

## A2.3 Oefen vraagstukken Warmte & Vocht: Warmtetransport - Warmteverlies (20250101)

### Vraag 1

Gegeven een raam met HR++-glas met een U-waarde van  $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

De gemiddelde buitentemperatuur in Nederland in het stookseizoen is  $5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

De lengte van het stookseizoen is 200 dagen.

Neem aan dat de binnentemperatuur continu op  $18 \text{ }^\circ\text{C}$  wordt gehouden.

**Hoeveel energie gaat er in het stookseizoen door transmissie per  $\text{m}^2$  door dit raam verloren?**

Druk de hoeveelheid energie uit in  $\text{m}^3$  aardgas ( $1 \text{ m}^3$  aardgas =  $35,2 \text{ MJ}$ )

- a.  $1,5 \text{ m}^3$  aardgas/ $\text{m}^2$
- b.  $5,3 \text{ m}^3$  aardgas/ $\text{m}^2$
- c.  $7,7 \text{ m}^3$  aardgas/ $\text{m}^2$
- d.  $10,6 \text{ m}^3$  aardgas/ $\text{m}^2$
- e.  $27,5 \text{ m}^3$  aardgas/ $\text{m}^2$

*Uitwerking:*

$$\Delta T = 18 - 5 = 13 \text{ K}$$

$$U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow \text{energie verloren per K} = 1,2 * 13 = 15,6 \text{ J/sec.m}^2$$

$$200 \text{ dagen} = 200 * 24 * 60 * 60 * 15,6 = 269,6 \text{ MJ/m}^2 = 269,6 / 35,2 = 7,7 \text{ m}^3 \text{ aardgas/m}^2$$

### Vraag 2

Gegeven een goed geïsoleerde woning met een buitenoppervlakte van  $200 \text{ m}^2$  en een gemiddelde U-waarde van  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Op een dag in een strenge vorstperiode is de gemiddelde buitentemperatuur  $-8 \text{ }^\circ\text{C}$ .

De binnentemperatuur wordt continu op  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  gehouden.

**Hoeveel energie gaat er op die dag bij deze woning door transmissie verloren?**

Druk de hoeveelheid energie uit in MJ ( $1 \text{ MJ} = 10^6 \text{ J}$ )

- a. 16 MJ
- b. 107 MJ
- c. 276 MJ
- d. 387 MJ

e. 1075 MJ

Uitwerking:

$$\text{Warmtestroom} = U \cdot A \cdot \Delta T = 4480 \text{ W (J/s)}$$

$$4480 \cdot 3600 \cdot 24 = 378 \cdot 10^6$$

**Vraag 3**

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  $\eta = 0,9$

**Wat is de hoeveelheid gas (uitgedrukt in  $\text{m}^3$ ) die in het stookseizoen nodig is om het warmteverlies door de gebouwmhulling te dekken?**

- a.  $203 \text{ m}^3$
- b.  $533 \text{ m}^3$
- c.  $592 \text{ m}^3$**
- d.  $731 \text{ m}^3$
- e.  $839 \text{ m}^3$

Uitwerking

Het warmteverlies over een periode van 200 dagen is:

$$Q = U \cdot \Delta T_{\text{gem}} [\text{W/m}^2] \cdot A_{\text{schil}} [\text{m}^2] \cdot 200 [\text{dag}] \cdot 24 [\text{uur/dag}] \cdot 3600 [\text{s/uur}] = [\text{Ws}] = [\text{J}]$$

$$Q = 0,3 \cdot 12 \cdot 300 \cdot 200 \cdot 24 \cdot 3600 = 18662 \cdot 10^6 \text{ J ofwel } 18662 \text{ MJ.}$$

$$\text{Gasverbruik} = Q [\text{MJ}] / (\eta \cdot 35 [\text{MJ/m}^3]) = 18662 / (0,9 \cdot 35) = 592 \text{ m}^3.$$

**Vraag 4**

In de maand december 2009 was de gemiddelde temperatuur in De Bilt  $2,2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Neem aan dat de gemiddelde binnentemperatuur  $18 \text{ }^\circ\text{C}$  is.

