

## A2.2 Oefenvraagstukken Warmte & Vocht: Warmtestroomdichtheid (20250101)

### Vraag 1

Bij een temperatuurverschil van 13 °C tussen binnen en buiten is de warmtestroomdichtheid van een gevel met een  $R_c$ -waarde van 4,5 m<sup>2</sup>.K/W gelijk aan:

- a. 2,78 W/m<sup>2</sup>
- b. 2,89 W/m<sup>2</sup>
- c. 58,50 W/m<sup>2</sup>
- d. 60,71 W/m<sup>2</sup>

Uitwerking:

$$q = 1 / (0.04 + 4.5 + 0.13) * 13 = 0.21 * 13 = 2,78 \text{ W/m}^2.$$

### Vraag 2

Bij een temperatuurverschil van 13 °C tussen binnen en buiten is de warmtestroomdichtheid van een uitwendige scheidingsconstructie met een  $R_c$ -waarde van 3,50 m<sup>2</sup>.K/W gelijk aan:

- a. 45,5 W/m<sup>2</sup>
- b. 47,7 W/m<sup>2</sup>
- c. 3,71 W/m<sup>2</sup>
- d. 3,54 W/m<sup>2</sup>

Uitwerking:

$$q = 13 * 1 / (3,5 + 0,17) = 3,54 \text{ W/m}^2$$

### Vraag 3

Gegeven:

$$T_i = 20 \text{ °C en } T_a = 7 \text{ °C}$$

Hoe hoog is de warmtestroomdichtheid door het dak van de woning, uitgaande van de gegeven  $R_c$ -waarde= 6,0 m<sup>2</sup>.K/W van het dak?

- a.  $\sim 1,9 \text{ W/m}^2$
- b.  $\sim 2,1 \text{ W/m}^2$
- c.  $\sim 2,2 \text{ W/m}^2$
- d.  $\sim 2,5 \text{ W/m}^2$

*Uitwerking:*

$$U = 1 / (6 + 0,17) = 0,162 \text{ W/m}^2\text{K}, \Delta T = 13^\circ\text{C} \rightarrow q = 0,162 * 13 = 2,11 \text{ W/m}^2$$

#### **Vraag 4**

In een woonkamer zijn de ramen van dubbelglas ( $U = 3 \text{ W/m}^2\text{.K}$ ) aan de binnenkant beslagen. Buiten is het  $8^\circ\text{C}$  en het regent al gedurende de hele dag. Het raam ligt beschut, dus het wordt niet nat als gevolg van de regen. De binnentemperatuur is  $17^\circ\text{C}$ .

Ga uit van een standaard overgangsweerstand aan de binnenzijde van  $0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

**Wat is de binnenoppervlaktetemperatuur van het glas?**

- a.  $12^\circ\text{C}$
- b.  $12,5^\circ\text{C}$
- c.  $13^\circ\text{C}$
- d.  $13,5^\circ\text{C}$
- e.  $14^\circ\text{C}$

*Uitwerking:*

$$\text{Warmtestroomdichtheid door het glas} = U \cdot \Delta T = 3 * (17 - 8) = 27 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Dit moet gelijk zijn aan de warmtestroom van de binnenlucht naar het binnenoppervlak van het glas:  $\Delta T_i / R_i = \Delta T_i / 0,13 = 27 \rightarrow$  Temperatuurverschil tussen binnenlucht en glas

$$\Delta T_i = 0,13 * 27 = 3,5^\circ\text{C} \rightarrow \text{Binnenoppervlaktetemperatuur} = 17 - 3,5 = 13,5^\circ\text{C}$$

#### **Vraag 5**

Gegeven een oven voor het bakken van keramische producten. De wand van de oven is matig geïsoleerd maar aan de buitenzijde afgewerkt met aluminiumplaat ( $\varepsilon = 0,1$ ). In de deur van de oven zit een zeer goed isolerende ruit. Glas heeft net als de meeste bouwmaterialen een emissiecoëfficiënt van  $\varepsilon = 0,95$ .

