

A3. Oefenvraagstukken Installaties – Afgiftesystemen 20250203

Vraag 1

Een kantoorruimte met een vloeroppervlakte van 15 m^2 wordt in het stookseizoen verwarmd door middel van vloerverwarming.

De gemiddelde U-waarde van de gevel is $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. De oppervlakte van de gevel is 9 m^2 . Het warmteverlies als gevolg van ventilatie is 500 W .

De ontwerptemperatuur van de buitenlucht is $-7 \text{ }^\circ\text{C}$.

De warmtewinst door zoninstraling en interne warmteproductie wordt niet meegerekend.

De temperatuur waarop de ruimte verwarmd moet worden is $21 \text{ }^\circ\text{C}$.

Bereken de benodigde capaciteit van de vloerverwarming per m^2 .

- a. $\sim 26 \text{ W/m}^2$
- b. $\sim 50 \text{ W/m}^2$**
- c. $\sim 8 \text{ W/m}^2$
- d. $\sim 60 \text{ W/m}^2$
- e. $\sim 12 \text{ W/m}^2$

Uitwerking:

Voor een stationaire situatie moet gelden:

$$Q_{\text{gevelverlies}} + q_{\text{ventilatie}} = q_{\text{vloerverwarming}} \rightarrow (9 \cdot 1 \cdot (21 + 7)) + 500 = q_{\text{vloerverwarming}}$$
$$q_{\text{vloerverwarming}} = 736 / 15 = 49,06 \text{ W/m}^2. \text{ Dus antwoord b is goed}$$

Vraag 2

Een kantoorruimte met een vloeroppervlakte van 40 m^2 wordt gekoeld door middel van een koelplafond. Bij een binnentemperatuur van 26 graden is het koelvermogen van het koelplafond circa 80 W/m^2 .

De interne warmtelast door personen, apparatuur en verlichting is 30 W/m^2 vloeroppervlakte.

Via het raam komt 1500 W zonnewarmte binnen.

Welk percentage van de plafondoppervlakte moet worden voorzien van koelplafonds?

- a. Circa 35%
- b. Circa 50%
- c. Circa 65%
- d. Circa 85%**
- e. 100 % (het gehele plafond)

Uitwerking:

Warmteopbrengst $q_{\text{tot}} = 30 \text{ W/m}^2 \cdot 40 \text{ m}^2 + 1500 \text{ W} = 1200 \text{ W} + 1500 \text{ W} = 2700 \text{ W}$

Koelopbrengst voor plafond is dus $2700 \text{ W} / 80 \text{ W/m}^2 = 33,75 \text{ m}^2$. Dus percentage is $33,75 / 40 = 0,843$. Is ~85%. Antwoord d is goed.

Vraag 3

Beschouw een goed geïsoleerde eenpersoons kantoorruimte van 20 m^2 met een vertrekhoogte van 3 m en een geveleppervlak van 10 m^2 waarvan 7 m^2 bestaat uit glas.

De gemiddelde U-waarde van de gevel is $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Het warmteverlies als gevolg van ventilatie is 440 W.

De ontwerptemperatuur van de buitenlucht is $-7 \text{ }^\circ\text{C}$.

De warmtewinst door zoninstraling en interne warmteproductie mag worden verwaarloosd.

De temperatuur waarop de ruimte verwarmd moet worden is $21,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Wat is de benodigde totale capaciteit van de radiatoren?

- a. 100 W
- b. 200 W
- c. 500 W
- d. 700 W
- e. 900 W**

Uitwerking:

Warmteverlies door gevel $q_{\text{gevel}} = 1,6 \cdot 10 \cdot (-7 + 21,5) = 456 \text{ W}$

Warmteverlies door ventilatie, $q_{\text{vent.}} = 440 \text{ W}$

$Q_{\text{tot.}} = 456 + 440 = 896 \text{ W}$. Dit moet door de radiatoren worden opgebracht. Dus ongeveer 900W. Antwoord e is goed

Vraag 3a

Beschouw een goed geïsoleerde eenpersoons kantoorruimte van 20 m^2 met een vertrekhoogte van 3 m en een geveleppervlak van 10 m^2 .

