

## B1. Oefenvraagstukken Energiebesparing – Algemeen (20250206)

### Vraag 1

Beschouw twee constructies: één met 50 mm isolatiemateriaal en één met 100 mm.

Uitgangspunten:

- constructie met 50 mm isolatie  $U = 0,32 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- constructie met 100 mm  $U = 0,21 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- lengte stookseizoen 200 dagen
- gemiddeld temperatuurverschil tussen binnen en buiten  $\Delta T = 10 \text{ }^\circ\text{C}$
- oppervlakte van de constructie  $100 \text{ m}^2$
- met  $1 \text{ m}^3$  aardgas kan door de verwarmingsinstallatie effectief  $30 \text{ MJ}$  warmteverlies worden gedekt.

### Vraag 1a

Wat is het verschil in warmteverlies tussen de twee constructies over het gehele stookseizoen voor de gehele constructie ( $100 \text{ m}^2$ ) uitgedrukt in MJ?

- 528 MJ
- 684 MJ
- 1536 MJ
- 1900 MJ
- 5530 MJ

### Uitwerking

Specifiek gemiddeld warmteverlies in  $\text{W/m}^2$ :  $q = U \cdot \Delta T_{\text{gem}}$

Warmteverlies over een oppervlakte van  $100 \text{ m}^2$  gedurende een periode van 200 dagen:  $Q = U \cdot \Delta T_{\text{gem}} [\text{W/m}^2] \cdot 100 [\text{m}^2] \cdot 200 [\text{dag}] \cdot 24 [\text{uur/dag}] \cdot 3600 [\text{s/uur}] = [\text{Ws}] = [\text{J}]$

Vershil in warmteverlies is evenredig met verschil in U-waarde:

$$\Delta Q = \Delta U \cdot \Delta T \cdot 100 \cdot 200 \cdot 24 \cdot 3600 = (0,32 - 0,21) \cdot 10 \cdot 100 \cdot 200 \cdot 24 \cdot 3600 = 0,11 \cdot 10 \cdot 100 \cdot 200 \cdot 24 \cdot 3600 = 1,9 \cdot 10^9 \text{ J} = 1900 \text{ MJ} = 1,9 \text{ GJ}$$

### Vraag 1b

Wat is het verschil in gasgebruik uitgedrukt in  $\text{m}^3$ ?

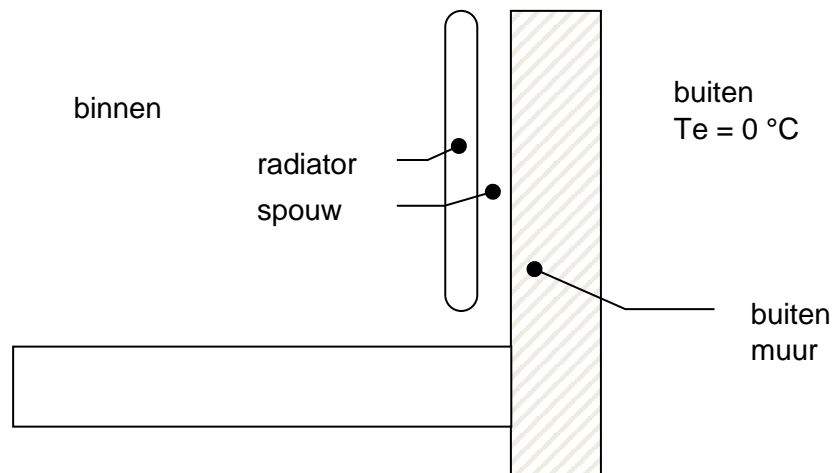
- $57 \text{ m}^3$
- $63 \text{ m}^3$
- $72 \text{ m}^3$
- $126 \text{ m}^3$
- $228 \text{ m}^3$

Uitwerking

$$\text{Gasverbruik} = Q \text{ [MJ]} / 30 \text{ [MJ/m}^3\text{]} = 1900 / 30 = 63 \text{ m}^3$$

**Vraag 2**

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  $R_c = 0,29 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
- warmteoverdracht in de spouw door geleiding en convectie:  $\alpha_{g+c} = 2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
- warmteoverdracht in de spouw door straling:  $\alpha_s = 4 \cdot \epsilon_{\text{res}} \cdot \sigma \cdot T_{\text{gem}}^3 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{K]}$ , met de aanname  $T_{\text{gem}} \approx 320 \text{ K}$  volgt hieruit  $\alpha_s = 7,4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
- 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 2a**

Wat is de totale warmteweerstand van de spouw?