Per GJ energieverlies zijn de energiekosten circa € 20,- (1 GJ =  $10^9$  Joule)

**Wat waren in deze maand de energiekosten voor het transmissieverlies door een raam met enkel glas?**

- a. ca. € 0,50 per m<sup>2</sup>
- b. ca. € 1,- per m<sup>2</sup>
- c. ca. € 5,- per m<sup>2</sup>
- d. ca. € 6,- per m<sup>2</sup>
- e. ca. € 3,- per m<sup>2</sup>

*Uitwerking*

Warmteverlies per m<sup>2</sup> =  $Q = U \cdot \Delta T \cdot t / 10^9$  [GJ]

$U = 5,7$  W/m<sup>2</sup>K (enkel glas)

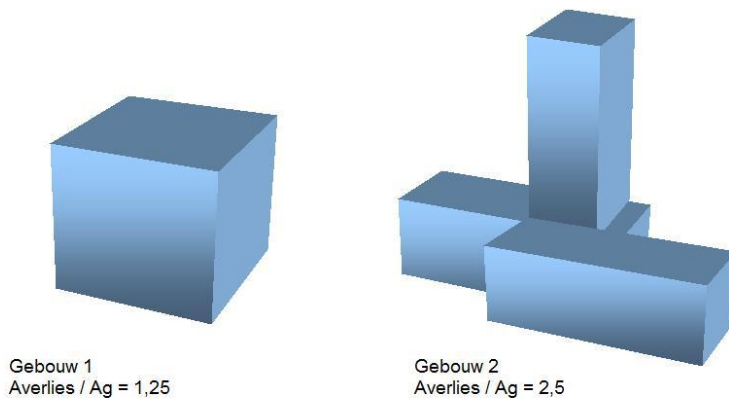
$\Delta T = 18 - 2,2 = 15,8$  K

$t = 31$  dagen \* 24 uur \* 3600 seconden

Energiekosten per m<sup>2</sup> =  $20 \cdot Q = 4,8$  € /m<sup>2</sup>

**Vraag 5**

Gegeven twee verschillende kantoorgebouwen met beide dezelfde gebruiksoppervlakte  $A_g$  (vloeroppervlakte). De verhouding tussen de gebruiksoppervlakte  $A_g$  en de oppervlakte van de buitenschil,  $A_{verlies}$  is verschillend, zie onderstaande figuur.



Bij gebouw 1 bestaat 30% van de buitenschil uit ramen, bij gebouw 2 is dat 20%.

De thermische kwaliteit van geveldelen kun je uitdrukken in de U-waarde, zoals je vaak tegenkomt bij glasconstructies of in de  $R_c$ -waarde, waarin ook de eisen aan dichte bouwdelen in het Bouwbesluit worden uitgedrukt.

Voor deze gebouwen geldt: glas:  $U = 1,5$  W/(m<sup>2</sup>K); dichte delen  $R_c = 4$  m<sup>2</sup>K/W.

Neem voor deze opgave aan dat de bodemtemperatuur gelijk is aan de buitentemperatuur: het warmteverlies door de vloer is dus gelijk aan het warmteverlies door de overige dichte bouwdelen.

**De transmissieverliezen van gebouw 2 zijn hoger dan van gebouw 1. Hoeveel procent hoger in vergelijking met gebouw 1?**

- a. 15%
- b. 39%
- c. 59%
- d. 77%
- e. 100%

*Uitwerking*

De U-waarde van de dichte delen is  $1/(R_c + 0,17) = 1/4,17 = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

De gemiddelde U-waarde van gebouw 1 is:  $30\% * 1,5 + 70\% * 0,24 = 0,618$

De gemiddelde U-waarde van gebouw 2 is:  $20\% * 1,5 + 80\% * 0,24 = 0,492$

Bij gebouw 2 is de totale verliesoppervlakte 2 x zo groot dus de verhouding in transmissieverlies is: gebouw 1 : gebouw 2 =  $0,618 : 2 * 0,492 = 0,618 : 0,980$

Het verlies bij gebouw 2 is dus  $(0,98 - 0,618) / 0,618 * 100\% = 59\%$  hoger.

