

## A3.1 Oefenvraagstukken Warmte & Vocht: Warmteaccumulatie (20250101)

### Vraag 1

In een vergaderzaal zitten 12 personen die een warmteafgifte hebben van 100 W, in totaal dus 1200 W. De verlichting brengt een vermogen van 500 W in de ruimte.

Het is bewolkt weer; warmtetoetreding door zoninstraling wordt daarom verwaarloosd.

Er wordt geventileerd met buitenlucht  $\phi = 600 \text{ m}^3/\text{h}$ .

De buitentemperatuur is  $T_e = 13^\circ\text{C}$ . Ga uit van een stationaire situatie.

Verder gegevens:  $\rho_{\text{lucht}} = 1,2 \text{ kg/m}^3$ ;  $c_{\text{lucht}} = 1000 \text{ J/kg.K}$

### Vraag 1a

Welke uitspraak is waar?

- Zonder verwarming is het veel te koud in het vertrek ( $T_i = 13,8^\circ\text{C}$ )
- Zonder verwarming blijft het te koud in het vertrek ( $T_i = 16^\circ\text{C}$ )
- Zonder verwarming gaat het net niet ( $T_i = 19^\circ\text{C}$ )
- Zonder verwarming wordt het zelfs behaaglijk ( $T_i = 21 - 22^\circ\text{C}$ )
- Het wordt warm in het vertrek ( $T_i > 23^\circ\text{C}$ )

### Uitwerking:

Voor de warmtebalans gaat het om de toegevoerde en de afgevoerde warmte.

$$Q = \rho \cdot c \cdot \Delta T \text{ J/m}^3 \rightarrow \text{met ventilatie: } q = \phi \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta T / 3600 \text{ W}$$

$$q_{\text{in}} = q_{\text{uit}} \gg q_{\text{personen}} + q_{\text{verlichting}} = \phi \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta T / 3600 \text{ dus } \Delta T = q_{\text{in}} \cdot 3600 / \phi \cdot \rho \cdot c \text{ [}^\circ\text{C]}$$

De ventilatiehoeveelheid is gegeven in  $\text{m}^3/\text{h}$ . De warmteafvoer moet echter ook in Watt worden berekend (joule per seconde) vandaar de 3600 in de berekening.

$$\Delta T = (1200 + 500) \cdot 3600 / 600 \cdot 1,2 \cdot 1000 = 8,5 \text{ dus } T_i = T_e + \Delta T = 13 + 8,5 = 21,5^\circ\text{C}$$

### Vraag 1b

Als de lucht naar een vertrek ( $\phi = 600 \text{ m}^3/\text{h}$ ) mechanisch wordt toegevoerd zijn (bij een maximale luchtsnelheid in het kanaal van  $v = 3,6 \text{ m/s}$ ) de volgende kanaalafmetingen nodig:

- Eén rond kanaal met een diameter van 220 mm
- Twee ronde kanalen, elk met een diameter van 175 mm
- Een rechthoekig kanaal van 120 x 300 mm
- Twee rechthoekige kanalen, elk van 150 x 200 mm
- Een vierkant kanaal van 180 x 180 mm

### Uitwerking

De benodigde kanaaldoorsnede volgt uit:  $\phi \text{ [SI]} = v \cdot A \text{ m}^3/\text{s}$  dus  $A = \phi \text{ [SI]} / v$ .

$$A = (600/3600) / 3,6 = 0,0463 \text{ m}^2, \text{ of wel } A = 46300 \text{ mm}^2.$$

De kanaaldoorsnede bij de verschillende antwoordmogelijkheden is:

- a.  $A = \pi \cdot r^2 = 3,14 \cdot 110^2 = 37994 \text{ mm}^2$ ;
- b.  $A = 2 \cdot 3,14 \cdot 87,5^2 = 48081 \text{ mm}^2$ ;
- c.  $A = 120 \cdot 300 = 36000 \text{ mm}^2$ ;
- d.  $A = 2 \cdot 150 \cdot 200 = 60000 \text{ mm}^2$ ;
- e.  $A = 180 \cdot 180 = 32400 \text{ mm}^2$ .

