

# VRAAGSTUKKEN ENERGIEBESPARING (13-12-2022)

## ALGEMEEN

### **VRAAG 1: rekenvraag**

#### **Gegevens:**

$$Q_{\text{transmissie}} = a \cdot A \cdot U \cdot (T_{\text{binnen}} - T_{\text{buiten}}) \cdot \text{tijd} / 1000 \text{ kWh}$$

$$1 \text{ m}^3 \text{ aardgas} = 35,17 \text{ MJ}$$

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$$

$$\text{rendement elektriciteitscentrale} = 39\%$$

$$\text{rendement aardgas} : 90\%$$

*Bij een kopgevelwoning zijn er extra transmissieverliezen via de kopgevel (oppervlak = 53,0 m<sup>2</sup>).*

*Stel dat de U-waarde van de kopgevel, die een iets dikker binnenblad heeft dan de langsgevel, gelijk is aan 0,275 W/m<sup>2</sup>.K. De extra transmissieverliezen via de kopgevel hebben een extra jaarlijks gasverbruik tot gevolg, ten opzichte van de tussenwoning, in een orde van grootte van:*

- a) 60 - 80 m<sup>3</sup> gas per jaar
- b) 90 - 110 m<sup>3</sup> gas per jaar**
- c) 130 - 150 m<sup>3</sup> gas per jaar

**Antwoord = b**

$$53 \cdot 0,275 \cdot (20-5) \cdot 4400/1000 = 962 \text{ kWh} \cdot 3,6 = 3463 \text{ MJ} / (35,17 \cdot 0,9) = 109 \text{ m}^3 \text{ gas}$$

### **VRAAG 2:**

*Een warmtepomp kan een interessant alternatief vormen voor de toepassing van een een HR cv-ketel.*

*Vooraf in situaties waarbij:*

- a) *de warmtepomp flink wordt over-gedimensioneerd*
- b) een LTV-systeem wordt toegepast**
- c) *het geluidsniveau in de woning laag moet blijven*
- d) *condensatie uit de rookgassen kan worden toegepast*

### **VRAAG 3**

*De architect overweegt de toepassing van een serre aan de achterzijde van een woning.*

*Bij goed gebruik is een serre van enkelglas energie-efficiënter dan een serre van dubbelglas.*

*Dit is:*

- a) *onjuist omdat enkelglas veel minder goed isoleert dan dubbelglas*
- b) juist omdat enkelglas veel beter zonnearmte doorlaat dan dubbelglas en dan een goede warmte toevoer oplevert.**
- c) *juist omdat men dan de serre =niet verwarmt*

**Antwoord = b**

*Er wordt dan een goed gebruik gemaakt van de zonne-energie.*

*Opm: Als een serre met enkel glas in het stookseizoen wordt bijverwarmd is het voordeel erg snel verdwenen!*

#### VRAAG 4:

De kopgevel is op het oosten gesitueerd. De architect overweegt om twee ramen ( $U=1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) aan te brengen, in totaal ca.  $2 \text{ m}^2$ . We houden geen rekening met de zoninval. In vergelijking met eenzelfde woning zonder ramen in de kopgevel ( $R_c=4,0 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ ) zal het jaarlijks gasverbruik van de woning met ramen in de kopgevel:

- a) behoorlijk wat hoger zijn (verschil  $> 50 \text{ m}^3$  gas per jaar)
- b) iets hoger zijn (verschil  $< 50 \text{ m}^3$  gas per jaar)**
- c) iets lager zijn (verschil  $< 50 \text{ m}^3$  gas per jaar)
- d) behoorlijk veel lager zijn (verschil  $> 50 \text{ m}^3$  gas per jaar)

antwoord b:

$$U_{\text{gevel}}: 1/(0,04+4+0,17)=0,237 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 2 \times 0,237 = 0,474 \text{ W/K}$$

$$U_{\text{raam}}: 1,7 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 2 \times 1,7 = 3,4 \text{ W/K}$$

$$\text{Verschil: } 3,4 - 0,474 = 2,926 \text{ W/K}$$

$$\text{Vuistregel: Gemiddeld gasverbruik is } 20 \text{ m}^3 \text{ gas per W/K} \rightarrow 20 \times 2,926 = 58,52 \text{ m}^3 \text{ gas extra per jaar}$$

#### Vraag 5:

Gegeven:

- Bestaand dak:  $U_{\text{oud}} = 1,84 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- Nieuw dak:  $U_{\text{nieuw}} = 0,21 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- stookseizoen = 4800 uur: gemiddelde temperaturen:  $T_{\text{binnen}} = 18^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{buiten}} = 5^\circ\text{C}$ .
- $Q_{\text{transmissie}} = a \cdot A \cdot U \cdot (T_{\text{binnen}} - T_{\text{buiten}}) \cdot \text{tijd} / 1000 \text{ kWh}$
- $WB = a \cdot (Q_{\text{transmissie}} + Q_{\text{ventilatie}}) - b \cdot (Q_{\text{zon}} + Q_{\text{interne warmte}}) \text{ kWh}$   
waarbij:

	<b>a</b>	<b>b</b>
o normale gebouwmassa, wel nachtverlaging	0,91	0,76
o normale gebouwmassa, geen nachtverlaging	0,82	0,63
o geringe gebouwmassa	0,81	0,53
- Gasverbruik = warmtebehoefte in MJ /  $(35,17 \times \eta_{\text{cv}})$
- $1 \text{ m}^3 \text{ aardgas} = 35,17 \text{ MJ}$
- $1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$

Bereken per  $\text{m}^2$  dakoppervlak wat de jaarlijkse gasbesparing is ten gevolge van het na-isoleren van een dak, uitgaande van een gebruiksrendement van de HR-ketel van 85%. De gasbesparing ligt in een orde van grootte van:

- a) 0 – 5  $\text{m}^3$  gas per jaar
- b) 5 – 10  $\text{m}^3$  gas per jaar
- c) 10 – 15  $\text{m}^3$  gas per jaar**
- d) 15 – 20  $\text{m}^3$  gas per jaar

$$Q_{\text{tr}} = 1 \text{ m}^2 \times (1,84_{(U_{\text{oud}})} - 0,21_{(U_{\text{nieuw}})}) \times 13_{(T_i - T_a)} \times 4800 / 1000 = 102 \text{ kWh} \rightarrow 102 \times 3,6_{(\text{MJ})} / (35,17_{(\text{MJ})} \times 0,85_{(\text{HRketel})}) =$$

$$12,2 \text{ m}^3 \text{ gas per jaar.}$$

Antwoord c, {ook bij meerekenen coëfficiënt a (dynamische invloeden)}

### Vraag 6:

In een woning willen we zoveel mogelijk gebruik maken van de zon om energie te besparen. We moeten dan letten op het volgende:

- minder massa creëren
- rekening houdend met de bestaande orientatie van de woning
- extra ventileren
- zonwerende beglazing opnemen

Antwoord b,

rekening houdend met de bestaande orientatie van de woning omdat aan de hand daarvan bijv. extra/minder ramen, of zonnepanelen moeten worden geplaatst

### Vraag 7:

Op het dak van een garage moet in een later stadium een tweede bouwlaag kunnen worden aangebracht. Er is daarom in de garage al een transparant daklicht aangebracht met een oppervlak van  $2,60 \text{ m}^2$ . Bij de bouw van een tweede laag is het trapgat dan al aanwezig! Bereken d.m.v. de warmtebalans-berekening of het transparante daklicht in het dakvlak in vergelijking met een dak zonder transparant daklicht, in energetisch opzicht gunstig, ongunstig of neutraal is:

- $R_c$  dak garage =  $4,50 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ,
- $U_{\text{daklicht}}$  =  $1,60 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
- $ZTA_{\text{daklicht}}$  =  $0,60$
- Gemiddelde zonbelasting over het stookseizoen op een horizontaal vlak:  $60 \text{ W/m}^2$
- Lengte stookseizoen = 4800 uur.
- $Q_{\text{transmissie}}$  =  $a \cdot A \cdot U \cdot (T_{\text{binnen}} - T_{\text{buiten}}) \cdot \text{tijd} / 1000$  kWh
- $Q_{\text{zon}}$  =  $A \cdot q_{\text{ze}} \cdot ZTA \cdot \text{tijd} / 1000$  kWh

- gunstig.
- ongunstig
- maakt niet uit
- is niet te berekenen

Antwoord = a

De U-waarde neemt toe van  $4,50 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  ( $0,21 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ) naar  $1,60$

Dit veroorzaakt extra transmissieverlies:  $1 \times (0,21 - 1,60) \times 13 \times 4800 / 1000 = 86,74 \text{ kWh per } 1 \text{ m}^2$

Daar tegenover staat een warmte winst:  $1,0 \times 60 \times 0,6 \times 4800 / 1000 = 172,8 \text{ kWh per m}^2$

Winst is groter dan extra verlies, dus het is gunstig.

