

Warmtetransportmechanismen bij brand Oefening

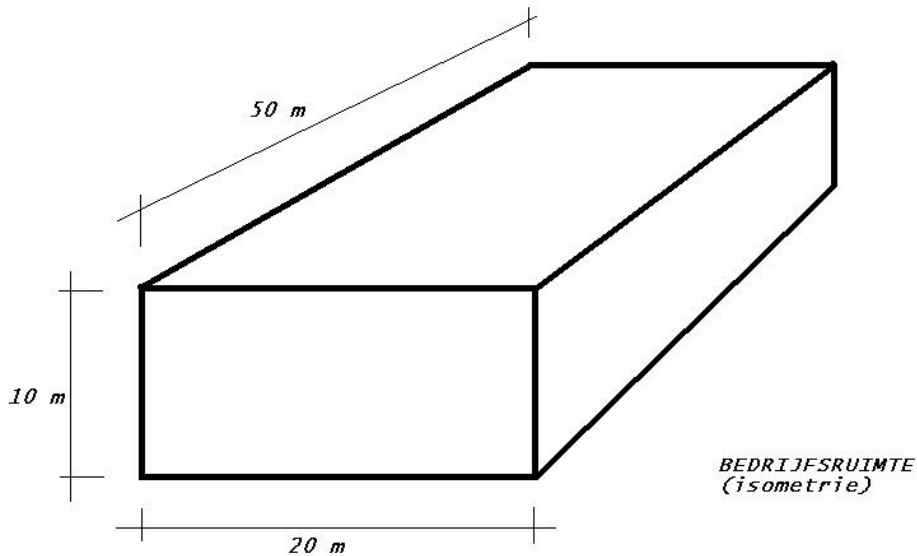
Kennisbank Bouwfysica
Auteur: ir. Ruud van Herpen

1 Gegeven:

Onderstaande figuur geeft de schematische isometrie van een bedrijfshal, gesitueerd achter de woning van de eigenaar. De bedrijfshal is een ongeïsoleerde stalen hal. Gevels en dak bestaan uit 0,4 mm geprofileerde staalplaat.

Van het materiaal staal zijn de volgende gegevens bekend:

Warmtegeleidingscoëfficiënt	$\lambda = 50 \text{ W/(m.K)}$
Soortelijke massa:	$\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$
Soortelijke warmte:	$c = 480 \text{ J/(kg.K)}$



Isometrie van de bedrijfsruimte

2 **Gevraagd:**

1. Wat is de warmtestroomdichtheid door de wanden en het dak wanneer er brand is in de bedrijfshal? Houd rekening met de volgende condities:
Binnen: $T_i = 900 \text{ }^\circ\text{C}$; overgangscoefficient: $\alpha_i = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$
Buiten: $T_e = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; overgangscoefficient: $\alpha_e = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$
2. Wat is de totale warmtestroom (het totale vermogen) dat door transmissie via de gevels en het dak wordt afgevoerd vanuit de bedrijfshal?
3. Wat is de gemiddelde temperatuur in de staalplaat bij de gegeven condities en wat zijn de consequenties van deze temperatuur voor het staal?
4. Wat is de totale warmtestroom (het totale vermogen) dat door transmissie wordt afgevoerd vanuit de bedrijfshal wanneer de gevels en het dak met 100 mm steenwol aan de buitenzijde worden geïsoleerd? Voor steenwol kan het volgende worden aangehouden:
Warmtegeleidingscoëfficiënt $\lambda = 0,04 \text{ W/(m.K)}$
Soortelijke massa: $\rho = 100 \text{ kg/m}^3$
Soortelijke warmte: $c = 840 \text{ J/(kg.K)}$
5. Wat is de gemiddelde temperatuur in de staalplaat bij de gegeven condities en wat zijn de consequenties van deze temperatuur voor het staal?
6. Hoever moet de woning van de kopgevel van de bedrijfshal gelegen zijn om een voldoende laag brandoverslagrisico vanuit de bedrijfshal naar de woning te garanderen? Hierbij mag worden uitgegaan van een bezwaken kopgevel.

3 Antwoorden oefening Warmtetransportmechanismen (FSE-1)

Vraag 1

Wat is de warmtestroomdichtheid door de wanden en het dak wanneer er brand is in de bedrijfshal? Houd rekening met de volgende condities:

Binnen: $T_i = 900 \text{ }^\circ\text{C}$; overgangscoefficient: $\alpha_i = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$

Buiten: $T_e = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; overgangscoefficient: $\alpha_e = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$

Antwoord

$$R_{\text{totaal}} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}$$

$$R_{\text{totaal}} = 0,04 + \frac{0,0004}{50} + 0,04 = 0,08 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$q = \frac{T_i - T_e}{R_{\text{totaal}}}$$

$$q = \frac{900 - 20}{0,08} = 11.000 \text{ W/m}^2$$

Vraag 2

Wat is de totale warmtestroom (het totale vermogen) dat door transmissie via de gevels en het dak wordt afgevoerd vanuit de bedrijfshal?