De gemiddelde U-waarde van de gevel is $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Het ventilatievoud is 4

De ontwerptemperatuur van de buitenlucht is $-7 \text{ }^\circ\text{C}$.

De warmtewinst door zoninstraling en interne warmteproductie mag worden verwaarloosd.

De ruimte wordt constant op $24 \text{ }^\circ\text{C}$ gehouden.

Wat is de benodigde totale capaciteit van de radiatoren?

- a. 150 W
- b. 200 W
- c. 450 W
- d. 750 W
- e. 900 W

Uitwerking:

Ventlatie: $4 \cdot 20 \cdot 3 = 240 \text{ m}^3$, $q_{\text{vent}} = 1 \text{ W/m}^3 \rightarrow Q_{\text{vent}} = 240 \text{ W}$

$Q_{\text{gevel}} = 1,6 \cdot 10 \cdot (-7 + 24 = 32) = 512 \text{ W}$

$Q_{\text{tot.}} = 512 + 240 = 751 \text{ W}$. Dit moet door de radiatoren worden opgebracht. Dus ongeveer 750 W. Antwoord d is goed

Vraag 4

Beschouwd wordt hetzelfde kantoor als uit *Vraag 3* in de zomer.

Op zijn piek is de opvallende zonnestraling op het glas 600 W/m^2 en het glas heeft een ZTA-waarde van 0,5.

Bij een renovatie worden er koelplafonds geïnstalleerd in dit kantoor. Het wordt uitgevoerd met zogenaamde "koeleilanden" met een afgiftecapaciteit van 150 W/m^2 .

Hoeveel procent van het oppervlak van het plafond moet bedekt zijn met de koeleilanden om de maximale binnenkomende zonnewarmte volledig te kunnen wegkoelen?

De overige posten die bijdragen aan de koellast worden daarbij buiten beschouwing gelaten.

- a. 35 %
- b. 50 %
- c. 70 %
- d. 100 %
- e. Met koeleilanden van 150 W/m^2 kan de binnenkomende zonnewarmte niet volledig weggekoeld worden

Uitwerking:

Binnenkomende warmte: $q_{\text{zon}} = 7 \text{ m}^2 \cdot 600 \text{ W} \cdot 0,5 = 2100 \text{ W}$

Koeiland 14 m^2 150 W/m^2 . Dus $2100 / 150 = 14 \text{ m}^2$ nodig. Dus $14 / 20 = 0,7$. Dus 70% van het plafond wordt bedekt met koeleilanden. Dus antwoord c

Vraag 5

Een kantoorruimte met een vloeroppervlakte van 50 m^2 wordt in het stookseizoen verwarmd door middel van radiatoren.

Het specifieke warmteverlies door transmissie en ventilatie is 40 W/K . Hiermee kan het benodigde verwarmingsvermogen bij een bepaald temperatuurverschil tussen binnen en buiten worden uitgerekend.

Om voldoende snel te kunnen opwarmen moet een toeslag van 10 W/m^2 vloeroppervlakte worden meegerekend.

De ontwerptemperatuur van de buitenlucht is $-7 \text{ }^\circ\text{C}$.

De warmtewinst door zoninstraling en interne warmteproductie mag worden verwaarloosd.

De temperatuur waarop de ruimte verwarmd moet worden is $21 \text{ }^\circ\text{C}$.

Welke totale capaciteit moeten de radiatoren minimaal hebben?

- a. 1400 W
- b. 1200 W
- c. 1000 W
- d. 1700 W
- e. 2500 W

Uitwerking:

In de situatie dat het gebouw al is opgewarmd is er 40 W/K nodig om het op temperatuur te houden.

Het temperatuurverschil tussen binnen en buiten waarmee moet worden gerekend is $\Delta T = 28 \text{ }^\circ\text{C}$.

Hierbij is dus een radiator nodig met een vermogen van $40 \cdot 28 = 1120 \text{ W}$.