Antwoord b is het juiste antwoord, de doorsnede is iets groter dan nodig, maar er moet nu eenmaal uit handelsafmetingen worden gekozen; de andere voorstellen wijken te veel af.

### **Vraag 2**

In een vertrek heerst een (stationaire) evenwichtssituatie.

Nu verlaten we de stationaire situatie en gaan kijken wat er gebeurt als de zon gaat schijnen, waardoor er vanaf een bepaald tijdstip 1500 W extra aan warmte het vertrek binnenkomt.

Ga ervan uit dat deze extra warmte volledig wordt opgeslagen in de eerste 10 mm van de wand en vloerconstructie.

Verdere gegevens:

- Vloer: 40 m<sup>2</sup> kale beton ( $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$ ), alleen geverfd
- Wanden: 50 m<sup>2</sup> gipskartonplaten ( $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ), alleen geverfd

### **Hoeveel is de temperatuur van de constructie bij benadering gestegen na 1 uur?**

N.B. In werkelijkheid wordt de warmte afvoer bij stijgende temperatuur groter en wordt daardoor de temperatuurstijging beperkt. Daarmee houden we nu echter even geen rekening.

- a. 1,7 °C
- b. 2,5 °C
- c. 3,3 °C
- d. 3,6 °C
- e. 4,3 °C

### Uitwerking:

Eerst berekenen we de massa die wordt opgewarmd

$$M_{\text{beton}} = 0,01 \cdot 40 \cdot 2500 = 1000 \text{ kg}; M_{\text{gips}} = 0,01 \cdot 50 \cdot 1000 = 500 \text{ kg}.$$

Omdat beide materialen dezelfde soortelijke warmte hebben kunnen we ze samennemen.

Q is de toegevoerde warmte in het eerste uur  $Q = 1500 \cdot 3600 \text{ J}$ ;  $c = 840 \text{ J/kg.K}$

De opwarming volgt uit  $Q = M \cdot c \cdot \Delta T$

$\Delta T = Q / M \cdot c = 1500 \cdot 3600 / 1500 \cdot 840 = 4,3 \text{ }^\circ\text{C}$

### Vraag 3



Beschouw een tijdelijk tentgebouw zoals op de foto hiernaast. De tent kan worden uitgevoerd met een lichte geïsoleerde vloer, maar als er een bestrating van betontegels ligt kan de vloer ook achterwege blijven. De geïsoleerde vloer zorgt in koude perioden voor een beter comfort en een verminderd energieverbruik voor verwarming.

De gemiddelde U-waarde van de tent is  $5 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Welke van de volgende stellingen is onjuist?

- a. Als de vloer van de tent niet geïsoleerd is, zal de temperatuur stabiel zijn.
- b. Met een geïsoleerde vloer is zowel de gemiddelde temperatuur als de maximumtemperatuur in de zomer hoger.
- c. De in koude perioden met de geïsoleerde vloer te bereiken energiebesparing, uitgedrukt in MJ, is sterk afhankelijk van de U-waarde van de tent.
- d. Met een geïsoleerde vloer warmt de ruimte sneller op.

#### Uitwerking

- a. Juist. Er is dan meer warmteaccumulatie door de massa van de grond.
- b. Juist. Er is dan minder warmteaccumulatie.
- c. Onjuist. In alle gevallen zal met de temperatuur binnen op een bepaalde waarde houden, bijvoorbeeld  $20^\circ\text{C}$ . De binnentemperatuur is de enige grootheid die invloed heeft op het warmteverlies naar de bodem.
- d. Juist. De bodem (grond) wordt minder mee opgewarmd en de oppervlaktetemperatuur van de isolatielaag is eerder op een goed niveau.

