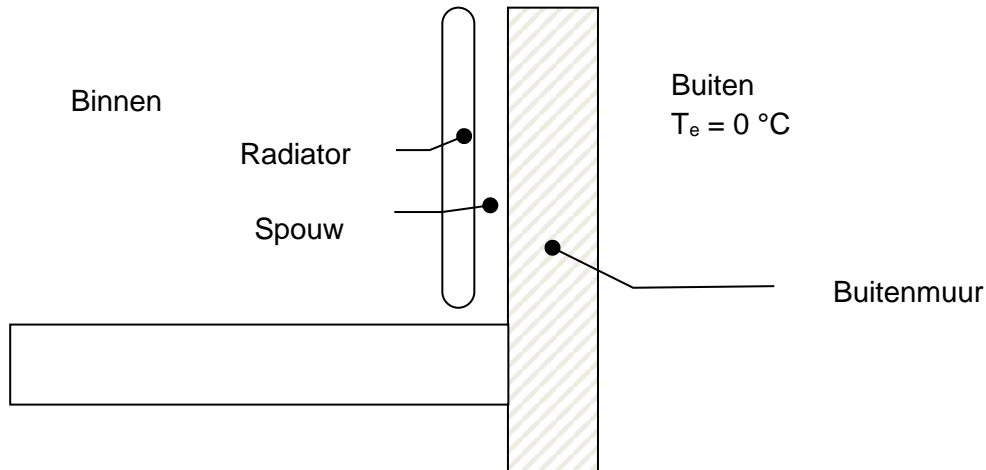


A1.4 Oefenvraagstukken Warmte & Vocht: Warmteweerstand - Oppervlaktetemperatuur (20250101)

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: $\alpha_s = 4 \cdot \epsilon_{\text{res}} \cdot \sigma \cdot T_{\text{gem}}^3\text{ [W}/\text{m}^2\cdot\text{K]}$, 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 $\epsilon = 1,0$

Vraag 1a

Wat is de oppervlaktetemperatuur van de buitenzijde van de buitenmuur?

- a. $0,1\text{ °C}$
- b. $5,5\text{ °C}$
- c. $8,3\text{ °C}$
- d. $14,8\text{ °C}$
- e. $16,4\text{ °C}$

Uitwerking:

We bekijken warmtestroom vanaf de achterzijde van de radiator naar buiten toe. In dit geval bestaat de totale warmteweerstand lucht op lucht uit de spouwweerstand, de warmteweerstand van de buitenmuur en de overgangsweerstand buiten. Overgangsweerstand buiten is de standaardwaarde van $0,04\text{ m}^2\text{K}/\text{W}$.

$$\Delta T_n = \frac{R_n}{R_\ell} \cdot \Delta T \quad [^\circ\text{C}]$$

Hierin is:

ΔT_n de temperatuursprong over laag n

R_n de warmteweerstand van laag n

ΔT het temperatuurverschil tussen de lucht aan weerszijden van de constructie

R_ℓ de warmteweerstand lucht op lucht van de totale constructie

$$R_l = 0,106 + 0,29 + 0,04 = 0,436 \text{ m}^2\text{K/W.}$$

De temperatuursprong aan de buitenzijde wordt:

$$\Delta T_{e0} = R_e / R_l \cdot \Delta T = 0,04 / 0,436 \cdot 60 = 5,5 \text{ K}$$

De oppervlaktetemperatuur aan de buitenzijde wordt hiermee:

$$T_{e0} = T_e + \Delta T_{e0} = 0 + 5,5 = 5,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

Vraag 1b

Op de buitenmuur wordt aan de spouwzijde (dus tegenover de radiator) een dunne reflecterende folie geplakt met $\varepsilon = 0,1$. De rest van de gegevens blijft ongewijzigd.

Welke van de onderstaande beweringen is juist (meerdere antwoorden zijn mogelijk)?