- a.  $0,088 \text{ m}^2 \text{K/W}$
- b.  $0,106 \text{ m}^2 \text{K/W}$**
- c.  $0,119 \text{ m}^2 \text{K/W}$
- d.  $0,135 \text{ m}^2 \text{K/W}$
- e.  $0,170 \text{ m}^2 \text{K/W}$

Uitwerking

$$R_{\text{sp}} = 1 / (\alpha_c + \alpha_g + \alpha_s) = 1 / (2 + 7,4) = 0,106 \text{ m}^2 \text{K/W (geen geleiding)}$$

**Vraag 2b**

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 °C

Uitwerking

Boek:

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

Hierin is:

$\Delta T_n$  de temperatuursprong over laag  $n$

$R_n$  de warmteweerstand van laag  $n$

$\Delta T$  het temperatuurverschil tussen de lucht aan weerszijden van de constructie

$R_\ell$  de warmteweerstand lucht op lucht van de totale constructie

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.

Omdat de overgangsweerstand buiten ( $R_e$ ) niet is gegeven gaan we uit van de standaardwaarde van 0,04 m<sup>2</sup>K/W (zie Boek):

$$R_l = 0,106 + 0,29 + 0,04 = 0,436$$

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:

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

**Vraag 2c**

Op de muur 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 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  $\alpha_s$  in de spouw een factor 10 kleiner.

$R_{sp}$  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 wordt lager.

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

### Vraag 3

De gevel van een gebouw bestaat voor 30% uit een nageïsoleerde metselwerk muur ( $U = 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ) en voor 70% uit ramen met dubbelglas ( $U = 3 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ).

Men wil het warmteverlies door deze gevel halveren. De ramen kunnen vervangen worden, maar het is onwenselijk om de muur nog verder te isoleren.

**Wat moet de  $U$ -waarde van de nieuwe ramen zijn om het warmteverlies te halveren?**

- a.  $0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
- b.  $1,15 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
- c.  $1,19 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
- d.  $1,35 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
- e.  $1,50 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

#### Uitwerking:

De berekening van de totale warmtestroom volgt uit de gemiddelde  $U$ -waarde van de gevel:  $U_{\text{gevel}} = (A_g \cdot U_g + A_w \cdot U_w) / A_{\text{tot}} = (0,7 \cdot 3 + 0,3 \cdot 0,7) / 1 = 2,31 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ .

Warmteverlies halveren betekent dat  $U_{\text{gevel}} = 2,31 / 2 = 1,155 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ .  $U_g$  wordt dan:  $1,155 = (0,7 \cdot U_g + 0,3 \cdot 0,7) / 1 \rightarrow 1,155 = 0,7 \cdot U_g + 0,21 \rightarrow U_g = (1,155 - 0,21) / 0,7 = 1,35 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ . Dus antwoord d is juist.

### Vraag 4

Een bestaand raam met HR-glas met  $U = 2 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$  wordt vervangen door drielaags glas met een  $U$ -waarde van  $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ .

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  $19 \text{ }^\circ\text{C}$  wordt gehouden.

