

- 20 In 2001 won de Nuna voor het eerst de World Solar Challenge, een 3000 km lange race voor zonnewagens. De Nuna was bedekt met  $8,4 \text{ m}^2$  zonnecellen met een rendement van 25%. Bij volle zonneschijn leverden ze in totaal een elektrisch vermogen van 1,5 kW.

- a Bereken het stralingsvermogen dat per  $\text{m}^2$  zonnecel wordt opgenomen. De door de zonnecellen geproduceerde energie drijft de elektromotoren aan.



Figuur 6.26

De elektromotoren hebben een rendement van vrijwel 100%. Het verband tussen het vermogen dat de motor levert en de snelheid van de Nuna zie je in tabel 6.4. Behalve over zonnecellen beschikt de auto over een accu, die ook kan worden ingeschakeld voor de aandrijving.

Vermogen dat de motor levert (kW)	Snelheid ( $\text{km h}^{-1}$ )
1,0	80
1,7	100
2,8	120

Tabel 6.4

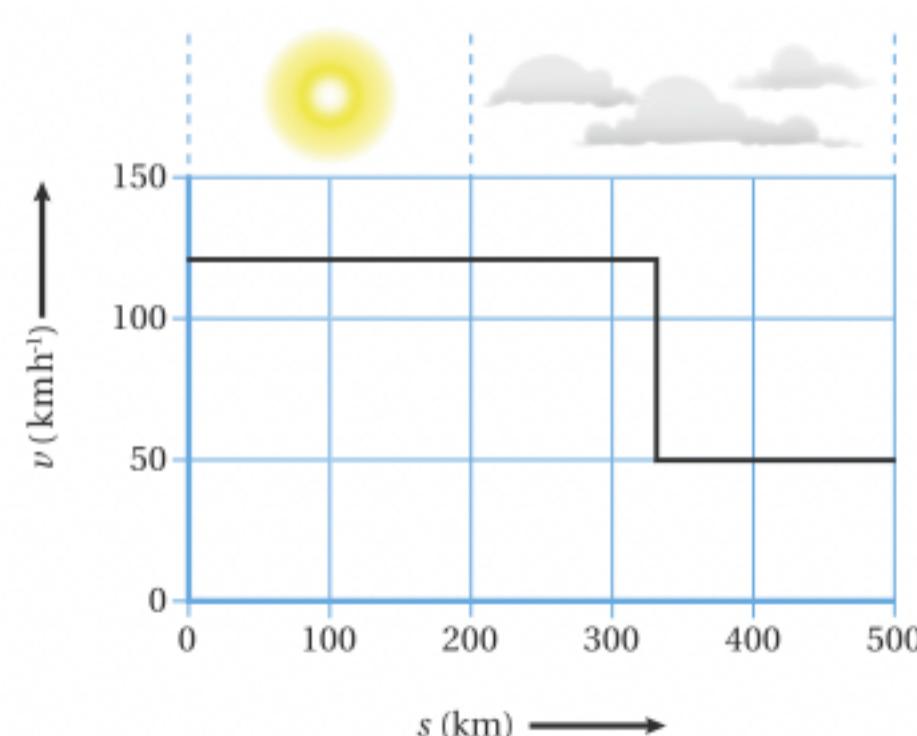
- b Leg uit dat bij een snelheid van  $100 \text{ km h}^{-1}$  gebruikgemaakt moet worden van de zonnecellen én van de accu.

Het vermogen dat de zonnecellen leveren, hangt af van het weer. Het Nuna-team denkt daarom voortdurend na over de te volgen strategie. Op de laatste dag is de Nuna nog 500 km van de finish verwijderd. De eerste 200 km is de hemel onbewolkt, de daarop volgende 300 km is het bewolkt.

Het team overweegt twee strategieën.

#### Strategie 1

*Met een hoge snelheid rijden tot de accu leeg is. De resterende afstand afleggen met de snelheid die nog mogelijk is met het vermogen dat de zonnecellen leveren in het bewolkte gebied.*



#### 6.4 Afsluiting

##### Opgave 20

- a Het stralingsvermogen per  $\text{m}^2$  zonnecel bereken je met het totaal geleverde vermogen en de totale oppervlakte aan zonnecellen.  
Het totaal geleverde vermogen bereken je met het rendement en het nuttig geleverde vermogen.

$$\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\%$$

$$\eta = 25\%$$

$$P_{\text{nuttig}} = 1,5 \text{ kW} = 1,5 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$25\% = \frac{1,5 \cdot 10^3}{P_{\text{in}}} \cdot 100\%$$

$$P_{\text{in}} = 6,0 \cdot 10^3 \text{ W}$$

De Nuna was bedekt met  $8,4 \text{ m}^2$  zonnecellen.

