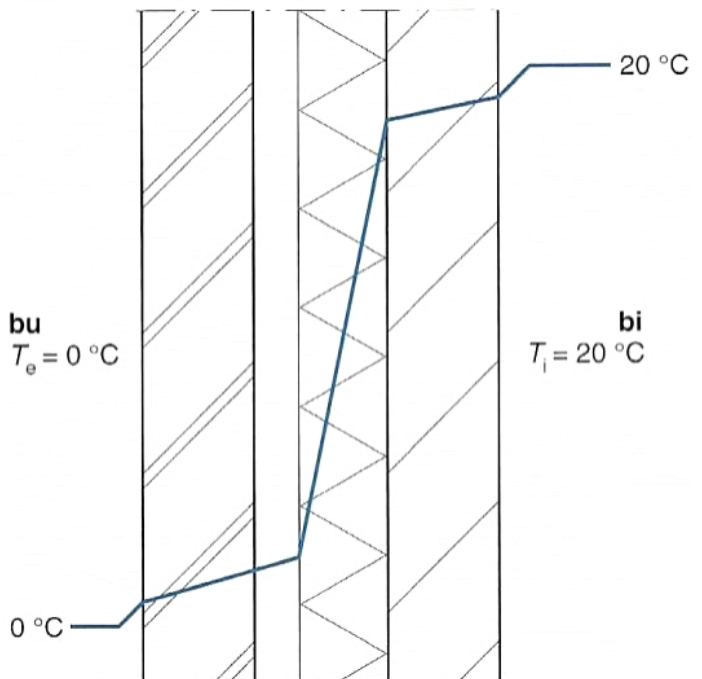
In figuur 1 is voor een geïsoleerde gemetselde buitenmuur het temperatuurverloop weergegeven.

De muur heeft een  $R_c$ -waarde van  $3 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

**Wat is bij de gegeven omstandigheden de warmteweerstand  $R$  van het isolatiemateriaal?**

(Hint: Je moet iets opmeten in de figuur.)

- a. Circa  $0,32 \text{ m}^2\text{K/W}$
- b. Circa  $2,6 \text{ m}^2\text{K/W}$
- c. Circa  $2,4 \text{ m}^2\text{K/W}$
- d. Circa  $0,032 \text{ m}^2\text{K/W}$
- e. Circa  $3,2 \text{ m}^2\text{K/W}$



*Figuur 1*

*Uitwerking:*

$R_c = 3 \text{ q}_g = T_i - T_o / R_c = 20 / 3 = 6,6 \text{ W.m}^2$ . Er gaat geen energie verloren, dus:

$6,6 = \Delta T / R_{\text{isolatie}} = 15,7$  (Verhouding is opgemeten t.o.v.  $\Delta T = 20^\circ\text{C}$ ) /  $R_{\text{isolatie}} \rightarrow$

$R_{\text{isolatie}} = 15,7 / 6,6 = 2,37 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

### Vraag 19

Gegeven een Fins bouwsysteem bestaande uit gestapelde massief houten balken.

De balken hebben een dikte van 160 mm. Het hout heeft een  $\lambda$  – waarde die per partij kan variëren tussen 0,12 en 0,16 W/mK.

Om aan de Nederlandse eis van een minimale  $R_c$ -waarde van 3,5  $m^2K/W$  te voldoen moet er aan de binnenzijde isolatie worden toegevoegd.



**Hoeveel warmteweerstand moet er nog worden toegevoegd om aan de Nederlandse isolatie-eis te voldoen?**

- a. 2,00  $m^2K/W$
- b. 2,50  $m^2K/W$
- c. 2,17  $m^2K/W$
- d. 2,33  $m^2K/W$
- e. 3,33  $m^2K/W$

#### Uitwerking:

Omdat de  $\lambda$  –waarde per partij kan variëren gaan we uit van de hoogste (slechtste) waarde 0,16 W/mK.

De warmteweerstand van de 160 mm brede balk wordt daarmee  $R = d/\lambda = 0,16/0,16 = 1$   $m^2K/W$ .

Om aan een  $R_c$  voor de constructie te komen van 3,5 moet dus 2,5  $m^2K/W$  worden toegevoegd.

### Vraag 20

Gegeven een Fins bouwsysteem bestaande uit gestapelde massief houten balken.

De balken hebben een dikte van 160 mm. Het hout heeft een  $\lambda$  –waarde van 0,16 W/m.K.

Om aan de Nederlandse eis van een minimale  $R_c$ -waarde van 3,5  $m^2K/W$  te voldoen wordt er een wandconstructie gemaakt bestaande uit een buitenblad en een binnenblad van dit bouwsysteem met daartussen een laag



isolatiemateriaal met een  $\lambda$ -waarde van  $0,03 \text{ W/m.K}$ .