### Vraag 4

Deze vraag gaat over een glazen borstweringspaneel zoals op de foto.

Het paneel bestaat uit een donkere niet transparante glasplaat met daar achter een isolatiepakket. Als er zon op het paneel valt kan de oppervlaktetemperatuur van het paneel bij windstil weer in de zomer stijgen tot 65 °C.



Borstweringspanelen

Het paneel heeft een breedte van 1,25 meter.

De lineaire uitzettingscoëfficiënt van het glas is  $9 \cdot 10^{-6}$ .

**Wat is het maximale lengteverschil van het paneel over een heel jaar, waarmee bij de plaatsing en detaillering rekening gehouden moet worden?**

- a. 0,5 mm
- b. 0,75 mm
- c. 0,9 mm
- d. 2,0 mm
- e. 9,0 mm

#### Uitwerking

Voor de wintersituatie moet worden gerekend met een maatgevende minimumtemperatuur van circa -15 °C.

Lengteverandering is:  $L \cdot \alpha \cdot \Delta T$

$$L = 1,25 \text{ m}$$

$$\alpha = 9 \cdot 10^{-6}$$

$$\Delta T = 65 - (-15) = \text{ca. } 80 \text{ K}$$

$$\text{Lengteverandering} = 1,25 * 80 * 9 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 0,9 \text{ mm}$$

Antwoord b 0,75 mm is niet goed omdat daarbij geen rekening is gehouden met de minimumtemperatuur in de winter.

### Vraag 5

Gegeven een goed geïsoleerde woning met een volume van  $300 \text{ m}^3$ . De woning heeft een totale raamoppervlakte op het zuiden en oosten van  $25 \text{ m}^2$ . Gedurende een etmaal op een onbewolkte dag in de zomer komt er door de ramen totaal  $48000 \text{ W.h} = 172,8 \text{ MJ}$  aan zonnewarmte binnen. De gemiddelde warmtestroom door de binnenkomende zon is dus  $48000 \text{ W.h} / 24 \text{ h} = 2000 \text{ W}$ .

### Vraag 5a

De woning wordt continu met buitenlucht geventileerd.

We nemen aan dat er in de woning betonnen vloeren en wanden aanwezig zijn met thermisch werkzame massa van  $25000 \text{ kg}$ .

**Als de helft van alle zonnewarmte die gedurende een dag binnenkomt ( $0,5 \cdot 48000 = 24000 \text{ W.h}$ ) wordt opgeslagen in de betonnen vloeren en wanden, hoeveel graden stijgt deze dan in temperatuur?**

- a.  $0,5 \text{ }^\circ\text{C}$
- b.  $1 \text{ }^\circ\text{C}$
- c.  $2 \text{ }^\circ\text{C}$
- d.  $4 \text{ }^\circ\text{C}$**
- e.  $8 \text{ }^\circ\text{C}$

### Uitwerking

Warmteaccumulatie Bouwfysicaboek (8<sup>e</sup> druk) paragraaf 1.4 vanaf blz. 15.

Hoeveelheid opgeslagen warmte:  $Q = \rho \cdot c \cdot V \cdot \Delta T$

Waarbij:

$\rho \cdot V =$  thermisch werkzame massa =  $25000 \text{ kg}$  (gegeven)

$c =$  soortelijke warmte van beton =  $840 \text{ J/kg.K}$  (tabellenboekje)

$\Delta T =$  opwarming in graden

De hoeveelheid opgeslagen zonnewarmte is  $0,5 \cdot 2000 \text{ W} \cdot 24 \text{ h}$  dat is omgerekend  $86,4 \text{ MJ}$ .

$$\Delta T = Q / (\rho \cdot c \cdot V) = 86,4 \cdot 10^6 / (25000 \cdot 840) = 4,1 \text{ K}$$

### Vraag 5b

Vervolgvraag op vraag 5a.