Antwoord

Oppervlakte dak: $50 \times 20 = 1.000 \text{ m}^2$

Oppervlakte wanden: $140 \times 10 = \underline{1.400 \text{ m}^2}$

Totaal 2.400 m^2

$$Q = 2.400 \times 11.000 = 26,4 \text{ MW}$$

Vraag 3

Wat is de gemiddelde temperatuur in de staalplaat bij de gegeven condities en wat zijn de consequenties van deze temperatuur voor de staalplaat?

Antwoord

$$T_{\text{staal}} = 20 + \frac{900 - 20}{2} = 460 \text{ }^\circ\text{C}$$

De overgangsweerstand aan de buitenzijde van het staal en aan de binnenzijde van het staal zijn gelijk aan elkaar. De staaltemperatuur ligt daardoor precies tussen de buitentemperatuur en de binnentemperatuur in.

Bij deze temperatuur bezwijkt de staalplaat naar verwachting niet.

NB.: Hierin is alleen het warmtetransport door geleiding beschouwd. Het is mogelijk dat de temperatuur van de staalplaat verder toeneemt ten gevolge van straling vanaf de brandhaard.

Vraag 4

Wat is de totale warmtestroom (het totale vermogen) dat door transmissie wordt afgevoerd vanuit de bedrijfshal wanneer de gevels en het dak met 100 mm steenwol aan de buitenzijde worden geïsoleerd? Voor steenwol kan het volgende worden aangehouden:

Warmtegeleidingscoëfficiënt $\lambda = 0,04 \text{ W/(m.K)}$
Soortelijke massa: $\rho = 100 \text{ kg/m}^3$
Soortelijke warmte: $c = 840 \text{ J/(kg.K)}$

Antwoord

$$R_{\text{steenwol}} = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,100}{0,04} = 2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\text{totaal}} = 2,5 + 0,08 = 2,58 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$q = \frac{900 - 20}{2,58} = 341 \text{ W/m}^2$$

De totale warmtestroom bedraagt dus:
 $Q = 2.400 \times 341 = 0,819 \text{ MW}$

Vraag 5

Wat is de gemiddelde temperatuur in de staalplaat bij de gegeven condities en wat zijn de consequenties van deze temperatuur voor de staalplaat?

Antwoord

Warmteweerstand vanaf de staalplaat naar binnen: $R_{i,\text{staal}} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Warmteweerstand vanaf de staalplaat naar buiten: $R_{e,\text{staal}} = 2,54 \text{ m}^2\text{K/W}$

$$\Delta T \text{ over } R_{\text{totaal}} = 880 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T \text{ over } R_{i,\text{staal}} = \frac{0,04}{2,58} \cdot 880 = 13,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

Dus de temperatuur van de staalplaat ligt $13,6 \text{ }^\circ\text{C}$ lager dan de binnentemperatuur.

$$T_{\text{staal}} = 880 - 13,6 = 866,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

De conclusie is dat de staalplaat bezwijkt.

Vraag 6

Hoever moet de woning van de kopgevel van de bedrijfshal gelegen zijn om een voldoende laag brandoverslagrisico vanuit de bedrijfshal naar de woning te garanderen? Hierbij mag worden uitgegaan van een bezweten kopgevel.

Antwoord

Kopgevel: 10 x 20 meter

Stralingsflux vanaf kopgevel: 100 kW/m²

Maximaal toelaatbare stralingsflux ter plaatse van doelgevel: 15 kW/m²

Dus maximaal toelaatbare zichtfactor: $\Phi \leq 0,15$

Wanneer de stralende gevel in 4 gelijke kwadranten wordt opgedeeld betekent dit dat per kwadrant (5 x 10 meter) een zichtfactor kan worden toegestaan van: $\Phi_1 \leq 0,0375$

Met behulp van de zichtfactortabellen wordt dit uitgewerkt:

$$S = \frac{L_1}{L_2} = 0,5$$

Benodigd is: $\alpha_{\min} = 0,15$ ($\Phi_1 = 0,0375$)

Dus geldt:

$$0,15 \geq \frac{L_1 \cdot L_2}{D^2}$$

$$D^2 \geq \frac{5 \cdot 10}{0,15} \geq 333,33$$

Dit leidt tot:

$D \geq 18,3$ meter

De woning moet dus 18,3 meter van de kopgevel van de bedrijfshal zijn gelegen om een voldoende laag brandoverslagrisico te garanderen.