### Vraag 8:

De bewoners willen aan de achterzijde van de woning een serre plaatsen met enkelglas. Om het energievoordeel van de serre sterk te verhogen komt het ontwerpteam met de volgende vier opties. Kies de meest effectieve maatregel:

- de ZTA-waarde van het glas wordt verlaagd
- de lucht uit de serre wordt gebruikt als verse luchttoevoer voor het ventilatiesysteem
- de luchtdichtheid van de serre wordt sterk verbeterd en het aantal te openen delen verkleind
- de profielen (waarin het glas wordt aangebracht) worden uitgevoerd in hout i.p.v. aluminium

antwoord b: de lucht in de serre wordt al wat opgewarmd, zodat er minder warmte hoeft te worden toegevoegd.

### Vraag 9:

De architect wil in de woning lage temperatuur verwarming (LTV) toepassen door op de begane grondverdieping alleen vloerverwarming toe te passen en op de eerste verdieping vergrote radiatoren. Dit is:

- a) onverstandig, want de radiatoren zijn dan niet op temperatuur te krijgen
- b) onverstandig, want de twee systemen zijn niet apart van elkaar in temperatuur te regelen
- c) verstandig, want vloerverwarming kan op de slaapverdieping een te traag reagerend systeem zijn en het is goedkoper
- d) verstandig, want de vloerverwarming is de basisverwarming en met de radiatoren kun je bijverwarmen

antwoord c: doordat de ruimten op de bovenverdieping alleen korte perioden gebruikt worden is het verstandig om radiatoren met een hogere temperatuur te gebruiken om de ruimte snel op te warmen.

### Vraag 10:

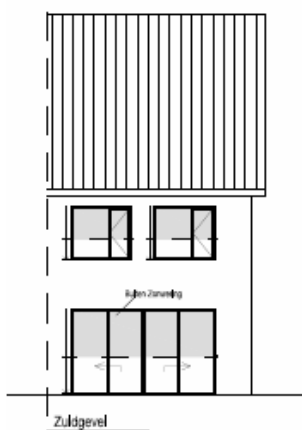
Stel een woning gebruikt 1200 m<sup>3</sup> gas en 2500 kWh aan elektriciteit. Dit betekent dat:

- a) de woning niet energie zuinig is.
- b) alleen het gasverbruik is energie zuinig.
- c) alleen het elektriciteitsverbruik energiezuinig is
- d) de woning redelijk energiezuinig is

antwoord d: dit zijn redelijk energiezuinige waarden voor een gemiddelde woning

### Vraag 11:

Als gevolg van mogelijke koudeval bij de schuifpui in de achtergevel wil de architect een convectorput aanbrengen. Een alternatief om energie te sparen is: is:



- a) de U-waarde van het glas verhogen
- b) de U-waarde van het glas verlagen
- c) de qv-10 waarde verlagen
- d) de ZTA-waarde verhogen

antwoord b: door een hogere isolatiewaarde zal van het glas zal er minder warmte verloren gaan en minder koudeval plaats vinden.

**Vraag 13:**

Naast transmissieverlies via de bouwdelen is er bij een woning sprake van lineair warmteverlies via de verbindingen van bouwdelen. Bij zeer energie-efficiënt bouwen verdient, in vergelijking met de huidige bestaande bouw, het lineaire warmteverlies:

- a) extra aandacht, omdat de invloed op het totale transmissieverlies relatief groot is
- b) dezelfde aandacht omdat het aantal strekkende meters verbinding gelijk is
- c) minder aandacht, omdat koudebruggen sowieso voorkomen worden
- d) geen extra aandacht in het ontwerp en de uitvoering

antwoord a: als er beter wordt geïsoleerd, dan hebben de koude bruggen extra invloed door de aanwezigheid van een lagere temperatuur, daar de koude brug wordt beperkt tot een kleiner oppervlak en er zo ook meer kan is op condensvorming.

**Vraag 14:**

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 14a**

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?

