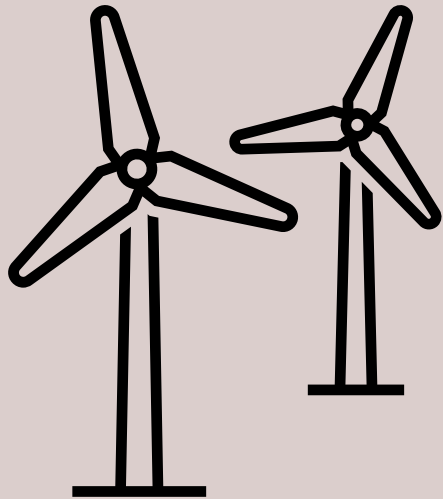


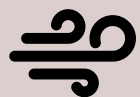


ENERGIA WIATRU

Energia+Technologia=Szkoła+Zawód - Technologie energii odnawialnej w szkołach
dla wykwalifikowanych pracowników przyszłości
Energie+Technik=Schule+Beruf - Erneuerbare Energietechnik macht Schule
für Fachkräfte der Zukunft

Partner projektu: Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
Al. Piastów 17, PL 70-310 Szczecin

AGENDA



-> Skąd się bierze wiatr?



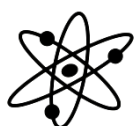
-> Wykorzystanie w technice



-> Zasada działania siłowni wiatrowej



-> Rodzaje turbin wiatrowych



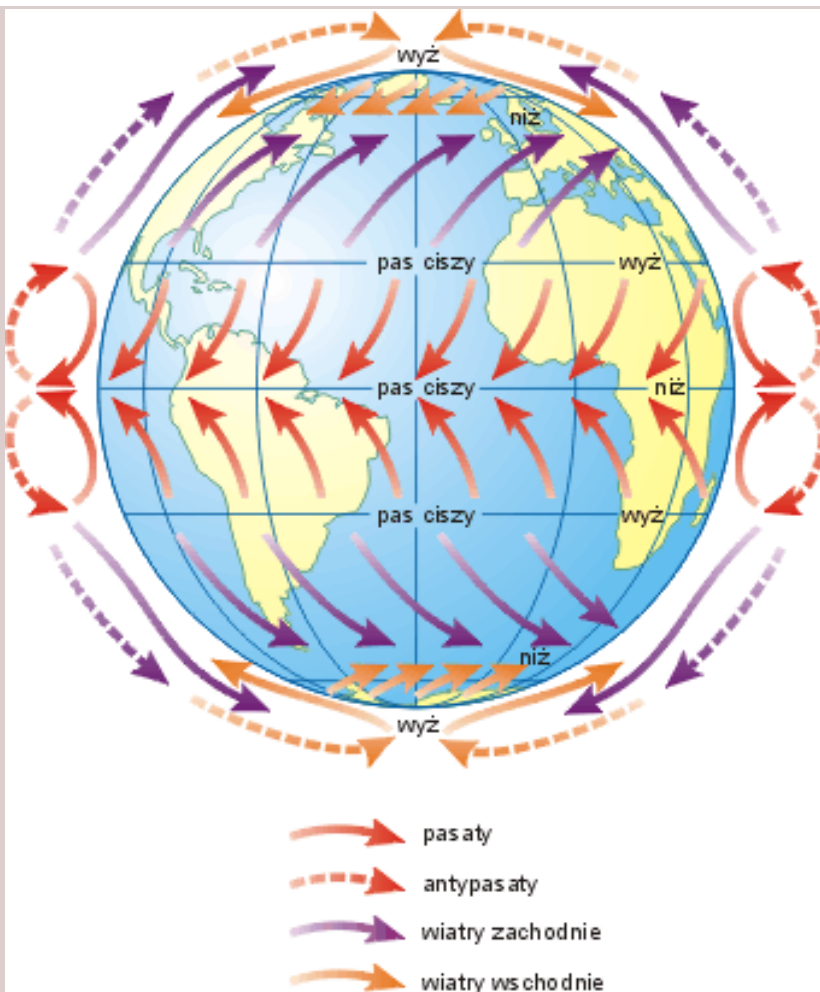
-> Propozycje animacji

SKĄD SIĘ BIERZE WIATR?



Wiatr to pośrednio energia słoneczna!

- Słońce ogrzewa Ziemię mocniej na równiku.
- Ciepłe powietrze jest lżejsze i unosi się.
- Wyrównanie ciśnienia z bieguna północnego i południowego