De toeslag voor opwarmen is 10 W/m^2 . Het vertrek is 50 m^2 groot, dus wordt de toeslag op de radiatorcapaciteit $50 \cdot 10 = 500 \text{ W}$. De totaal benodigde capaciteit is dus 1620 W . Uit de gegeven mogelijkheden moet dus de radiator met 1700 W vermogen worden gekozen.

Vraag 6

Een kantoorruimte wordt in het stookseizoen verwarmd door middel van radiatoren.

De gemiddelde U-waarde van de gevel is $0,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, de geveloppervlakte is $12,5 \text{ m}^2$.

Het warmteverlies als gevolg van ventilatie is 420 W .

De ontwerptemperatuur van de buitenlucht is $-7 \text{ }^\circ\text{C}$.

De warmtewinst door zoninstraling en interne warmteproductie mag worden verwaarloosd.

De temperatuur waarop de ruimte verwarmd moet worden is $21 \text{ }^\circ\text{C}$.

Wat is de benodigde totale capaciteit van de radiatoren?

- a. 800 W
- b. 600 W
- c. 500 W
- d. 700 W
- e. 900 W

Uitwerking

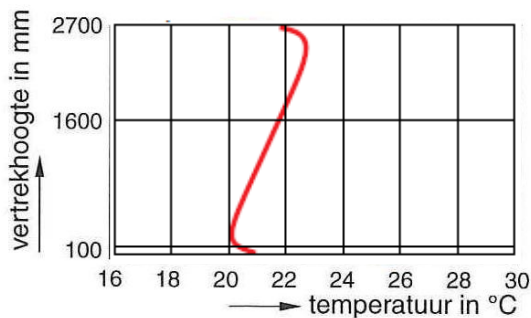
Warmteverlies door de gevel is $(0,8 \cdot 12,5 \text{m}^2 = 10) \cdot (\Delta T = 28) = 280 \text{W}$

Ventilatieverlies is $420 \text{W} \rightarrow$ totaal warmteverlies is $280 + 420 = 700 \text{W}$

Q radiatoren moet dus 700W zijn. Antwoord d is goed.

Vraag 7

Beschouw de volgende figuur.



Van welk type verwarming is dit de karakteristieke temperatuurgradiënt?

a. Radiatoren

b. Luchtverwarming

c. Vloerverwarming

d. Wandverwarming

Uitwerking:

- Bij radiator verwarming wordt koude lucht van onder opgewarmd en stijgt op. Boven wordt de temperatuur door het plafond weer iets in temperatuur verlaagd.
 - Bij lucht verwarming wordt warme lucht de ruimte in geblazen de temperatuurgradient zal vanaf de hoogte van in blazen ietstoemen en dan niet verder stijgen.
 - Bij vloerverwarming staat de lucht in principe stil en zal de vloer warmaanvoelen en de lucht temperatuur zal naar boven iets afkoelen (warme voeten en een koel hoofd)
 - Bij wand verwarming zal de luchttemperatuur van boven naar onder constant zijn.
- Dus antwoord a is goed

Vraag 8

Waarom wordt er een minimum gesteld aan de temperatuur van koelplafonds?

- Om energie te besparen
- Ter voorkoming van gezondheidsklachten
- Ter voorkoming van oppervlaktecondensatie
- Ter voorkoming van vervuiling van de lucht

Uitwerking:

Als de temperatuur te koud wordt zal a.h.v. een bepaalde r.v. de r.v. op het oppervlak van het koelplafond 100% worden en kunnen er druppels ontstaan. Dus antwoord c is goed.

Vraag 9

Welk type verwarming is het minst geschikt voor een slaapkamer?