**Hoeveel vermindert het energieverlies door transmissie via dit raam over een heel stookseizoen?**

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

- a.  $5,4 \text{ m}^3$  aardgas/ $\text{m}^2$
- b.  $8,2 \text{ m}^3$  aardgas/ $\text{m}^2$
- c.  $10,2 \text{ m}^3$  aardgas/ $\text{m}^2$

- d. 11,2 m<sup>3</sup> aardgas/m<sup>2</sup>
- e. 13,7 m<sup>3</sup> aardgas/m<sup>2</sup>

**Uitwerking:**

De verbetering van de U-waarde is  $\Delta U = 2 - 0,8 = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

De vermindering van het warmteverlies wordt dus per m<sup>2</sup>:  $\Delta q = \Delta T \cdot \Delta U = 14 \cdot 1,2 = 16,8 \text{ W}/\text{m}^2$ , ofwel  $16,8 \text{ J}/\text{s} \cdot \text{m}^2$ . Voor het hele stookseizoen moet dus worden vermenigvuldigd met het aantal seconden in dit stookseizoen zodat volgt  $\Delta Q = \Delta q \cdot t = 16,8 \cdot 200 \cdot 24 \cdot 3600 = 290,3 \cdot 10^6 \text{ J} = 290,3 \text{ MJ}$ . In m<sup>3</sup> is dit dus:  $290,3 / 35,2 = 8,2 \text{ m}^3$ . Dus antwoord b is juist.

**Vraag 5**

De gevel van een gebouw bestaat voor 50% uit een geïsoleerde muur ( $U = 0,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ) en voor 50% uit ramen met HR++-glas ( $U = 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ).

Men wil het warmteverlies door deze gevel halveren, maar het is niet mogelijk om beter isolerend glas te plaatsen.

**Wat moet de U-waarde van de muur worden om het warmteverlies door de gevel te halveren?**

- a. 0,20 W/(m<sup>2</sup>·K)
- b. 0,10 W/(m<sup>2</sup>·K)
- c. 0,80 W/(m<sup>2</sup>·K)
- d. 0,50 W/(m<sup>2</sup>·K)
- e. Het is niet mogelijk om op deze manier het warmteverlies te halveren

**Uitwerking:**

De totale U-waarde is nu  $0,4 + 1 = 1,4 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ . Deze moet naar  $50\% = 0,7 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ . Echter de U-waarde van het glas blijft  $1 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ . Dus dit is niet mogelijk. Antwoord e is goed

**Vraag 6**

Een ongeïsoleerd dak met een U-waarde van  $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  wordt geïsoleerd met een pakket isolatie met  $R = 3 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ . De U-waarde van het dak wordt daardoor  $0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

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  $19 \text{ }^\circ\text{C}$  wordt gehouden.

Het dak heeft een oppervlakte van  $50 \text{ m}^2$ .

**Hoeveel vermindert hierdoor het warmteverlies door transmissie over een heel stookseizoen? ( $1 \text{ GJ} = 10^9 \text{ J}$ ,  $1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot \text{s}$ )**

- a. 16 GJ
- b. 19 GJ
- c. 22 GJ
- d. 44 GJ
- e. 67 GJ

*Uitwerking:*

De verbetering van de U-waarde is  $\Delta U = 1,6 - 0,28 = 1,32 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

De vermindering van het warmteverlies wordt:  $\Delta q = A \cdot \Delta T \cdot \Delta U = 50 \cdot 14 \cdot 1,32 = 924 \text{ W}/\text{m}^2$ , ofwel  $924 \text{ j}/\text{s} \cdot \text{m}^2$ . Voor het hele stookseizoen moet dus worden vermenigvuldigd met het aantal seconden in dit stookseizoen zodat volgt  $\Delta Q = \Delta q \cdot t = 924 \cdot 200 \cdot 24 \cdot 3600 = 16 \cdot 10^9 \text{ J}$ .

**Vraag 7**

Een ongeïsoleerd dak met een U-waarde van  $1,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  wordt geïsoleerd met een pakket isolatie met  $R = 4,4 \text{ m}^2 \text{K}/\text{W}$ . De U-waarde van het dak wordt daardoor  $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

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  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  wordt gehouden.

Het dak heeft een oppervlakte van  $100 \text{ m}^2$ .

