

Rekenen op wind

Werkkaart

33.1

Betrokken vakken

- Techniek
- Natuurkunde
- Wiskunde



Hoeveel energie kun je met een windturbine eigenlijk uit de lucht halen? Je kunt er niet omheen: je hebt wat wiskunde nodig.

Een windturbine zet de bewegingsenergie (kinetische energie) van wind om in elektriciteit.

Daarbij spelen de volgende factoren een rol:

- de grootte van de rotor, dus de oppervlakte van de door de rotor bestreken cirkel;
- de windsnelheid;
- de luchtdichtheid;
- de vorm van de turbinebladen.

33.1.1

- Leg uit of de geleverde energie toeneemt of afneemt als de eerste drie factoren toenemen.
- Verklaar in je eigen woorden waarom de vorm van de rotorbladen zo belangrijk is. Sla eventueel je leerboek er nog eens op na.



Windenergie is evenredig met de windsnelheid tot de derde macht!

De standaardformule voor het berekenen van het elektrische vermogen dat je van een windturbine kunt verwachten is, uitgedrukt in metrische eenheden:

$$kW = \frac{1}{2} \rho \cdot V^3 \cdot A \cdot E$$

Hierin is

ρ de luchtdichtheid;

V de windsnelheid;

A de oppervlakte van de rotor;

E de omzettingcoëfficiënt, een rendementsfactor die in theorie nooit groter dan 60% kan zijn.

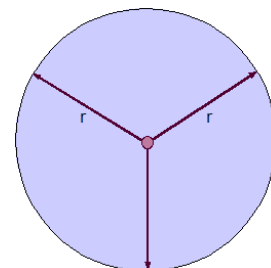
Als de windturbine h uur werkt bij een constante windsnelheid, zal de totale hoeveelheid omgezette energie dus zijn:

$$kWh = \frac{1}{2} \rho \cdot V^3 \cdot A \cdot E \cdot h$$

Omdat de windsnelheid voortdurend varieert bereken je hiermee geen echte energieopbrengst maar een gemiddelde..

33.1.2

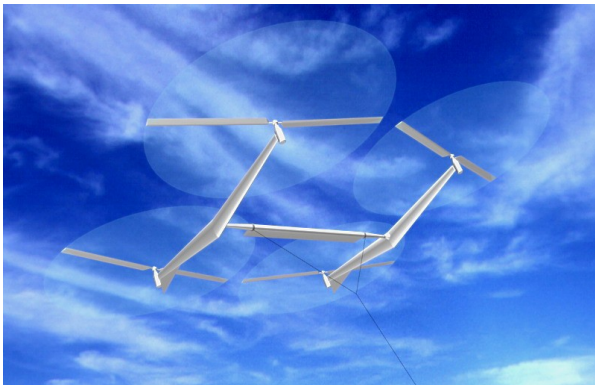
- De lengte van de rotorbladen is 20 m. Bereken daarmee de oppervlakte van de rotor. Gebruik de formule van een cirkel: $A = \pi r^2$.



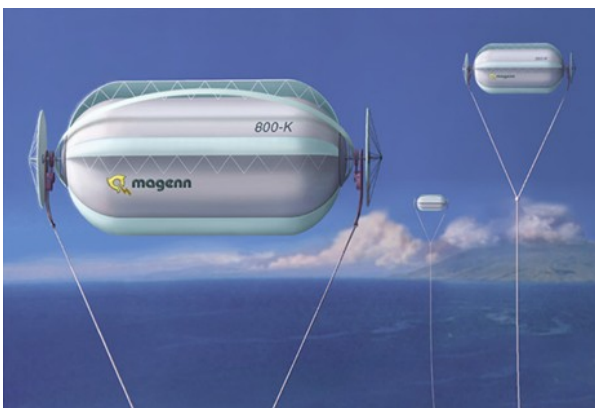
- Hoeveel extra vermogen kun je verwachten als je de rotorbladen 20% langer maakt?

Op een zekere hoogte boven de aarde is de windsterkte gewoonlijk groter dan vlak bij het aardoppervlak. De luchtdichtheid verschilt daarbij vergeleken niet veel. Omdat windenergie vooral profiteert van de windsnelheid, zou het de moeite waard zijn om windturbines op hoge torens te plaatsen.

Hoge torens zijn echter door allerlei oorzaken erg duur. Daarom zoeken ingenieurs naar alternatieve mogelijkheden om windturbines toch op grote hoogte te laten werken.



Dit voorbeeld, ontworpen door de Sky Windpower Company, is een reusachtige, op een soort vlieger lijkende viervoudige gyrocopter. De wind laat de rotors draaien, waardoor deze zichzelf omhoog houdt zoals ook een helicopter dat kan. Een kabel houdt de turbine in positie en geleidt tegelijkertijd de opgewekte elektriciteit naar de aarde. Er is één probleem: bij te weinig wind zal het geval naar beneden komen.



Een ander ontwerp, van het bedrijf Magenn, is eigenlijk een ballon. Daardoor zal deze altijd op zijn hoge plaats blijven zelfs al is er geen wind. Door zijn vorm draait de hele ballon rond een horizontale as met aan beide einden een generator. De elektriciteit wordt ook hier getransporteerd door de ophangkabels.



33.1.4



Een windturbine heeft bladen van 15 m lengte.

De luchtdichtheid op een normale dag op zeeniveau is $1,225 \text{ kg/m}^3$.

De omzettingcoëfficiënt van deze turbine is uitgerekend op 30%.

- Bereken het elektrisch vermogen van deze windturbine bij een windsnelheid van 4 m/s.
- Doe hetzelfde voor een wind van 8 m/s.
- Bereken evenzo het gemiddelde vermogen in een vrij krachtige wind.

Vergeet niet de windkracht om te rekenen naar m/s!

Windkracht – Schaal van Beaufort		
Bf	km/u	
1	1-5	Zwakke wind
2	6-11	Zwakke wind
3	12-19	Matige wind
4	20-28	Matige wind
5	29-38	Vrij krachtige wind
6	39-49	Krachtige wind
7	51-61	Harde wind
8	62-74	Stormachtige wind