- Radiatoren aan de gevel
- Convectoren onder het raam
- Vloerverwarming op een betonnen vloer
- Wandverwarming in een binnenwand van gipsblokken

Uitwerking:

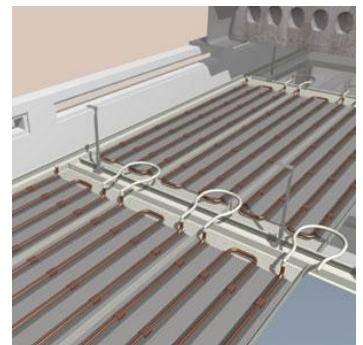
De slaapkamer moet snel opgewarmd kunnen worden. Radiatoren brengen de lucht in beweging en zullen de lucht snel opwarmen. Een wand verwarming zal iets minder snel reageren, maar een vloerverwarming op beton zal eerst de vloer op moeten warmen voordat de straling effect gaat hebben. Dus antwoord c is het juiste antwoord.

Vraag 10

Beschouw een plafondverwarming in een kantoorruimte.

Gegeven:

- gemiddelde oppervlaktetemperatuur van het plafond $30\text{ }^{\circ}\text{C}$
- emissiecoefficient van het plafond $\epsilon = 0,92$
- gemiddelde stralingstemperatuur van de rest van de kantoorruimte $22\text{ }^{\circ}\text{C}$
- emissiecoefficient van de rest van de kantoorruimte $\epsilon = 0,95$



Hoe groot is bij deze omstandigheden het verwarmingsvermogen dat het plafond door stralingsuitwisseling afgeeft aan de kantoorruimte?

(De convectieve warmteoverdracht wordt dus buiten beschouwing gelaten)

- a. 20,4 W/m²
- b. 40,0 W/m²
- c. 42,6 W/m²
- d. 48,5 W/m²
- e. 45,4 W/m²

Uitwerking:

Hoewel het plafond en de rest geen evenwijdige vlakken zijn is het wel zo dat het plafond uitkijkt op een omgeving met $\varepsilon = 0,95$. De resulterende emissiecoëfficiënt voor de uitwisseling van warmte door straling tussen plafond en de ruimte kan dus worden bepaald met de formule van blz. 4 uit het boek Bouwfysica (8^e druk):

$$e_{\text{res}} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 / (\varepsilon_1 + \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 + \varepsilon_2) = 0,92 \cdot 0,95 / (0,92 + 0,92 \cdot 0,95 + 0,95) = 0,88.$$

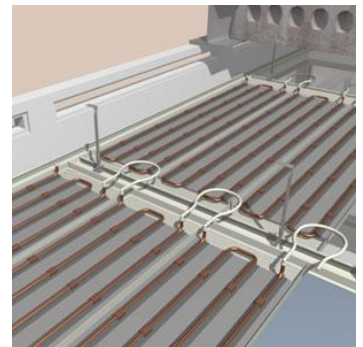
De warmteoverdracht door straling wordt dan: $q_s = e_{\text{res}} \cdot 56,7 \cdot 10^{-9} \cdot (303^4 - 295^4) = 42,6 \text{ W/m}^2$.

Vraag 11

Beschouw een koelplafond in een kantoorruimte.

Gegeven:

- gemiddelde oppervlaktetemperatuur van het plafond 18 °C
- emissiecoëfficiënt van het plafond $\varepsilon = 0,89$
- gemiddelde stralingstemperatuur van de rest van de kantoorruimte 24 °C
- emissiecoëfficiënt van de rest van de kantoorruimte $\varepsilon = 0,95$



Hoe groot is bij deze omstandigheden het koelvermogen dat het plafond door stralingsuitwisseling afgeeft aan de kantoorruimte?

(De convectieve warmteoverdracht wordt dus buiten beschouwing gelaten)

- a. 1,5 W/m²
- b. 15,2 W/m²
- c. 29,2 W/m²
- d. 15,4 W/m²
- e. 29,4 W/m²

Uitwerking:

De warmteoverdracht door straling tussen twee vlakken vinden we uit (zie blz. 5 Bouwfysicaboek, 8^e druk):

$$Q = [(\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2) / (\varepsilon_1 + \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 + \varepsilon_2)] \cdot 56,7 \cdot 10^{-9} \cdot (T_1^4 - T_2^4) =$$

$$[(0,95 \cdot 0,89) / (0,95 + 0,95 \cdot 0,89 + 0,89)] \cdot 56,7 \cdot 10^{-9} \cdot (297^4 - 291^4) = 29,4 \text{ W/m}^2.$$

Vraag 12

Gegeven een gebouw met een volledig houten constructie, vloeren en wanden.