**Hoeveel vermindert door het aanbrengen van de isolatie het warmteverlies door transmissie over een heel stookseizoen?** (1 GJ =  $10^9 \text{ J}$ , 1 J = 1 W.s)

- a. 108 GJ
- b. 39 GJ
- c. 52 GJ
- d. 47 GJ
- e. 45 GJ

*Uitwerking:*

De verbetering van de U-waarde is  $\Delta U = 1,7 - 0,2 = 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

De vermindering van het warmteverlies wordt:  $\Delta q = A \cdot \Delta T \cdot \Delta U = 100 \cdot 15 \cdot 1,5 = 2250 \text{ W}/\text{m}^2$ , ofwel  $2250 \text{ j}/\text{s} \cdot \text{m}^2$ . Voor het hele stookseizoen moet dus worden vermenigvuldigd met het aantal seconden in dit stookseizoen zodat volgt  $\Delta Q = \Delta q \cdot t = 2250 \cdot 200 \cdot 24 \cdot 3600 = 39 \cdot 10^9 \text{ J}$ .

### Vraag 8

Gegeven een gebouw met een gemiddelde U-waarde van  $1,2 \text{ m}^2\text{K/W}$  en een totale oppervlakte van de gebouwschil van  $2500 \text{ m}^2$ .

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

De lengte van het stookseizoen is 180 dagen.

Neem aan dat de binnentemperatuur continu op  $21 \text{ }^\circ\text{C}$  wordt gehouden.

**Hoeveel vermindert het warmteverlies door transmissie over een heel stookseizoen als de verwarming gemiddeld  $0,5$  graad lager wordt gezet, dus op  $20,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ? (1 GJ = 109 J, 1 J = 1 W.s)**

- a. 14,2 GJ
- b. 26,6 GJ
- c. 46,7 GJ
- d. 16,2 GJ
- e. 23,3 GJ

#### Uitwerking:

Het totale warmteverlies van het gebouw is:  $Q = U \cdot \Delta T \cdot A = 1,2 \cdot 16 \cdot 2500 = 48.000 \text{ W}$ .

Een watt is een J/s. Dus het gevonden getal nog vermenigvuldigen met het aantal seconden in het stookseizoen:  $Q_{\text{stook}} = 48000 \cdot 180 \cdot 24 \cdot 3600 = 746,5 \cdot 10^9 \text{ J}$  ofwel 746,5 GJ.

Als  $\Delta T$  verandert van 16 naar  $15,5 \text{ }^\circ\text{C}$  wordt er dus  $0,5/16 \times 746,5 = 23,3 \text{ GJ}$  bespaard.

### Vraag 9

**Hoe kan je door “instellen” met de thermostaatinstelling energie besparen?**

- a. Door een koelsysteem in de zomer in te stellen op de bovengrens van de comfortband.
- b. Door een verwarmingssysteem in winter in te stellen op de bovengrens van de comfortband.
- c. Door een systeem in te stellen op de gemiddelde comforttemperatuur.

#### Uitwerking:

- Als in de zomer de comfortgrens zo hoog mogelijk wordt ingesteld, dan wordt een zo hoog mogelijke temperatuur ingesteld waarbij men het nog comfortabel heeft. Het is warm, dus dan wordt zo min mogelijk energie gebruikt om het nog comfortabel te hebben

- Als in de winter comfortgrens zo hoog mogelijk wordt ingesteld dan wordt een zo hoog mogelijke temperatuur ingesteld waarbij men het nog comfortabel heeft, kan men de temperatuur nog wat om laag brengen om het toch nog comfortabel te voelen. Deze instelling is dus zeker niet het energie-efficiëntst.
- Als men een systeem instelt op, het gemiddelde kan in de zomer nog meer energie worden bespaard om de temperatuurinstelling wat te verhogen en in de winter de temperatuurinstelling wat te verlagen.

Dus antwoord a is goed.

### Vraag 10

Ventilatielucht kan worden voorverwarmd of gekoeld door de lucht via een buis onder de grond toe te voeren.

**Hoe past deze maatregel in de Nieuwe Stappenstrategie?**

- In stap 1
- In stap 2
- In stap 3a
- In stap 3b



In de brede school De Meerkant in Midwolda wordt de lucht via een lucht-bodemwisselaar (L.B.W.) aangezogen. Hierdoor wordt ventilatielucht voorverwarmd of gekoeld. De leidingen hiervoor liggen circa 2 meter onder het maaiveld, architect: Gunstra Architecten - Bolsward, adviseur: Sijperda - Hardy IJst, opgeleverd: 2011.