- a. 528 MJ
- b. 684 MJ
- c. 1536 MJ
- d. 1900 MJ
- e. 5530 MJ

**Antwoord d:**

Specifiek gemiddeld warmte verlies 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:

$$Q = U \cdot \Delta T_{\text{gem}} [\text{W/m}^2] \cdot 100 [\text{m}^2] \cdot 200 [\text{dag}] \cdot 24 [\text{uur/dag}] \cdot 3600 [\text{s/uur}] = [\text{Ws}] = [\text{J}]$$

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

$$\Delta Q = \Delta U \cdot \Delta T \cdot 100 \cdot 200 \cdot 24 \cdot 3600 = (0,32 - 0,21) \cdot 10 \cdot 100 \cdot 200 \cdot 24 \cdot 3600 =$$

$$0,11 \times 10 \times 100 \times 200 \times 24 \times 3600 = 1,9 \cdot 10^9 \text{ J} = 1900 \text{ MJ} = 1,9 \text{ GJ}$$

**Vraag 14b**

Wat is het verschil in gasgebruik van opgave 14a uitgedrukt in  $\text{m}^3$ ?

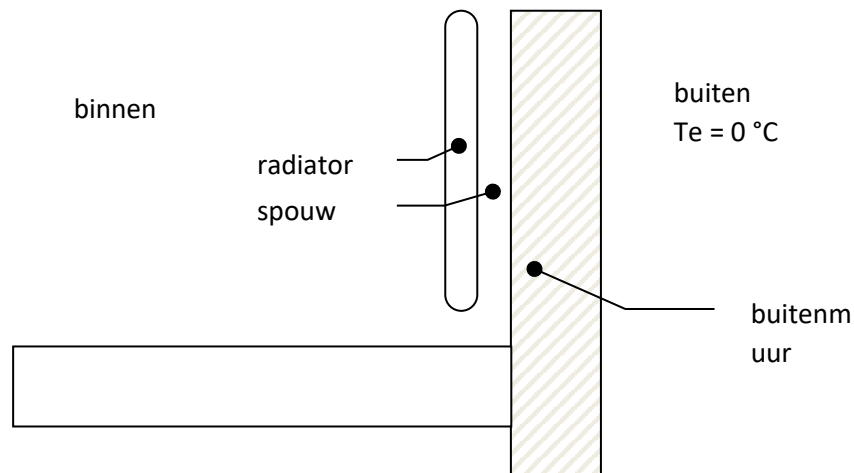
- a.  $57 \text{ m}^3$
- b.  $63 \text{ m}^3$
- c.  $72 \text{ m}^3$
- d.  $126 \text{ m}^3$
- e.  $228 \text{ m}^3$

Uitwerking

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

**Vraag 15 (Verminderen energieverlies )**

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:  $\alpha_s = 4 \cdot \alpha_{\text{res}} \cdot \Delta \cdot T_{\text{gem}}^3 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{K]}$ , 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 15a**

**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 antwoord b:

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

### Vraag 15b

Wat is de oppervlaktetemperatuur van de buitenzijde van de buitenmuur?

- a. 0,1 °C
- b. 5,5 °C
- c. 8,3 °C
- d. 14,8 °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 niet is gegeven gaan we uit van de standaard waarde van 0,04 m<sup>2</sup>K/W (zie Boek):

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

De temperatuursprong aan de buitenzijde wordt:

$$\Delta T_{\text{Teo}} = R_I \cdot \Delta T = 0,436 \cdot 60 = 26,16 \text{ K}$$

De oppervlaktetemperatuur aan de buitenzijde wordt :

$$T_{\text{Teo}} = T_e + \Delta T_{\text{Teo}} = 0 + 26,16 = 26,16 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### Vraag 15c

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

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

- a. de oppervlaktetemperatuur van de binnenzijde van de buitenmuur wordt hoger
- b. de oppervlaktetemperatuur van de binnenzijde van de buitenmuur blijft gelijk
- c. de oppervlaktetemperatuur van de binnenzijde van de buitenmuur wordt lager
- d. het warmteverlies door de muur daalt aanzienlijk
- e. het warmteverlies door de muur blijft vrijwel gelijk

#### Uitwerking 15, c en d

- Door het aanbrengen van de folie wordt  $\alpha_s$  in de spouw een factor 10 kleiner.  
Rsp wordt dan  $1 / (2 + 0,74) = 0,365$ .  
De temperatuursprong over de spouw neemt toe (zie bovenstaande formule), dus de oppervlakte temperatuur aan de binnenzijde van de buitenmuur wordt lager.
- De warmteweerstand  $R_I$  neemt toe van  $0,436 + (0,365 \cdot 0,106)$  naar  $0,475$  dat is een aanzienlijke toename, waardoor het warmteverlies aanzienlijk zal dalen.