In totaal is er 7500 kg massief hout in de constructie verwerkt.

Het verwarmingssysteem heeft een vermogen van 4000 W.

Hoelang duurt het ongeveer voordat de hele constructie gemiddeld 1 graad is opgewarmd als het verwarmingssysteem wordt aangezet?

Neem aan dat het hele verwarmingsvermogen wordt gebruikt voor het opwarmen van het hout en dat er geen warmteverlies naar buiten is. Alle andere thermische massa in het gebouw wordt verwaarloosd.

- a. Ongeveer een half uur
- b. **Ongeveer 1 uur**
- c. Ongeveer 2 uur
- d. Ongeveer 3 uur
- e. Ongeveer 6 uur

Uitwerking:

Uit tabel 10 (tabellenboekje) halen we de volgende waarde voor de soortelijke warmte van het hout: $c = 1880 \text{ J/kg.K}$

De hoeveelheid in de constructie opgenomen warmte vind je uit (zie boek Bouwfysica (8^e druk) paragraaf 1.4): $Q = m \cdot c \cdot \Delta T \text{ (J)} = 7500 \cdot 1880 \cdot 1 = 14,1 \cdot 10^6 \text{ J}$

Het verwarmingsysteem levert 4000 J/s. Er zijn dus $14,1 \cdot 10^6 / 4000 = 3525 \text{ s}$ nodig, ofwel ongeveer een uur om de massa 1 °C op te warmen.

Vraag 13

Gegeven een ruimte met een betonnen vloeren en steenachtige wanden.

In totaal is er 30000 kg steenachtig materiaal aanwezig.

Het verwarmingssysteem heeft een vermogen van 7000 W.

Hoelang duurt het ongeveer voordat de hele constructie gemiddeld 2 graden is opgewarmd als het verwarmingssysteem wordt aangezet?

Neem aan dat het hele verwarmingsvermogen wordt gebruikt voor het opwarmen van de constructie en dat er geen warmteverlies naar buiten is.

- a. Ongeveer een half uur
- b. Ongeveer 1 uur
- c. **Ongeveer 2 uur**
- d. Ongeveer 3 uur
- e. Ongeveer 6 uur

Uitwerking:

$$C_{\text{steen}}=840\text{J/kgK} \quad \Delta T=2\text{K}$$

$$Q_{\text{acc}}=30000 \cdot 840 \cdot 2=50400000\text{J}$$

$$T=Q_{\text{acc}}/q=5040000\text{J}/7000\text{J/s} \rightarrow T=7200\text{sec} \rightarrow T=7200/3600=2 \text{ uur. Antwoord c is goed}$$

Vraag 14

Koelplafonds worden doorgaans niet kouder gemaakt dan 15 à 16 °C.

Wat is daarvoor de belangrijkste reden?

- Energiebesparing
- Voorkoming van gezondheidsklachten
- Voorkoming van oppervlaktecondensatie**
- Voorkoming van comfortklachten

Uitwerking:

Als de capaciteit van het koelplafond hiermee lager blijft dan nodig zou zijn om op de warmste dagen de ontwerptemperatuur van het vertrek te realiseren geeft het beperken van de "ondertemperatuur" natuurlijk ook wat energiebesparing. Je kunt dan spreken van "topkoeling".

Maar dat wordt hier niet bedoeld. Ook uit oogpunt van comfort moet de stralingstemperatuur van de "bovenste halve bol die je waarneemt" niet veel meer dan 5 °C afwijken van de onderste, maar dat is niet zo snel het geval omdat er meer vlakken meespelen dan alleen het plafond (zie paragraaf 5.4 in het boek Bouwfysica). Gezondheidsklachten zijn niet aan de orde.

