

23 Agnes woont in een vrijstaand goed geïsoleerd huis. De totale warmteverliezen in een stookseizoen zijn $4,5 \cdot 10^{10}$ J. De hr-ketel van de centrale verwarming wordt gestookt met aardgas. Het rendement van de ketel is 95%.

- a Bereken hoeveel m³ (Gronings) aardgas er per stookseizoen nodig is om de warmteverliezen te compenseren.

Het gemiddelde temperatuurverschil tussen binnen en buiten is gedurende het stookseizoen 11 °C.

- b Bereken hoeveel procent aardgas er bespaard had kunnen worden als de thermostaat tijdens het hele stookseizoen 1,0 °C lager was gezet.

Agnes besluit zonnepanelen te laten installeren en een warmtepomp aan te schaffen. De leverancier van de zonnepanelen zegt dat de energieopbrengst van een zonnepaneel gemiddeld 360 kWh per jaar is.

Een warmtepomp haalt warmte uit de buitenlucht en geeft die af aan het water van de centrale verwarming. Daarbij gebruikt de warmtepomp elektrische energie.

Het rendement van de warmtepomp is 3,7.

De warmtepomp moet per jaar dezelfde hoeveelheid energie leveren als de verwarming op aardgas. De elektrische energie die daarvoor per jaar nodig is, komt van de zonnepanelen.

- c Bereken hoeveel zonnepanelen Agnes minstens nodig heeft.

Opgave 23

- a De hoeveelheid (Gronings) aardgas bereken je met de formule voor chemische energie.
De totaal geleverde energie bereken je met de formule voor rendement.

De nuttige geleverde energie is gelijk aan de totale warmteverliezen in een stookseizoen.

$$\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}}$$

Rendement is 95%. Hieruit volgt $\eta = 0,95$.

$$E_{\text{nuttig}} = 4,5 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

$$0,95 = \frac{5,6 \cdot 10^{10}}{E_{\text{in}}}$$

$$E_{\text{in}} = 5,89 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

$$E_{\text{in}} = E_{\text{ch}} = r_V \cdot V$$

$$r_V = 32 \cdot 10^6 \text{ J m}^{-3} \text{ (zie BINAS tabel 28B)}$$

Invullen levert: $5,89 \cdot 10^{10} = 32 \cdot 10^6 \times V$.

$$V = 1,84 \cdot 10^3 \text{ m}^3$$

Afgerond: $V = 1,8 \cdot 10^3 \text{ m}^3$.

- b Hoeveel procent aardgas wordt bespaard volgt uit het percentage bespaard op warmte.
Het percentage bespaard op warmte bereken je met de formule voor soortelijke warmte.

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

De waarden van c en m veranderen niet. Dus als de thermostaat 1,0 °C lager wordt gezet is

$$\text{de besparing } \frac{1}{11} \times 100\% = 9,09\% .$$

Afgerond: de besparing is 9,1%.

- c Het aantal zonnepanelen bereken je met benodigde elektrische energie en de energieopbrengst per zonnepaneel.
De benodigde elektrische energie bereken je met de formule voor rendement.

$$\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}}$$

$$\eta = 3,7$$

De nuttige geleverde energie is gelijk aan het warmteverlies in een stookseizoen.

$$E_{\text{nuttig}} = 4,5 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

$$\text{Invullen levert: } 3,7 = \frac{4,5 \cdot 10^{10}}{E_{\text{in}}} .$$

$$E_{\text{in}} = 1,21 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} \quad (\text{zie BINAS tabel 5})$$

$$\frac{1,21 \cdot 10^{10}}{3,6 \cdot 10^6} = 3,36 \cdot 10^3 \text{ kWh}$$

$$\text{Aantal zonnepanelen: } \frac{3,36 \cdot 10^3}{360} = 9,33$$

Afgerond: aantal zonnepanelen is 10.