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

**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:  $q_s = \epsilon \cdot 56,7 \cdot 10^{-9} \cdot T^4$  [W/m<sup>2</sup>] wordt gevonden:

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

Bewering a is dus juist.

**Vraag 6**

Gegeven:

- Rc-waarde van het dak: 6,0 m<sup>2</sup>·K/W.
- De gemiddelde binnentemperatuur over het stookseizoen in de woning is 18 °C
- De gemiddelde buitentemperatuur over het stookseizoen is 5 °C

**Hoe hoog is de warmtestroomdichtheid door het dak van de woning?**

- a. ~ 2,0 W/m<sup>2</sup>
- b. ~ 2,1 W/m<sup>2</sup>
- c. ~ 2,2 W/m<sup>2</sup>
- d. ~ 2,3 W/m<sup>2</sup>

*Uitwerking:*

$$U = 1/(6 + 0,17) = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}, \quad \Delta T = 13 \text{ °C} \rightarrow q = 0,16 \cdot 13 = 2,1 \text{ W/m}^2.$$

**Vraag 7**

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

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

**Hoe groot is bij een U-waarde van 0,32 W/m<sup>2</sup>.K de warmtestroomdichtheid in W/m<sup>2</sup> bij  $T_i = 22 \text{ °C}$  en  $T_e = -8 \text{ °C}$ ?**

- a. 4,5 W/m<sup>2</sup>
- b. 9,6 W/m<sup>2</sup>
- c. 14,7 W/m<sup>2</sup>
- d. 30,6 W/m<sup>2</sup>
- e. 93,8 W/m<sup>2</sup>

Uitwerking

$$q = U \cdot \Delta T \rightarrow q = 0,32 \cdot (22 - (-8)) = 0,32 \cdot 30 = 9,6 \text{ W/m}^2$$

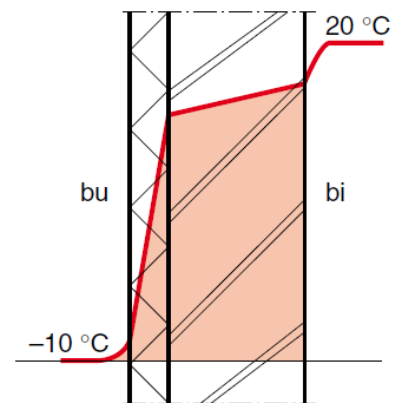
**Vraag 8**

Gegeven een buitenmuur van massief steens metselwerk waartegen aan de buitenzijde een laag isolatiemateriaal is aangebracht met een warmteweerstand  $R = 1,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ . Voor de geïsoleerde muur is het temperatuurverloop gegeven in figuur 1.

**Wat is bij deze omstandigheden de warmtestroomdichtheid door de geïsoleerde muur?**

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

- a. 14 W/m<sup>2</sup>
- b. 15 W/m<sup>2</sup>
- c. 21 W/m<sup>2</sup>
- d. 32 W/m<sup>2</sup>
- e. 34 W/m<sup>2</sup>



Figuur 1

Uitwerking:

$R_{\text{isol}} = 1,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ , dus  $q = 1/1,5 \cdot \Delta T$  isolatie:

Opgemeten:

Temperatuurverschil buitenoppervlak en buitenlucht is ca 1,5 K:  $T_{\text{eo}} = \sim - 8,5 \text{ }^\circ\text{C}$

Temperatuurverschil buiten en scheidingsvlak is ca 23, K:  $T_{\text{vlak}} = \sim 13 \text{ }^\circ\text{C}$

$q = 0,66 \cdot 21,5 = \sim 14,2 \text{ W/m}^2$ .