- De oppervlaktetemperatuur van de binnenzijde van de buitenmuur wordt hoger
- De oppervlaktetemperatuur van de binnenzijde van de buitenmuur blijft gelijk
- De oppervlaktetemperatuur van de binnenzijde van de buitenmuur wordt lager
- Het warmteverlies door de muur daalt aanzienlijk
- Het warmteverlies door de muur blijft vrijwel gelijk

Uitwerking:

Door het aanbrengen van de folie wordt α_s in de spouw een factor 10 kleiner.

$$R_{sp} \text{ wordt dan } 1 / (2 + 0,74) = 0,36.$$

De temperatuursprong over de spouw neemt toe (zie bovenstaande formule), dus de oppervlaktetemperatuur aan de binnenzijde van de buitenmuur neemt af.

De warmteweerstand R_l neemt toe van 0,436 naar 0,695 dat is een aanzienlijke toename, waardoor het warmteverlies aanzienlijk zal dalen.

Vraag 2

Beschouw een massieve baksteenwand met een dikte van 300 mm.

Gegeven:

- Binnentemperatuur 20 °C
- Buitentemperatuur -5 °C
- $\lambda_{\text{baksteen}} = 1,0 \text{ W/m.K}$
- Overgangswaerstand buiten = 0,04 m²K/W
- Overgangswaerstand binnen = 0,13 m²K/W

Wat is de temperatuur precies in het midden van de baksteenwand?

- a. 5,1°C
- b. 14,9°C
- c. 8,1°C
- d. 7,5°C
- e. 6,9°C

Uitwerking:

$$R_{\text{baksteen}} = 0,3 / 1 = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$Q_{\text{constructie}} = 25 / (0,3 + 0,04 + 0,13) = 25 / 0,47 = 53,2 \text{ m}^2\text{/W}$$

$$T_a - T_{\text{ao}} = Q \times r_a \rightarrow T_{\text{ao}} = T_a + (Q \times r_a)$$

$$T_{\text{ao}} = -5 + (53,2 \times 0,04) = -5 + 2,1 = -2,9 \text{ °C}$$

$$T_{\text{io}} = 20 - (53,2 \times 0,13) = 20 - 6,9 = 13,1 \text{ °C}$$

$$\Delta T = T_{\text{io}} - T_{\text{ao}} = 16 \text{ °C}$$

$$T_{\text{in het midden}} = 13,1 - 8 = 5,1 \text{ °C, of } -2,9 + 8 = 5,1 \text{ °C}$$

Vraag 3

Beschouw een massieve betonnen wand met een dikte van 260 mm.

Gegeven:

- Binnentemperatuur 20 °C
- Buitentemperatuur -5 °C
- $\lambda_{\text{beton}} = 2,0 \text{ W/mK}$
- Overgangswaerstand buiten = 0,04 m²K/W
- Overgangswaerstand binnen = 0,13 m²K/W

Op welke plaats in de betonwand is de temperatuur 0°C?

- a. Op 10 mm diepte vanaf de buitenzijde
- b. Op 20 mm diepte vanaf de buitenzijde
- c. Op 30 mm diepte vanaf de buitenzijde
- d. Op 40 mm diepte vanaf de buitenzijde
- e. Op 50 mm diepte vanaf de buitenzijde

Uitwerking:

$$R_{\text{beton}} = d/\lambda = 0,26/2 = 0,13$$

$$R_{\text{lucht/lucht}} = 0,13 + 0,04 + 0,13 = 0,3 \text{ m}^2\text{K/W}; (U = 3,33 \text{ W/m}^2\text{K})$$

$$q = \Delta T / R_i = 25 / 0,3 = 83,3 \text{ W/m}^2$$

Dus voor de plek waar $T = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ geldt een $\Delta T = 5$ t.o.v. met de buitentemperatuur. \rightarrow

$$R_{T=0} = 5 / 83,3 = 0,06 \text{ m}^2\text{K/W} \rightarrow \text{Dus } 0,02 \text{ m}^2\text{K/W} \text{ verschil van het buitenopp.} \rightarrow$$

$$0,02 / 0,13 = 0,1538 \rightarrow 0,1538 * 260 \text{ mm} = 40 \text{ mm}$$

Vraag 4

Gegeven een vloer die aan de buitenlucht grenst. De vloerconstructie heeft een R_c -waarde van $1,77 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Gegeven:

- Overgangsweerstand buiten $0,03 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Overgangsweerstand binnen $0,20 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Buitentemperatuur $-10 \text{ }^\circ\text{C}$
- Binnentemperatuur $20 \text{ }^\circ\text{C}$

Wat wordt bij deze omstandigheden de oppervlaktetemperatuur van de vloer aan de binnenzijde?

- a. $5 \text{ }^\circ\text{C}$
- b. $7 \text{ }^\circ\text{C}$
- c. $12 \text{ }^\circ\text{C}$
- d. $15 \text{ }^\circ\text{C}$
- e. $17 \text{ }^\circ\text{C}$**

Uitwerking:

$$q = \Delta T / R \rightarrow q = 30 / (1,77 + 0,2 + 0,03) = 15 \text{ W/m}^2$$

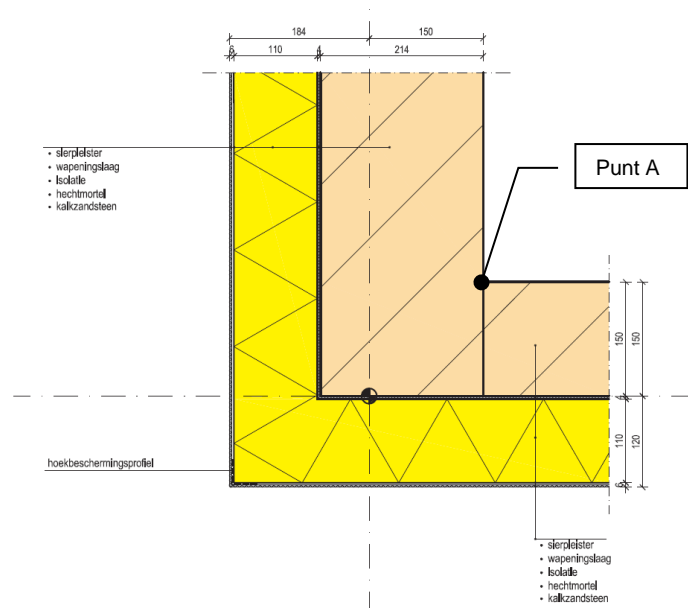
$$q \text{ is constant} \rightarrow 15 = (20 - T_{oi}) / 0,2 \rightarrow 0,2 * 15 = 20 - T_{oi} \rightarrow T_{oi} = 20 - 3 = 17 \text{ }^\circ\text{C}$$

Vraag 5

Gegeven een detail van de buitenhoek van een gevel met een kalkzandsteen binnenblad en isolatie aan de buitenzijde. Voor dit detail is een temperatuurfactor van 0,76 berekend.

Wat is bij een binnentemperatuur van 20 °C en een buitentemperatuur van 2 °C de temperatuur van punt A?

- a. 7,6 °C
- b. 14,2 °C
- c. 14,0 °C
- d. 15,7 °C
- e. 13,7 °C



Uitwerking:

$$f_{ri} = (\theta_{s,i} - \theta_e) / \theta_i - \theta_e \rightarrow 0,76 = (\theta_{s,i} - 2) / (20 - 2) \rightarrow \theta_{s,i} - 2 = 0,76 * 18 \rightarrow \theta_{s,i} = 13,68 + 2 = 15,7 \text{ °C}$$

Vraag 6

Beschouw een ongeïsoleerde dakconstructie die is opgebouwd uit een betonplaat met een dikte van 200 mm.

Gegeven:

- $\lambda_{\text{beton}} = 2 \text{ W/mK}$
- Buitentemperatuur -10 °C
- Binnentemperatuur 20 °C

Wat is bij deze omstandigheden het temperatuurverschil tussen de boven- en onderzijde van de betonplaat?