#### Uitwerking:

Passief, slim en bioklimatisch ontwerpen. Daarbij spelen thermische natuurlijke ventilatiemogelijkheden en passieve en klimaatadaptieve elementen een rol.

Zie Architectuur als Klimaatmachine, blz. 45.

### Vraag 11

Door toepassing van buitenzonwering kan in veel gevallen mechanische koeling worden vermeden.

**Hoe past deze maatregel in de Nieuwe Stappenstrategie?**

- In stap 1
- In stap 2
- In stap 3a
- In stap 3b

#### Uitwerking:

Zie "Architectuur als Klimaatmachine" blz. 45.



### Vraag 12

De gevel van een gebouw bestaat voor 50% uit een geïsoleerde muur ( $U = 0,4 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ) en voor 50% uit ramen met dubbelglas ( $U = 3,0 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ).

Men wil het glas vervangen door HR++-glas met een U-waarde van  $1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ .

**Met hoeveel procent wordt het gemiddelde warmteverlies door de gevel hierdoor verminderd?**

- a. 40%
- b. 43%
- c. 47%
- d. **53%**
- e. 60%

#### Uitwerking:

Het gemiddelde warmteverlies is evenredig met de gemiddelde U-waarde.

Voor de vervanging van het glas is deze:  $U_{\text{gem}} = 0,5 \cdot 0,4 + 0,5 \cdot 3,0 = 1,7 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ .

Na de vervanging wordt het:  $U_{\text{gem}} = 0,5 \cdot 0,4 + 0,5 \cdot 1,2 = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ .

De vermindering is dus  $\Delta U = 0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$  ofwel  $0,9 / 1,7 \cdot 100\% = 53\%$ .

### Vraag 13

Een dubbele beglazing met een spouw van 20 mm gevuld met 100% Krypton-gas heeft een U-waarde van  $1,0 \text{ W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ .

Wanneer het Krypton-gas zou worden vervangen door 100% Xenon-gas daalt de U-waarde naar  $0,4 \text{ W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ . Dit levert een jaarlijkse energiebesparing van circa  $140 \text{ MJ}/\text{m}^2$  op.

Nadeel van Xenon is dat het heel zeldzaam is en dat de winning veel energie kost.

De productie-energie voor Krypton en Xenon is:

- Krypton-gas 38,5 MJ per liter
- Xenon-gas 511,4 MJ per liter

**Na hoeveel jaar is de extra productie-energie van de Xenon-vulling terugverdiend met de jaarlijkse energiebesparing?**

(Hint: Hoeveel liter gas is er per  $\text{m}^2$  ruit nodig?)

- a. 7 jaar
- b. 4 jaar
- c. 11 jaar
- d. 17 jaar
- e. **68 jaar**

*Uitwerking:*

De inhoud van 1 m<sup>2</sup> ruit is  $V = 0,02 \cdot 1 = 0,02 \text{ m}^3$  ofwel 20 liter.

Het verschil in winningsenergie voor Xenon en Krypton is  $511,4 - 38,5 = 472,9 \text{ MJ}$  per liter.

Er is 20 liter nodig. Voordat de winningsenergie is terugverdiend moet er dus  $20 \cdot 472,9 = 9.458 \text{ MJ}$  worden bespaard.

De jaarlijkse besparing is  $140 \text{ MJ/m}^2$ , dus kost dit  $9.458/140 = 68$  jaar.

**Vraag 14**

**Op welke wijze kan “adaptief thermisch comfort” bijdragen aan energiebesparing?**

- a. Door een koelsysteem in de zomer in te stellen op de bovengrens van de comfortband.
- b. Door een verwarmingssysteem in winter in te stellen op de bovengrens van de comfortband.
- c. Door een klimatiseringssysteem in te stellen op de gemiddelde comforttemperatuur.