### Vraag 9

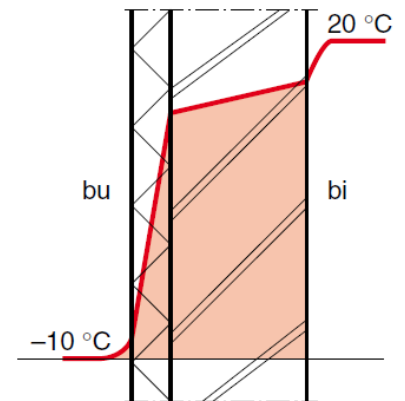
Gegeven een buitenmuur van massief steens metselwerk die aan de buitenzijde is geïsoleerd. Voor de geïsoleerde muur is het temperatuurverloop gegeven in figuur 2.

De warmteovergangsweerstand aan de binnenzijde is  $0,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

**Wat is bij deze omstandigheden de warmtestroomdichtheid door de geïsoleerde muur?**

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

- a. Circa  $1 \text{ W/m}^2$
- b. Circa  $6 \text{ W/m}^2$
- c. Circa  $20 \text{ W/m}^2$
- d. Circa  $30 \text{ W/m}^2$
- e. Circa  $12 \text{ W/m}^2$



Figuur 2

#### Uitwerking:

Temperatuurverschil op de constructie opgemeten: Temperatuurverschil is ca 24 K

Temperatuur binnenoppervlak en binnenlucht is ca 4,5 K:  $T_{io} = \sim 15,5 \text{ }^\circ\text{C}$

Temperatuurverschil buitenoppervlak en buitenlucht is ca 1,5 K:  $T_{eo} = \sim -8,5 \text{ }^\circ\text{C}$

Warmteovergangscoefficiënt =  $1/0,2 = 5 \text{ W/m}^2\text{K}$

Warmtedoorstroomdichtheid lucht =  $5/4,4 = 1,14 \text{ W/m}^2$

Warmtedoorstroomdichtheid constructie =  $1,14 * 24 = 27,3 \text{ W/m}^2 = \sim 30 \text{ W/m}^2$ .

### Vraag 10

In figuur 3 is voor een geïsoleerde gemetselde buitenmuur het temperatuurverloop weergegeven. De isolatielaag in de muur heeft een  $R$ -waarde van  $2 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

**Wat is bij de gegeven omstandigheden de warmtestroomdichtheid door deze muur?**

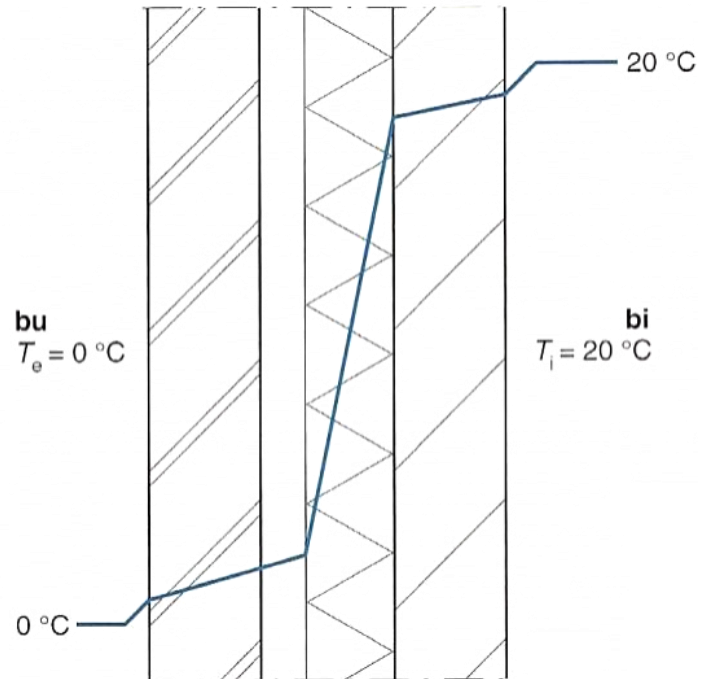
(Hint: Je moet iets opmeten in de figuur.)