- a. 11,1 °C
- b. 3,7 °C
- c. 23,1 °C
- d. 25,6 °C
- e. 8,5 °C

Uitwerking:

De warmteweerstand van de constructie (één laag) is $R_c = d/\lambda = 0,2/2 = 0,1 \text{ m}^2\text{K/W}$.

De warmteweerstand lucht op lucht is $R_l = R_c + 0,17 = 0,1 + 0,17 = 0,27 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Het temperatuurverschil over de betonplaat is $R_{\text{beton}} / R_i \cdot \Delta T = 0,1 / 0,27 \cdot 30 = 11,1^\circ\text{C}$

Vraag 7

Beschouw een ongeïsoleerde dakconstructie die is opgebouwd uit een betonplaat met een dikte van 200 mm.

Gegeven:

- λ beton = 2 W/mK
- Buitentemperatuur 0°C
- Binnentemperatuur 20°C

Wat is bij deze omstandigheden de temperatuur in het midden van de betonplaat (dus op 100 mm diepte)?

- a. $7,6^\circ\text{C}$
- b. $6,7^\circ\text{C}$**
- c. $10,0^\circ\text{C}$
- d. $12,4^\circ\text{C}$
- e. $13,3^\circ\text{C}$

Uitwerking:

De warmteweerstand van de betonplaat is $R = d / \lambda = 0,2 / 2 = 0,1 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$.

De warmteweerstand lucht op lucht (inclusief overgangsweerstanden is)

$R_i = 0,04 + 0,1 + 0,13 = 0,27 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$.

De temperatuursprong van buiten tot halverwege de betonplaat (weerstand van buiten tot aan die plaats $0,04 + 0,05 = 0,09 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$) wordt dus $0,09 / 0,27 \cdot 20 = 6,7^\circ\text{C}$. Omdat het buiten 0°C is, is dat dus ook meteen de temperatuur in het hart van de plaat.

Vraag 8

Beschouw een geïsoleerde dakconstructie met een R_c -waarde van $2,83 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$.

Gegeven:

- Buitentemperatuur -10°C , overgangsweerstand $0,04 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$
- Binnentemperatuur 20°C , overgangsweerstand $0,13 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$

Wat is bij deze omstandigheden de oppervlaktetemperatuur aan de binnenzijde van de betonplaat?

- a. 18,2 °C
- b. 18,7 °C**
- c. 12,9 °C
- d. 17,9 °C
- e. 19,1 °C

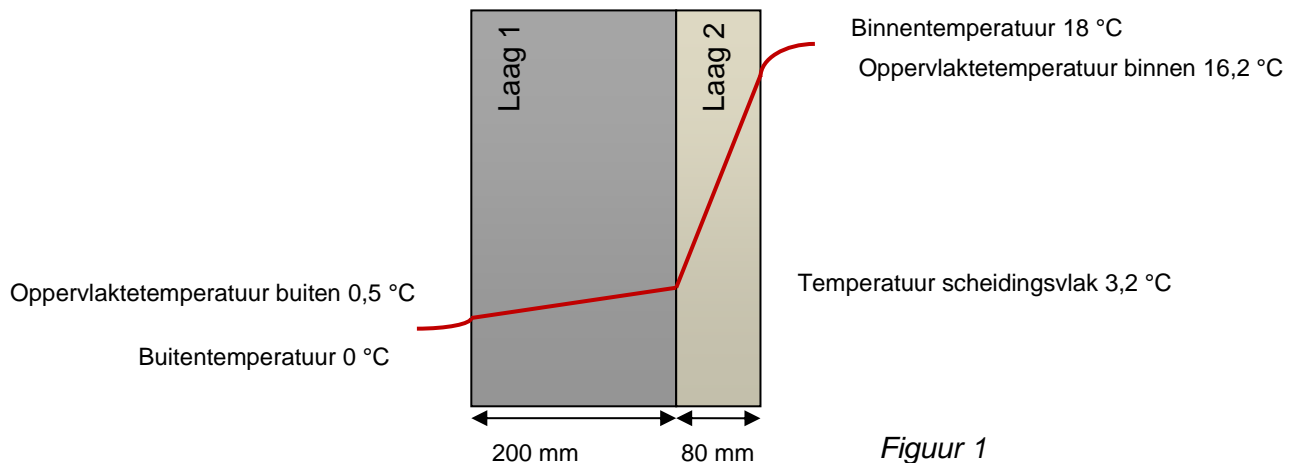
Uitwerking:

$$R_i = R_c + 0,17 = 2,83 + 0,17 = 3,00 \text{ m}^2\text{K/W.}$$

Het temperatuurverschil tussen de binnenlucht en het binnoppervlak van de betonplaat wordt gevonden uit: $\Delta T_i = (R_i / R_t) \cdot \Delta T_{\text{tot}} = (0,13 / 3,00) \cdot (20 - -10) = 1,3 \text{ °C}$

$$\text{Dus is } T_{i0} = 20 - 1,3 = 18,7 \text{ °C}$$

Vraag 9



Figuur 1

Zie gegevens figuur 1.

Wat wordt de temperatuur op het scheidingsvlak tussen de twee lagen bij een binnentemperatuur van 22 °C en een buitentemperatuur van 0 °C?

- a. 7,2 °C
- b. 5,2 °C
- c. 11,0 °C
- d. 3,3 °C
- e. 3,9 °C**

Uitwerking:

In de gegeven situatie is het temperatuurverschil tussen binnen en buiten 18 °C en in de situatie bij deze vraag is dat 22 °C. Alle temperatuurverschillen worden dus 22 / 18 maal zo groot.

Bijvoorbeeld dat tussen buiten en het scheidingsvlak. Oorspronkelijk is dat 3,2 °C en nu wordt dat dus $3,2 \cdot 22 / 18 = 3,9$ °C. De buitentemperatuur is nog steeds 0 °C dus is de temperatuur op het scheidingsvlak ook 3,9 °C.

Vraag 10

Van een bouwkundig detail is gegeven dat de temperatuurfactor 0,66 is.

De binnentemperatuur is 20°C en de buitentemperatuur is -10°C.

Wat is bij deze omstandigheden de laagste oppervlaktetemperatuur aan het binnenoppervlak van dit detail?

- a. 19,8 °C
- b. 13,2°C
- c. 9,8 °C**
- d. 0,2 C
- e. -0,2 °C

Uitwerking:

De temperatuurfactor is (zie Bouwfysicaboek (8^e druk), blz. 38) de verhouding tussen buitentemperatuur minus binnenoppervlaktetemperatuur tot het totale temperatuurverschil tussen buiten en binnen.

$$f = (\theta_{io} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e) \text{ alles invullen levert op: } 0,66 = (\theta_{io} + 10) / (20 + 10) \rightarrow \\ \text{dus } (\theta_{io} + 10) = 0,66 \cdot 30 = 19,8 \text{ °C en } \theta_{io} = 9,8 \text{ °C.}$$

Vraag 11

Voor een woning mag de temperatuurfactor van een constructie niet lager zijn dan 0,65.

Met een koudebrugberekening wordt het temperatuurverloop in de constructie bepaald bij een buitentemperatuur van 0 °C en een binnentemperatuur van 18 °C.

Hoe laag mag de berekende temperatuur van het maatgevende punt aan het binnenoppervlak minimaal zijn om aan de eis voor de temperatuurfactor te kunnen voldoen?

- a. 11,7°C**
- b. 16,3 °C
- c. 13,0°C
- d. 6,3 °C
- e. 15,3°C

Uitwerking:

$$t = (T_{io} - T_e) / (T_i - T_e) \rightarrow 0,65 = (t_{io} - 0) / (18 - 0) \rightarrow T_{io} = 0,65 \cdot 18 = 11,7^\circ\text{C}$$