Bij een buitentemperatuur van bijvoorbeeld 28 °C en 50% relatieve vochtigheid bijvoorbeeld is de dauwpuntstemperatuur van de lucht ca. 16,5 °C. Op echt warme zomerdagen moet de temperatuur van het plafond dus zelfs nog wat meer naar boven worden bijgesteld om oppervlaktecondensatie te vermijden.

Vraag 15

In een ruimte wordt gekoeld met koelplafonds.

Het medium hierin is gekoeld water ($c = 4200 \text{ J/kg.K}$).

Om koeling van 2800 W te realiseren bij een temperatuurverschil tussen toevoer en retour van 6K, is een debiet nodig van:

- 0,11 dm³/s**
- 0,11 dm³/h
- 0,11 m³/s
- 0,11 m³/h

Uitwerking:

$$Q = \rho \cdot c \cdot \Delta T \cdot v \rightarrow v = Q / (\rho \cdot c \cdot \Delta T) \quad (v = \text{het benodigde debiet aan water})$$

Hierin is $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ de dichtheid van de water, $c = 4200 \text{ J/kg.K}$ de soortelijke warmte van lucht, $\Delta T = 6 \text{ }^\circ\text{C}$ het temperatuurverschil, v het debiet, en $Q = 2800 \text{ W}$ de af te voeren warmtelast.

Alles invullen levert voor het gevraagde debiet aan koelwater:

$$v = 2800 / (1000 \cdot 4200 \cdot 6) = 0,000111 \text{ m}^3/\text{s} = 0,11 \text{ dm}^3/\text{s}$$

Vraag 16

Wat is het verschil tussen een convector en een radiator?

- Beide geven warmte af, maar een convector zorgt ook voor ventilatie
- Een radiator geeft alleen warmte door straling af, een convector door straling en convectie
- Een convector geeft alleen warmte door convectie af en een radiator alleen door straling.
- Geen van bovenstaande beweringen is juist

Uitwerking:

Ventilatie betekent "toevoeren van verse lucht". Dat doet een convector niet.

Een radiator geeft ook altijd warmte af door convectie. Bij een enkele plaat is dat het minst.

Straling en convectie zitten daar ongeveer in een verhouding 80/20.

Bij een convector kan het aandeel straling worden verwaarloosd. Misschien wordt de omkasting iets warmer dan de omgeving, maar dat zal niet veel zijn.

Vraag 17

In een tabellenboek van een radiatorfabrikant komen volgende afgiftegegevens voor:

- éénplaats radiator 1300 W/m^2
- éénplaats radiator met convectieribben 1900 W/m^2
- tweeplaatsradiator met convectieribben 2700 W/m^2
- drieplaatsradiator met convectieribben 4500 W/m^2

Wat kun je zeggen over de verdeling tussen de via straling en de via convectie afgegeven warmte: % straling / % convectie (welke van de volgende uitspraken is juist)?

N.B. voor radiator 1 geldt ongeveer straling/convectie = 80/20

- a. 1 - 50/50; 3 - 60/40; 4 - 70/30
- b. 2 - 55/45; 3 - 40/60; 4 - 25/75
- c. 1 - 80/20; 2 - 75/25; 3 - 65/35
- d. 1 - 30/70; 3 - 40/60; 4 - 50/50



Uitwerking:

Van radiator 1 naar 4 moet het aandeel straling teruglopen omdat de convectie meer wordt. Dus vallen mogelijkheid a en d af.

Het stralend oppervlak van de radiatoren blijft gelijk, dus ook bij benadering de stralingsafgifte. De toename van de warmteafgifte zit dus vooral in het convectiedeel.

Bij 4 is er t.o.v. 1 wel 3200 Watt, voornamelijk convectie bijgekomen; dit convectiedeel is ca. 3 maal zo groot als het stralingsaandeel, dus kan het c niet zijn. Juiste antwoord is d.

Je kunt uitgaande van 80/20 voor 1 en aannemende dat het stralingsaandeel gelijk blijft e.e.a. ook uitrekenen.

1.	1300	1040/260	80/20
2.	1900	1040/860	55/45
3.	2700	1040/1660	40/60
4.	4500	1040/3460	25/75