**Welke van de onderstaande beweringen is *niet* juist?**

- a. Als de transmissieverliezen wel worden meegerekend neemt het benodigde ventilatievoud enigszins af.
- b. Het is in de zomer effectiever om 's nachts meer te ventileren dan overdag in plaats van de hele dag op hetzelfde niveau.
- c. In het algemeen kan zonwering achterwege gelaten worden als er voldoende thermische massa is om de binnenkomende zonnewarmte op te slaan.**

- d. Gezien de binnenkomende hoeveelheid zonnewarmte zijn de ramen in dit geval voorzien van overstekken of een andere vorm van zonwering.

### Uitwerking

Als het binnen warmer is dan buiten zorgen de transmissieverliezen voor extra koeling en hoeft er dus minder geventileerd te worden om hetzelfde temperatuurverschil in stand te houden, a is correct.

's Nachts is de buitentemperatuur lager dan overdag, dus er kan dan meer warmte afgevoerd worden, b is correct.

Ook met een hoge thermische massa is zonwering noodzakelijk. Met thermische massa kunnen slechts relatief korte perioden met een warmteoverschot worden overbrugd (hooguit enkele dagen). Dat kan ook worden afgeleid uit het antwoord op vraag 21, waar bij een relatief zware woning de gemiddelde betontemperatuur op één dag al 4 graden kan stijgen, c is dus niet juist.

De binnenkomende zonnewarmte is 2000 W door 25 m<sup>2</sup> ramen. Dat is gemiddeld 80 W/m<sup>2</sup>. Uit figuur 7.1 op blz. 118 van het Bouwfysicaboek (8<sup>e</sup> druk) blijkt dat de opvallende zonstraling gemiddeld over de dag voor een zuid- en oostgevel minstens een factor twee of drie hoger is. Kennelijk is er dus een vorm van zonwering of overstekken aanwezig, d is correct.

### **Vraag 6**

Een leegstaande woning is gedurende een lange periode in de winter niet in gebruik geweest en is afgekoeld tot 5 °C.

De vloeren en wanden van de woning bestaan uit steenachtig materiaal met een totaalgewicht van 50000 kg.

De verwarming heeft een vermogen van 23 kW en deze wordt op vol vermogen aangezet om de woning weer op te warmen.

### **Hoeveel zijn de vloeren en wanden gemiddeld in temperatuur gestegen als de verwarming 1 uur heeft aangestaan?**

Neem aan dat gedurende het eerste uur dat de verwarming aan staat het gehele verwarmingsvermogen wordt opgenomen door de vloeren en wanden en dat de thermische massa van de lucht en de overige objecten in de woning verwaarloosd mag worden.

- a. 1 °C
- b. 2 °C**
- c. 3 °C
- d. 4 °C
- e. 5 °C

Uitwerking:

$$Q = \rho * c * d * \Delta T \rightarrow$$

$$\rho = 2100 \text{ kg/m}^3 \rightarrow \rho * d = 50000$$

$$c = 840 \text{ J/kg.K}$$

$$23 \text{ kW} = 23000 \text{ J/s}, 1 \text{ uur is } 3600 \text{ sec.}$$

$$23000 * 60 * 60 \text{ sec} = 50000 * 840 * \Delta T \rightarrow \Delta T = 1,9 \text{ }^\circ\text{C} = \sim 2 \text{ }^\circ\text{C}$$

### Vraag 7

Gegeven een lange bakstenen buitenmuur met een lengte van 40 meter. In de zomer wordt deze muur niet door de zon beschenen.

**Hoe groot is de maximale lengteverandering van deze muur gedurende het jaar?**

- a. Circa 6 mm
- b. Circa 9 mm**
- c. Circa 15 mm
- d. Circa 20 mm
- e. Circa 30 mm

Uitwerking:

$$T_{\min} = -10 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{\max} = 35 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\alpha_{\text{baksteen}} = 5 * 10^{-6} \text{ m/m.K} \rightarrow \Delta L = 5 * 10^{-6} * 45 * 40 \text{ m} = 9 * 10^3 * 10^{-6} \text{ m} = 9 \text{ mm}$$

### Vraag 8

Een zon absorberende ruit kan, als die vol door de zon wordt beschenen, een temperatuur van 65 °C krijgen. De ruit heeft een afmeting van 3,0 \* 1,5 m<sup>2</sup>.