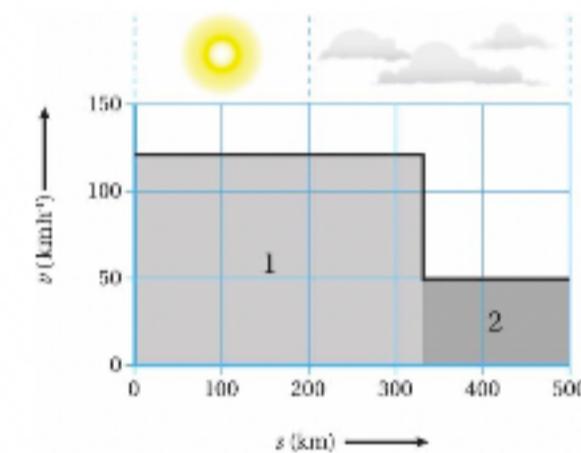
$$\text{Dus per } \text{m}^2 \text{ is het stralingsvermogen } \frac{6,0 \cdot 10^3}{8,4} = 7,14 \cdot 10^2 \text{ W}.$$

- b Afgerond:  $7,1 \cdot 10^2 \text{ W per } \text{m}^2$ .  
Dat gebruik gemaakt moet worden van de zonnecellen en van de accu leg je uit met behulp van tabel 6.4 en het vermogen dat de zonnecellen kunnen leveren.

Uit tabel 6.4 blijkt dat er  $1,7 \text{ kW}$  nodig is bij een snelheid van  $100 \text{ km h}^{-1}$ . De zonnecellen leveren slechts  $1,5 \text{ kW}$  er is dus nog  $1,7 - 1,5 = 0,2 \text{ kW}$  nodig van de accu.

- c De tijdsduur bereken je met de tijd die nodig is voor deel 1 en deel 2 samen.  
De tijd bereken je met behulp van de afstand en de bijbehorende snelheid.

Zie figuur 6.2.



Figuur 6.2

$$s = v \cdot t$$

##### deel 1:

$$s_1 = 330 \text{ km}$$

$$v_1 = 120 \text{ km h}^{-1}$$

$$330 = 120 \times t_1$$

$$t_1 = 2,75 \text{ uur}$$

##### deel 2:

$$s_2 = 170 \text{ km}$$

$$v_2 = 50 \text{ km h}^{-1}$$

$$170 = 50 \times t_2$$

$$t_2 = 3,4 \text{ uur}$$

$$t = t_1 + t_2$$

$$t = 2,75 + 3,4 = 6,15 \text{ uur}$$

Afgerond:  $t = 6,2 \text{ uur}$ .

- d Dat de accu bij de finish bijna leeg is, betekent dat de hoeveelheid energie die de accu moet leveren bijna  $5,0 \text{ kWh}$  is.  
De hoeveelheid energie die de accu moet leveren, bereken je met het benodigde vermogen en de tijd. Het benodigde vermogen hangt af van de hoeveelheid zon.  
De tijd bereken je met de afstand en de snelheid.

Tijdens de eerste 200 km is het zonnig en dan leveren de zonnecellen  $1,5 \text{ kW}$ .

Zie introductie van opgave 20.

Er is  $1,7 \text{ kW}$  nodig om  $100 \text{ km h}^{-1}$  te rijden.

Zie tabel 6.4 van het leerboek.

In de eerste periode levert de accu:

$$P_1 = 1,7 - 1,5 = 0,2 \text{ kW}$$

$$s_1 = v \cdot t_1$$

$$s_1 = 200 \text{ km}$$

$$v = 100 \text{ km h}^{-1}$$

$$200 = 100 \times t_1$$

$$t_1 = 2,00 \text{ uur}$$

$$E_1 = P_1 \cdot t_1$$

$$P_1 = 0,20 \text{ kW}$$

$$E_1 = 0,20 \times 2,00 = 0,40 \text{ kWh}$$

Tijdens de laatste 300 km leveren de zonnecellen  $0,24 \text{ kW}$  en is er  $1,7 \text{ kW}$  nodig.

In de laatste periode levert de accu:

$$P_2 = 1,7 - 0,24 = 1,46 \text{ kW}$$