- a. Circa  $8 \text{ W/m}^2$
- b. Circa  $10 \text{ W/m}^2$
- c. Circa  $12 \text{ W/m}^2$
- d. Circa  $16 \text{ W/m}^2$
- e. Circa  $20 \text{ W/m}^2$

Uitwerking:

$$\Delta T_{\text{tot}} = 20 \rightarrow \Delta T_{\text{isol}} = \sim 16 \text{ (opgemeten)}$$

$$q = 16/2 = \sim 8 \text{ W/m}^2$$



Figuur 3

### Vraag 11

Een ruit heeft een  $U$ -waarde van  $1,3 \text{ SI}$ .

Op een bepaalde dag is de gemiddelde buitentemperatuur  $-6 \text{ °C}$  en de gemiddelde binnentemperatuur  $20 \text{ °C}$ .

**Hoeveel Megajoule warmte stroomt er gedurende één dag (etmaal) per  $\text{m}^2$  door die ruit?**

- a.  $0,823 \text{ MJ/m}^2$
- b.  $2,920 \text{ MJ/m}^2$
- c.  $1,572 \text{ MJ/m}^2$
- d.  $1,728 \text{ MJ/m}^2$
- e.  $1,528 \text{ MJ/m}^2$

Uitwerking

$$Q = \Delta T/R = U \cdot \Delta T = 1,3 \times 26 \times 24 \times 3600 = 2.920.320 \text{ Joule}$$

### Vraag 12

In het stookseizoen (oktober t/m april) is de gemiddelde buitentemperatuur circa  $5 \text{ °C}$ .

Beschouw een goed geïsoleerde woning met een gemiddelde U-waarde van de totale buitenschil  $U_{\text{gem}} = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ . De buitenschil heeft oppervlakte van  $200 \text{ m}^2$ .

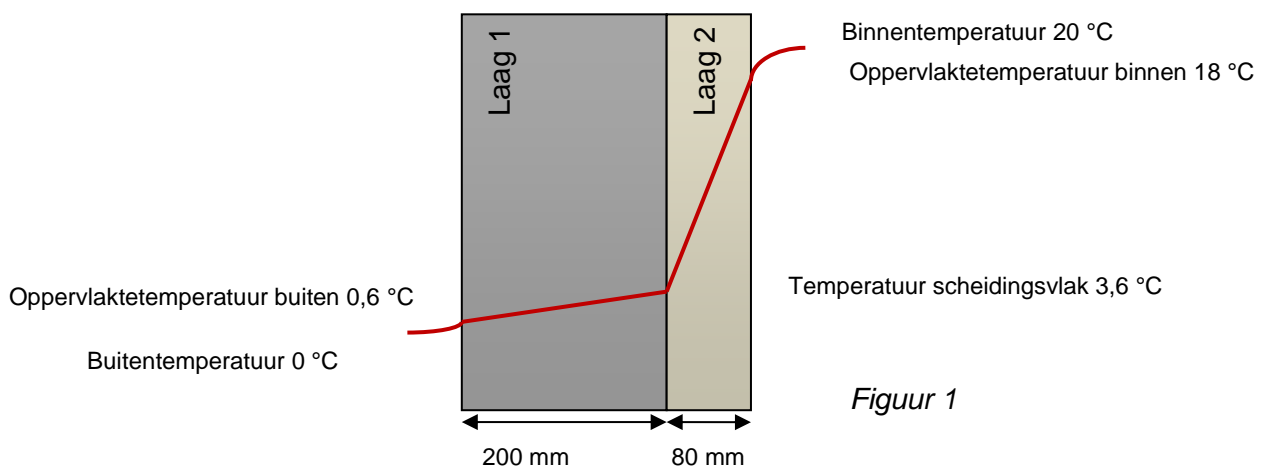
**Hoe groot is de gemiddelde warmtestroom door de buitenschil van de woning tijdens het stookseizoen?**