Het glas heeft een uitzettingscoëfficiënt van 7,6.10<sup>-6</sup> m/(m.K).

**Wat is de maximale mogelijke lengteverandering van deze ruit over een jaar?**

Ga daarbij uit van extreme weersomstandigheden die in Nederland voorkomen.

- a. Circa 0,2 mm
- b. Circa 0,5 mm
- c. Circa 1 mm
- d. Circa 1,6 mm**
- e. Circa 2 mm

Uitwerking:

$$7,6 \cdot 10^{-6} * 70 (\Delta T) * 3 \text{ (grootste lengte)} = 1,596 \text{ mm}$$

PM. je kan ook de diagonaal nemen, dan is het 1,75 mm.

### Vraag 9

Welk van de onderstaande beweringen is kenmerkend voor een grotwoning?

- a. De binnentemperatuur is gelijk aan het jaargemiddelde van het lokale klimaat.
- b. Het is binnen kouder dan het jaargemiddelde van het klimaat ter plekke.
- c. Het is binnen warmer dan het jaargemiddelde van het klimaat ter plekke.

Uitwerking:

Doordat de woning ver onder de grond licht zal de temperatuur een stabiel binnenklimaat hebben dat gelijk is aan de gemiddelde temperatuur door het jaar heen.

### Vraag 10

Gegeven een buitenmuur van donkere baksteen. Als deze muur in de zomer door de zon wordt beschenen kan de temperatuur oplopen tot 75 °C. Om scheurvorming als gevolg van uitzetting en krimp te voorkomen worden dilatatievoegen in het metselwerk aangebracht, zie figuur 1.



Figuur 1 Dilatatievoeg in metselwerk

Als de maximale toelaatbare lengteverandering (over een heel jaar) van een muursegment 3 mm is, hoe groot mag dan de afstand tussen twee dilatatievoegen maximaal zijn?

- a. Circa 7 m
- b. Circa 10 m
- c. Circa 16 m
- d. Circa 25 m
- e. Circa 40 m

Uitwerking:

$$\alpha_{\text{baksteen}} = 5 * 10^{-6} \text{ m/m.K}$$

$$\Delta T = 75 + 10 = 85 \text{ °C}$$

$$\Delta L = 5 * 10^{-6} * 85 * x \text{ m} \rightarrow 0,003 = 425 + 10^{-6} * x \rightarrow x = 0,003 / 425 + 10^{-6} \rightarrow$$



$$x = \sim 7\text{m}$$

### Vraag 11

Gegeven een buitenmuur van donkere baksteen. In deze muur zijn om de 12 meter verticale dilatatievoegen aangebracht. Bij een temperatuur van 15 °C is de dilatatievoeg 3 mm breed.



**Hoe hoog mag de temperatuur van de baksteen worden in de zomer voordat de dilatatievoeg dicht is door de uitzetting?**

- a. Circa 25°C
- b. Circa 35°C
- c. Circa 50°C
- d. Circa 65°C
- e. Circa 80°C

*Uitwerking:*

$$\Delta L = 5 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta T \cdot 12 \text{ m} \rightarrow \Delta T = 0,003 / (5 \cdot 10^{-6} \cdot 12) = 50 \text{ °C} \rightarrow$$

$$T = 50 + 15 = 65 \text{ °C}$$

### Vraag 12

Gegeven een buitenmuur van donkere baksteen. Als de muur door de zon wordt beschenen kan de temperatuur oplopen tot 75°C.



