

Problem: what is the efficiency of the Aeolus wind turbine?

Work asked: at the end of this activity, the efficiency of the wind turbine will be done.

1. Wind energy and wind power

1.1. Kinetic energy of wind

The kinetic energy is an energy linked to the movement of a mass.

The wind is moving air so we can associate a kinetic energy that is a function of the mass and the speed of the air volume.

$$E_{wind} = \frac{1}{2} \times m \times v^2$$

E_k : kinetic energy of wind in joules (J)

m : mass of air volume in kilo (kg)

v : wind speed in meter per second ($m \cdot s^{-1}$)

1.2. Area of the wind disk

In the case of wind turbine, the air volume takes action on the wind disk.

1.3. Kinetic power of wind

The power is the amount of energy transferred each second.

$$P = \frac{E}{t}$$

P : power in watts (W)

E : energy in joules (J)

t : time in seconds (s)

So, the kinetic power of wind for a wind turbine is:

$$P_{vent} = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times v^3$$

P_{wind} : kinetic power of wind in watts (W)

ρ : air density in kilos per meter cubed ($1.23 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

A : area of wind disk in meters squared (m^2)

v : velocity or speed in meters per second ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

This power is theoretical, it is impossible to save this power (to save this, you should stop the wind).

1.4. Maximum power saving

From the Betz's law, the maximum theoretical power saving per a wind turbine is equal to 16/27 of kinetic power of wind.

$$P_{max} = \frac{16}{27} \times P_{wind} = 0.59 \times P_{wind}$$

1. Énergie et puissance du vent

1.1. Énergie cinétique du vent

L'énergie cinétique est une énergie liée au déplacement d'une masse.

Le vent est de l'air en mouvement donc on peut lui associer une énergie cinétique qui est fonction de la masse et de la vitesse du volume d'air.

$$E_{vent} = \frac{1}{2} \times m \times v^2$$

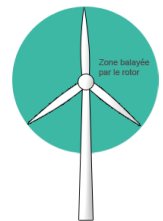
E_{vent} : énergie cinétique du vent en joules (J)

m : masse du volume d'air en kilos (kg)

v : vitesse du vent en mètres par seconde ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

1.2. Surface du disque éolien

Dans le cas d'une éolienne, le volume d'air agit sur la surface du disque éolien (zone balayée par le rotor).



1.3. Puissance cinétique du vent

La puissance est définie comme la quantité d'énergie consommée pendant une seconde.

$$P = \frac{E}{t}$$

P : puissance en watts (W)

E : énergie en joules (J)

t : temps en secondes (s)

La puissance cinétique du vent pour une éolienne est donc la suivante :

$$P_{vent} = \frac{1}{2} \times \rho \times S \times v^3$$

P_{vent} : puissance cinétique du vent en watts (W)

ρ : masse volumique de l'air en kilos par mètre cube ($1.23 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

S : surface du disque éolien en mètres carré (m^2)

v : vitesse du vent en mètres par seconde ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

Cette puissance est une puissance théorique, il est bien sûr impossible qu'elle soit récupérée tel quelle par une éolienne (cela reviendrait à arrêter le vent).

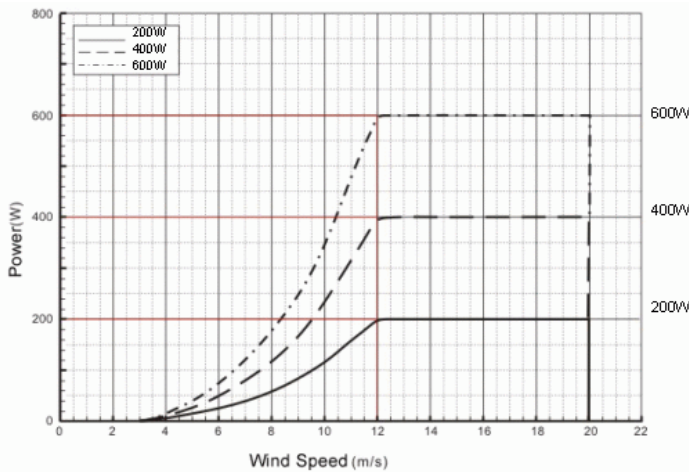
1.4. Puissance maximale récupérable

D'après la loi de Betz, la puissance théorique maximale récupérable par un capteur éolien est égale au 16/27 de la puissance cinétique du vent.

$$P_{max} = \frac{16}{27} \times P_{vent} = 0.59 \times P_{vent}$$

2. Aeolus wind turbine

The wind turbine studied, model FD2.2-200 from Aeolus, is a real wind turbine for the production of electricity for a home. The power is 200 W.



Power curve of 3 Aeolus wind turbines (models 200, 400 and 600 W).

- ✓ With the Aeolus wind turbine and a blade, calculate the area of the wind disk.
- ✓ With the power curve of the wind turbine (above), give the value of the wind speed which the wind turbine begins to produce (start value).
- ✓ With the power curve of the wind turbine (above), give the value of the wind speed (nominal value) which the output power is maximum.
- ✓ Calculate the wind maximum power recoverable by the wind turbine.
- ✓ Calculate the maximum efficiency of the wind turbine.
- ✓ With the wind map (opposite) and the power curve of the wind turbine, give the output power if the wind turbine is located in London (range of values).
- ✓ Is the power curve compatible with the town of London? Explain.
- ✓ Which type of power curve is more compatible with the town of London?