- a. ca. 800 W
- b. ca. 10000 W
- c. ca. 300 W
- d. ca. 3000 W
- e. ca. 1500 W

*Uitwerking*

De gemiddelde binnentemperatuur in een goed geïsoleerde woning in het stookseizoen is  $18 - 20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Warmtestroomdichtheid:  $q = U \cdot \Delta T = 0,3 \cdot (19 - 5) = 4,2 \text{ W/m}^2$ . Dus de warmtestroom  $\Phi = 4,2 \cdot 200 = 840 \text{ W}$ .

**Vraag 13**



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

Laag 1 bestaat uit metselwerk met een warmtegeleidingscoëfficiënt van  $1,0 \text{ W/mK}$ .

**Hoe groot is bij de gegeven omstandigheden de warmtestroomdichtheid door deze constructie?**

- a.  $20 \text{ W/m}^2$
- b.  $15 \text{ W/m}^2$

- c. 100 W/m<sup>2</sup>
- d. 3 W/m<sup>2</sup>
- e. 18 W/m<sup>2</sup>

*Uitwerking:*

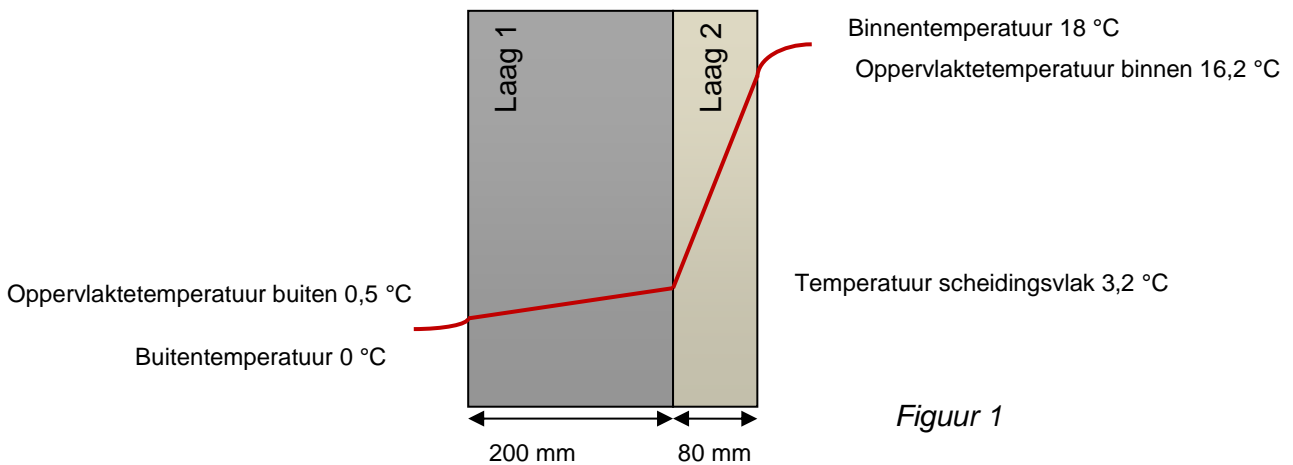
De warmtestroomdichtheid is op alle plaatsen in de constructie en over alle lagen gelijk.

Dat betekent dat deze kan worden gevonden door de gegeven waarden voor laag 1 te gebruiken. Het temperatuurverschil over deze laag is  $\Delta T = 3,6 - 0,6 = 3,0 \text{ }^\circ\text{C}$ .

De warmteweerstand van deze laag wordt gevonden uit  $R = d/\lambda = 0,2 / 1 = 0,2 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

De warmtestroomdichtheid is  $q = \Delta T / R = 3 / 0,2 = 15 \text{ W/m}^2$ .