De muur wordt gemetseld bij een buitentemperatuur van 10°C.

Om de 12 meter wordt een dilatatievoeg aangebracht.

**Hoe breed moet de metselaar deze voeg minimaal maken om de uitzetting in de zomer te kunnen opvangen?**

- a. Circa 2 mm
- b. Circa 4 mm
- c. Circa 6 mm
- d. Circa 10 mm
- e. Circa 20 mm

*Uitwerking:*

Zie paragraaf 1.6 van het boek Bouwfysica (8<sup>e</sup> druk) en/of tabel 5 van het tabellenboekje.

De lineaire uitzettingscoëfficiënt van baksteen is  $\alpha = 5 \cdot 10^{-6}$  (m/m.K).

De totale uitzetting over 12 m en 65 °C is  $\Delta L = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 12 \cdot 65 \cdot 1000 = 3,9 \text{ mm}$ .

### Vraag 13

Beschouw een gebouw dat niet wordt gekoeld.

**Als de thermische massa van dit gebouw wordt vergroot door dikkere binnenwanden en vloeren toe te passen, wat gebeurt er dan met de binnentemperatuur in de zomer?**  
Neem aan dat verder alle gebouweigenschappen en omstandigheden gelijk blijven.

- a. De gemiddelde temperatuur en de minimumtemperatuur gaan omlaag
- b. De gemiddelde temperatuur gaat omlaag en minimumtemperatuur gaat omhoog
- c. De gemiddelde temperatuur gaat omlaag en de minimumtemperatuur blijft gelijk
- d. De gemiddelde temperatuur blijft gelijk en de minimumtemperatuur gaat omhoog**
- e. De gemiddelde temperatuur en de minimumtemperatuur blijven gelijk

#### Uitwerking:

De buitentemperatuur, de zonstraling en de interne warmteontwikkeling blijven gelijk. De gemiddelde temperatuur dus ook. De variatie (dag/nacht) wordt echter kleiner.

Dat betekent dat de maximum binnentemperatuur (in de zomer) lager wordt en de minimumtemperatuur (in de winter) hoger.

### Vraag 14

Gegeven een gevelsysteem met een buitenbeplating van gecoat aluminium. Met een donkere coating kan de temperatuur van de beplating oplopen tot 75 °C.

De platen hebben een breedte van 1100 mm en kunnen worden geleverd met een lengte van maximaal 12 m.

**Wat is de maximale lengteverandering gedurende een jaar waar rekening mee gehouden moet worden als platen met een lengte van 12 m aan een gevel worden gemonteerd?**

- a. Circa 6 mm
- b. Circa 10 mm
- c. Circa 13mm
- d. Circa 21 mm
- e. Circa 25 mm**



Uitwerking:

$$\Delta L = 23 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta T \cdot 12 \text{ m} = 23 \cdot 10^{-6} \cdot 85 \cdot 12 = 0,02346 \text{ m} = \sim 25 \text{ mm}$$

### Vraag 15

Bij warm weer komt het nog wel eens voor dat een stalen beweegbare brug door uitzetting vast komt te zitten.

Beschouw een stalen draaibrug met een lengte van 20 meter.

De brug kan bij extreem warm en zonnig weer een gemiddelde temperatuur van 50 graden krijgen.

**Wat is bij de maximale lengteverandering van deze brug als gevolg van uitzetting waarmee bij het ontwerp rekening gehouden moet worden (dus de maximale lengteverandering over een heel jaar)?**

- a. Circa 10 mm
- b. Circa 4 mm
- c. Circa 8 mm
- d. Circa 16 mm**
- e. Circa 12 mm

Uitwerking:

Beschouwd moet worden het gehele temperatuurtraject van zomer tot winter. Voor de zomer is de hoogste temperatuur gegeven. Voor de winter moet je ook uitgaan van de laagste temperatuur. Voor Nederland is dat -15 à -20 °C. Daarmee wordt het totale temperatuurverschil dus 65 - 70 °C. In tabel 5, tabellenboekje bij boek Bouwfysica vind je voor de lineaire uitzettingscoëfficiënt van staal  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$ .