*Uitwerking:*

Door een koelsysteem in te stellen op de bovengrens van de comfortband (zie paragraaf 5.3 boek Bouwfysica, 8<sup>e</sup> druk) hoeft er minder te worden gekoeld, dus wordt er energiebesparing bereikt.

**Vraag 15**

**Welke volgorde van de volgende drie aandachtspunten kan men voor een lage milieubelasting het beste aanhouden als de beoogde levensduur van een gebouw meer dan 75 jaar is?**

1. Een laag energiegebruik
  2. Uitbreidingsmogelijkheden
  3. Een duurzaam materiaalgebruik
- 
- a. 3 – 2 – 1
  - b. 1 – 2 – 3
  - c. 2 – 1 – 3
  - d. 2 – 3 – 1

*Uitwerking:*

In de milieubelasting van een hedendaags gebouw vormt het energiegebruik nog steeds de grootste post. Zeker omdat deze post ieder jaar weer terugkomt. Met name bij een lange voorgenomen levensduur van een gebouw is een laag energiegebruik dus belangrijk.

Uitbreidings- en aanpassingmogelijkheden zijn nodig, omdat het anders de vraag is of het gebouw überhaupt de voorgenomen levensduur haalt omdat het mogelijk functioneel verouderd. Een duurzaam materiaalgebruik is sowieso nodig en dit gebeurt tegenwoordig gelukkig al meer en meer.

**Vraag 16**

De gevel van een gebouw bestaat voor 35% uit een geïsoleerde muur ( $U = 0,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ) en voor 65% uit ramen met HR++-glas met een U-waarde van  $1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

Men wil het gemiddelde warmteverlies door de gevel beperken door de muur extra te isoleren.

**Met maximaal hoeveel procent kan het gemiddelde warmteverlies door de gevel worden verminderd door de muur extra te isoleren?**

- a. 15%
- b. 20%
- c. 25%
- d. 35%
- e. 75%

*Uitwerking:*

Het eenvoudigst is om de gemiddelde U-waarde te berekenen. Het warmteverlies is tenslotte daarmee recht evenredig.

$$U_{\text{gem}} = 0,35 \times 0,4 + 0,65 \times 1,2 = 0,92 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$$

De muur wordt extra geïsoleerd. De uiterste situatie is  $U = 0 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ .

In de werkelijkheid haal je dat natuurlijk niet, maar het geeft wel een theoretische ondergrens.

$$\text{Met die cijfers vind je: } U_{\text{gem}} = 0,35 \times 0,0 + 0,65 \times 1,2 = 0,78 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}.$$

Dat is  $(0,92 - 0,78) \times 100\% = 15\%$  minder dan in de uitgangssituatie.

### Vraag 17

Gegeven een passief huisgevel met een  $R_c$  van  $9,8 \text{ m}^2\text{K/W}$  ( $U=0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

Om deze hoge isolatiewaarde te bereiken is in deze gevel veel materiaal verwerkt.

Ten opzichte van een standaard gevel met een  $R_c$  van  $3,5$  ( $U= 0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) is de energie-inhoud van het extra materiaal  $250 \text{ MJ/m}^2$ .

Het jaarlijkse energiegebruik als gevolg van warmteverlies door de gevel kan worden berekend met de formule  $Q = U * 150 \text{ MJ/m}^2$ .



**Hoeveel jaar duurt het voordat de extra energie-inhoud van de passief huisgevel ten opzichte van de standaard gevel is terugverdiend door de vermindering van het warmteverlies?**

- a. Circa 1 jaar
- b. Circa 6 jaar
- c. Circa 10 jaar
- d. Circa 17 jaar
- e. Circa 3 jaar

#### Uitwerking:

Het verschil in warmteverlies in de beide situaties is:  $\Delta q = \Delta U * 150 = 0,17 * 150 = 25,5 \text{ MJ/m}^2$ .

De energie-inhoud van de extra isolatie is  $250 \text{ MJ/m}^2$ . Het kost dus  $250 / 25,5 = 9,8$  jaar voor dit is terugverdiend door het mindere energiegebruik.