**Hoe dik moet de isolatielaag tussen de twee houten wanden minimaal zijn om aan de Nederlandse isolatie-eis te voldoen?**

- a. 55 mm
- b. 75 mm
- c. 50 mm
- d. 45 mm**
- e. 40 mm

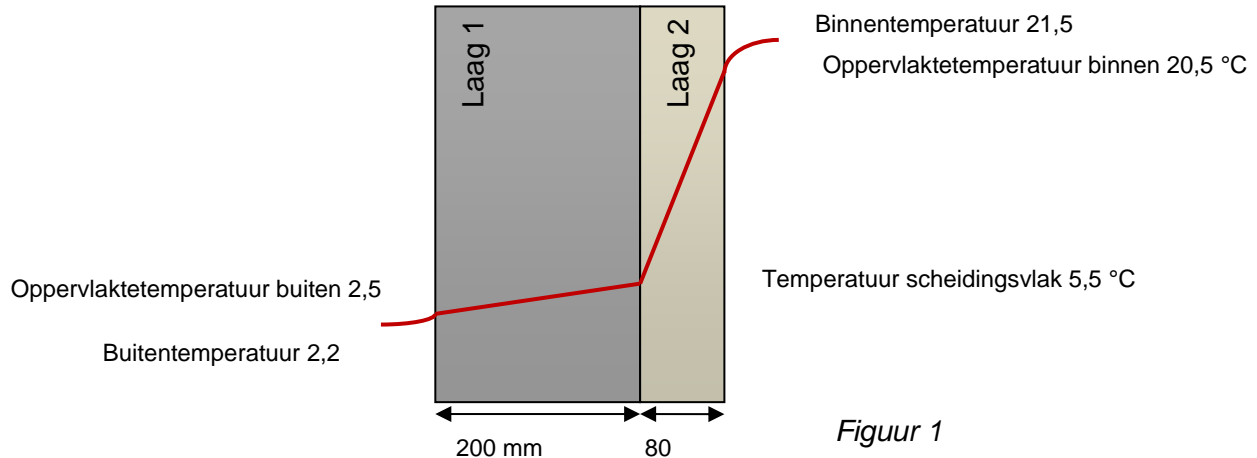
*Uitwerking:*

De R-waarde van de twee balken is  $R = d / \lambda = 0,32 / 0,16 = 2,0 \text{ m}^2.\text{K/W}$

Er is dus nog  $3,5 - 2,0 = 1,5 \text{ m}^2.\text{K/W}$  nodig.

$R = d / \lambda$  dus  $d = R \cdot \lambda$  ofwel:  $d_{\text{benodigd}} = 1,5 \cdot 0,03 = 0,045 \text{ m}$  (45 mm)

**Vraag 21 (Open vraag)**



In figuur 1 is voor een wandconstructie opgebouwd uit twee lagen het temperatuurverloop weergegeven.

Laag 2 bestaat uit een materiaal met een warmtegeleidingscoëfficiënt van  $0,04 \text{ W/mK}$ .

**Wat is de waarde van de warmteweerstand ( $R_c$ ) van deze constructie?**

$R_c = \dots\dots\dots \text{ W/m}^2$



*Uitwerking:*

Van laag 2 weten we het temperatuurverschil en de warmteweerstand:

$$\Delta T_2 = 20,5 - 5,5 = 15 \text{ °C} \text{ en } R_2 = d/\lambda = 0,08/0,04 = 2 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$$

We weten ook het totale temperatuurverschil over de constructie:  $\Delta T = 20,5 - 2,5 = 18 \text{ °C}$ .

De verhouding van de warmteweerstand van de totale constructie tot die van laag 2 is gelijk aan die van de betreffende temperatuurverschillen:

$$R_c/R_2 = 18/15 \text{ ofwel } R_c = 18 \times 2 / 15 = 2,4 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$$

**Vraag 22**

Op dit moment wordt bij nieuwbouw geëist dat de  $R_c$ -waarde van dichte geveldelen minimaal  $3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$  bedraagt. Men overweegt om deze eis aan te scherpen naar minimaal  $5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

**Hoeveel centimeter extra isolatiemateriaal moet worden toegepast als de isolatie-eis van  $3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$  naar  $5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$  gaat, uitgaande van de meest gangbare isolatiematerialen?**

- a. Ca. 1 cm
- b. 2 à 3 cm
- c. 4 à 5 cm
- d. 8 à 10 cm
- e. 15 à 20 cm

*Uitwerking:*

Voor standaard kwaliteit kunststofschuim en betere kwaliteit minerale wol geldt

$$\lambda = 0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K}. \text{ Aan isolatiewaarde moet worden toegevoegd: } \Delta R = 1,5 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}.$$

$$\text{Er geldt: } R = d/\lambda \text{ ofwel } \Delta d = \Delta R \cdot \lambda = 1,5 \cdot 0,035 = 0,05 \text{ m}$$

**Vraag 23**

Gegeven een dubbelglas constructie waarvoor het volgende is gegeven:

- Twee ruiten van elk 4 mm dikte met daartussen een spouw van 20 mm.
- De spouw is gevuld met Argon ( $\lambda = 0,0177 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ).
- De overdrachtscoëfficiënt voor straling in de spouw  $\alpha_{\text{straling}} = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Door de beperkte dikte van de spouw is er geen convectieve warmteoverdracht in de spouw.

Wat is de totale warmteweerstand  $R_{sp}$  van de spouw in deze dubbelglas constructie?

- a. 0,722 m<sup>2</sup>K/W
- b. 1,385 m<sup>2</sup>K/W
- c. 0,175 m<sup>2</sup>K/W
- d. 0,614 m<sup>2</sup>K/W
- e. 0,319 m<sup>2</sup>K/W

Uitwerking:

$$\alpha_{gel} = 1/R_{gel} = \lambda / d \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$$

$$R_{sp} = 1 / (\alpha_{gel} + \alpha_{str} + \alpha_{conv}) = 1 / (0,0177/0,02 + 0,5 + 0) = 0,722 \text{ m}^2\text{K/W}$$