Daarmee vind je voor het lengteverschil tussen zomer en winter  $\Delta l = \alpha \cdot l \cdot \Delta T = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 20 \cdot 65 = 0,0156 \text{ m}$  of bij  $\Delta T = 70 \text{ °C} \rightarrow \Delta L = 0,0168 \text{ m}$ .

### Vraag 16

Gegeven de soortelijke warmte van water:  $c_{\text{water}} = 4200 \text{ J/kg.K}$ .

**Van welk materiaal is p.c, de warmteopslagcapaciteit per eenheid van volume uitgedrukt in  $\text{J/m}^3\text{K}$ , ongeveer gelijk aan die van water?**

- a. Beton (verdicht, gewapend)
- b. Graniet
- c. IJzer**
- d. Hardboard

*Uitwerking:*

Zie tabel 10 tabellenboekje boek Bouwfysica.

Water:	$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$	$c = 4200 \text{ J/kg.K}$	$\rho.c = 4,2 \text{ MJ/m}^3.\text{K}$
Beton:	$\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$	$c = 840 \text{ J/kg.K}$	$\rho.c = 2,1 \text{ MJ/m}^3.\text{K}$
Graniet:	$\rho = 3000 \text{ kg/m}^3$	$c = 840 \text{ J/kg.K}$	$\rho.c = 2,5 \text{ MJ/m}^3.\text{K}$
IJzer:	$\rho = 7900 \text{ kg/m}^3$	$c = 530 \text{ J/kg.K}$	$\rho.c = 4,2 \text{ MJ/m}^3.\text{K}$
Hardboard:	$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$	$c = 1680 \text{ J/kg.K}$	$\rho.c = 1,7 \text{ MJ/m}^3.\text{K}$

**Vraag 17**

In een vertrek heerst een (stationaire) evenwichtssituatie.

Nu verlaten we de stationaire situatie en gaan kijken wat er gebeurt als de zon gaat schijnen, waardoor er vanaf een bepaald tijdstip 1500 W extra aan warmte het vertrek binnenkomt.

Ga ervan uit dat deze extra warmte volledig wordt opgeslagen in de eerste 10 mm van de wand en vloerconstructie.

Verdere gegevens:

- Vloer: 40 m<sup>2</sup> kale beton ( $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$ ), alleen geveerd
- Wanden: 50 m<sup>2</sup> gipskartonplaten ( $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ), alleen geveerd

**Hoeveel is de temperatuur van de constructie bij benadering gestegen na 1 uur?**

N.B. In werkelijkheid wordt de warmte afvoer bij stijgende temperatuur groter en wordt daardoor de temperatuurstijging beperkt. Daarmee houden we nu echter even geen rekening.

- a.  $\Delta T = 6,7 \text{ }^\circ\text{C}$
- b.  $\Delta T = 4,3 \text{ }^\circ\text{C}$
- c.  $\Delta T = 1,4 \text{ }^\circ\text{C}$
- d.  $\Delta T = 2,8 \text{ }^\circ\text{C}$

*Uitwerking:*

Eerst berekenen we de massa die wordt opgewarmd:  $M_{\text{beton}} = 0,01.40.2500 = 1000 \text{ kg}$ ;  $M_{\text{gips}} = 0,01.50.1000 = 500 \text{ kg}$ .

Omdat beide materialen dezelfde soortelijke warmte hebben, kunnen we ze samennemen.

Q is de toegevoerde warmte in het eerste uur  $Q = 1500.3600 \text{ J}$ ;  $c = 840 \text{ J/kg.K}$

De opwarming volgt uit  $Q = M.c.\Delta T$

$$\Delta T = Q/M.c = 1500.3600/1500.840 = 4,3 \text{ }^\circ\text{C}.$$