**Vraag 6a**

De U-waarde van een raam wordt deels bepaald door de warmteovergangsweerstand aan de buitenzijde.

Bij gemiddelde wind is de warmteovergangsweerstand aan de buitenzijde  $0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ , maar bij sterke wind kan de overgangsweerstand verwaarloosbaar klein worden.

Ga uit van een raam met enkel glas:  $U = 5,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

**Wat is bij sterke wind de maximale procentuele verhoging van het warmteverlies door het enkelglas, ten opzichte van de situatie met gemiddelde wind?**

- a. ca. 1 %
- b. ca. 5 %
- c. ca. 20%
- d. ca. 30%
- e. ca. 40% of meer

*Uitwerking:*

$U_1 = 1 / (R_c + 0,17)$  hieruit volgt  $R_c = 1/U - 0,17 = 1/5,7 - 0,17 = 0,005 \text{ m}^2\text{K/W}$

Bij sterke wind wordt dit  $U_2 = 1 / (R_c + 0,13)$  ofwel  $U_2 = 1 / 0,135 = 7,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Het verschil in warmteverlies is dus  $(U_2 - U_1) / U_1 = 1,7 / 5,7 = 0,298$  ofwel ca. 30%.

### Vraag 6b

Dezelfde vraag als hiervoor, maar nu voor een dakconstructie met een  $R_c$ -waarde van  $3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

**Wat is nu de maximale procentuele toename van het warmteverlies door de dakconstructie bij sterke wind vergeleken met de gemiddelde situatie?**

- a. ca. 1 %
- b. ca. 5 %
- c. ca. 20%
- d. ca. 30%
- e. ca. 40% of meer

Uitwerking:

$$U_1 = 1 / (R_c + 0,17) = 1 / (3,5 + 0,17) = 0,2725 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

$$U_2 = 1 / (R_c + 0,13) = 1 / (3,5 + 0,13) = 0,2755 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

Het verschil in warmteverlies is dus:  $(U_2 - U_1) / U_1 = (0,2755 - 0,2725) / 0,2725 = 0,011$  ofwel ca. 1%

### Vraag 7

Een gebouw heeft een buitenschil met een oppervlakte van  $1250 \text{ m}^2$  en een gemiddelde  $U$ -waarde van  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Op een extreem koude dag is het gemiddeld  $-15 \text{ }^\circ\text{C}$  bij een gemiddelde binnentemperatuur van  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**Hoe groot is het totale warmteverlies in MJ door transmissie gedurende deze extreem koude dag?**

Hint:  $1 \text{ MJ} = 10^6 \text{ J}$ ;  $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$

- a. 432 MJ
- b. 4725 MJ
- c. 3024 MJ
- d. 35 MJ
- e. 840 MJ

Uitwerking:

$$Q = U_{\text{gem}} \cdot A_{\text{tot}} \cdot \Delta T \cdot t = 0,8 \cdot 1250 \cdot 35 \cdot 24 \cdot 3600 = 3.024.000.000 \text{ J, ofwel } 3024 \text{ MJ}.$$

**Vraag 8**

Een woonkamer van 30 m<sup>2</sup> heeft een totaal geveloppervlak (voor- en achtergevel) van 18 m<sup>2</sup>, waarvan 10 m<sup>2</sup> dichte gevel met een U-waarde van 0,3 W/m<sup>2</sup>K en 8 m<sup>2</sup> glas met een waarde van 2,0 W/m<sup>2</sup>K.

**Wat is bij een binnentemperatuur van 20 °C en een buitentemperatuur van 5 °C het totale transmissieverlies door de gevel?**

- a. 240 W
- b. 255 W
- c. 69 W
- d. **285 W**
- e. 560 W

*Uitwerking:*

Warmteverlies =  $Q = A \cdot U \cdot \Delta T$  [W]

Dicht:  $10 \cdot 0,3 \cdot 15 = 45$  W

Glas:  $8 \cdot 2 \cdot 15 = 240$  W

Totaal = 285 W