**Vraag 14**



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

Laag 2 bestaat uit een materiaal met een warmtegeleidingscoëfficiënt van 0,08 W/mK.

**Hoe groot is bij de gegeven omstandigheden de warmtestroomdichtheid door deze constructie?**

- a. 20 W/m<sup>2</sup>
- b. 13 W/m<sup>2</sup>
- c. 18 W/m<sup>2</sup>
- d. 130 W/m<sup>2</sup>
- e. 65 W/m<sup>2</sup>

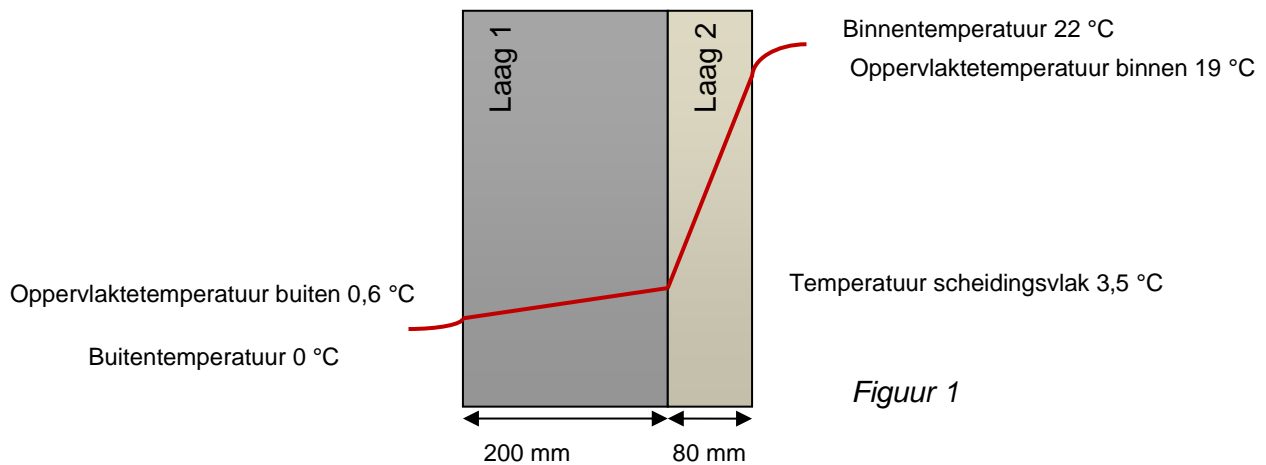


*Uitwerking:*

Van laag 2 weten we alles wat nodig is om de warmtestroomdichtheid door de constructie te berekenen. Immers, wat door laag 2 stroomt, stroomt ook door de hele constructie.

Het temperatuurverschil over laag 2 is 13 °C en de warmteweerstand van die laag is  $R = d / \lambda = 0,08 / 0,08 = 1,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  daarmee vinden we  $q = \Delta T / R = 13 / 1 = 13 \text{ °C}$ .

**Vraag 15**



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

Laag 2 bestaat uit een materiaal met een warmtegeleidingscoëfficiënt van 0,08 W/mK.

De overgangsweerstanden aan binnen- en buitenzijde zijn niet bekend.

**Hoe groot is bij de gegeven omstandigheden de warmtestroomdichtheid door deze constructie?**

- a. 21 W/m<sup>2</sup>
- b. 14 W/m<sup>2</sup>**
- c. 27 W/m<sup>2</sup>
- d. 7 W/m<sup>2</sup>
- e. 17 W/m<sup>2</sup>

*Uitwerking:*

De warmtestroomdichtheid is door de hele constructie heen gelijk.

Als je deze dus uitrekent op de gegevens van één laag ben je er. Hier is van laag 2 alles bekend.

$$q = \Delta T / R = \Delta T / (d/\lambda) = (19 - 3,5) / (0,088/0,08) = 14,1 \text{ W/m}^2.$$