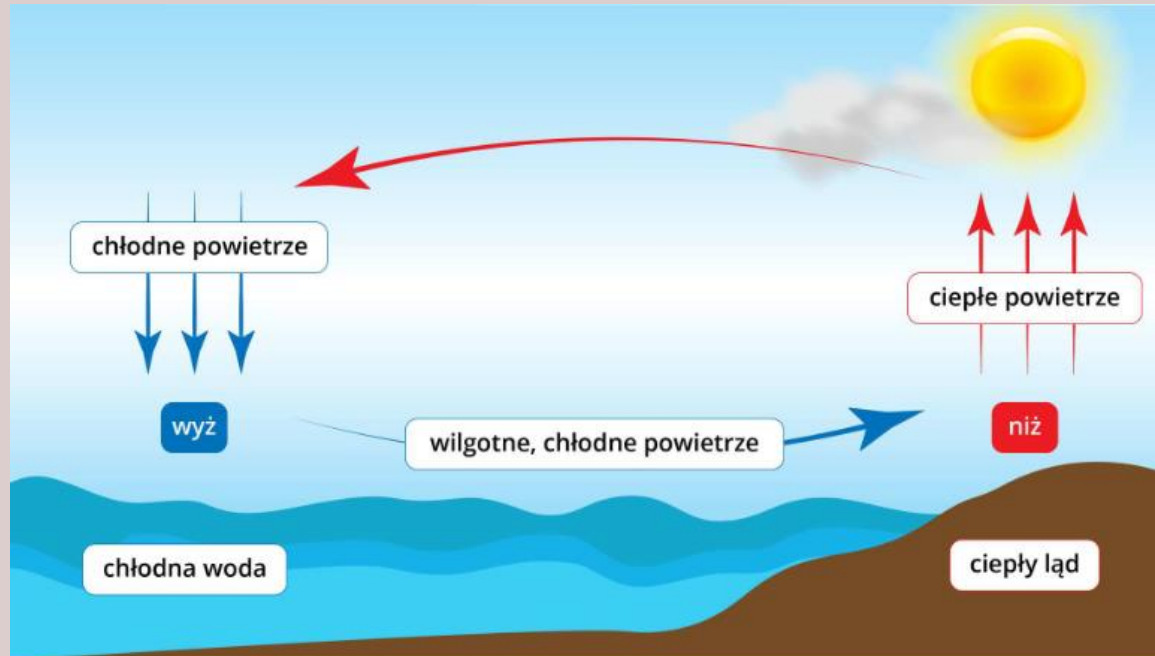
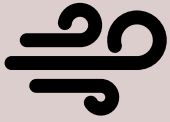


Źródło: <https://edukator.pl/>

SKĄD SIĘ BIERZE WIATR?



Wiatr to powietrze w ruchu!



Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., CC BY-SA 3.0

- Powietrze nad lądem ogrzewa się szybciej niż nad morzem
- Ciepłe powietrze jest lżejsze i unosi się
- Wyrównanie ciśnienia z nad morza

WYKORZYSTANIE W TECHNICIE



Spojrzenie w przeszłość



- Młyn
- Pompa wodna
- Napęd mechaniczny

Źródło: **Hau Erich**: *Windkraftanlagen*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2016

WYKORZYSTANIE W TECHNICE



Obecne turbiny powietrzne



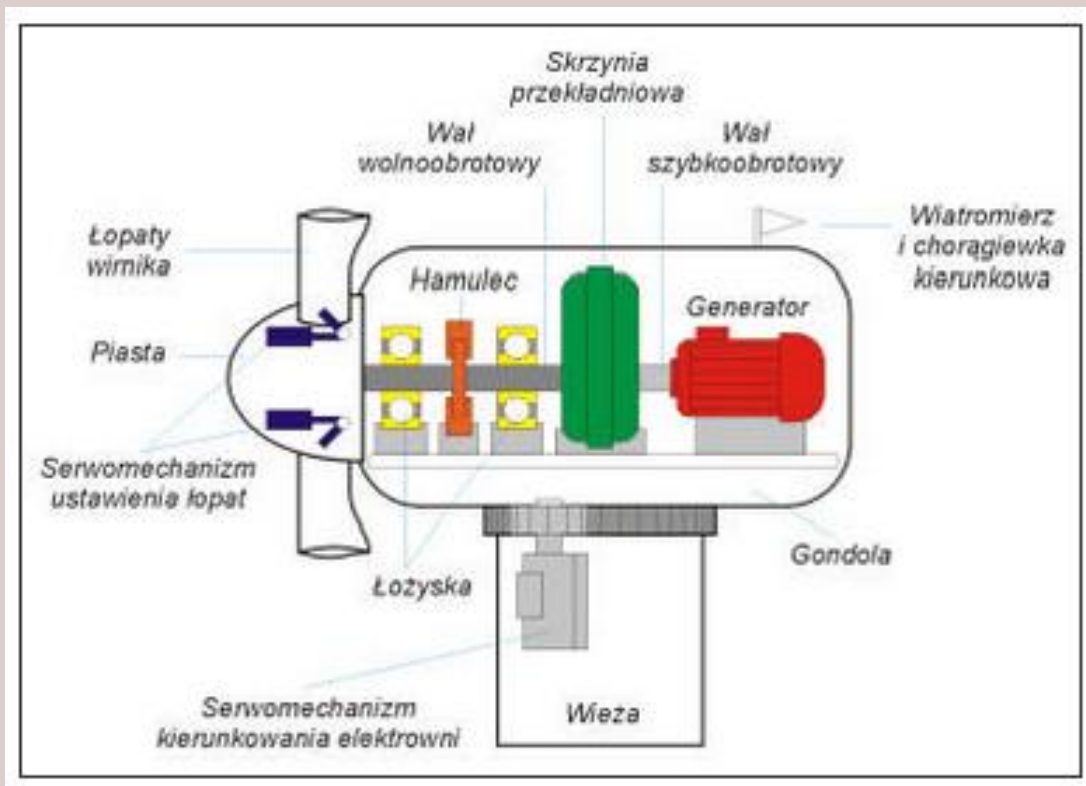
Źródło: <https://de.wikipedia.org/wiki/Windkraftanlage>

- Wytwarzanie energii elektrycznej
- Pompa wodna

WYKORZYSTANIE W TECHNICE



Przekrój dzisiejszych turbin powietrznych



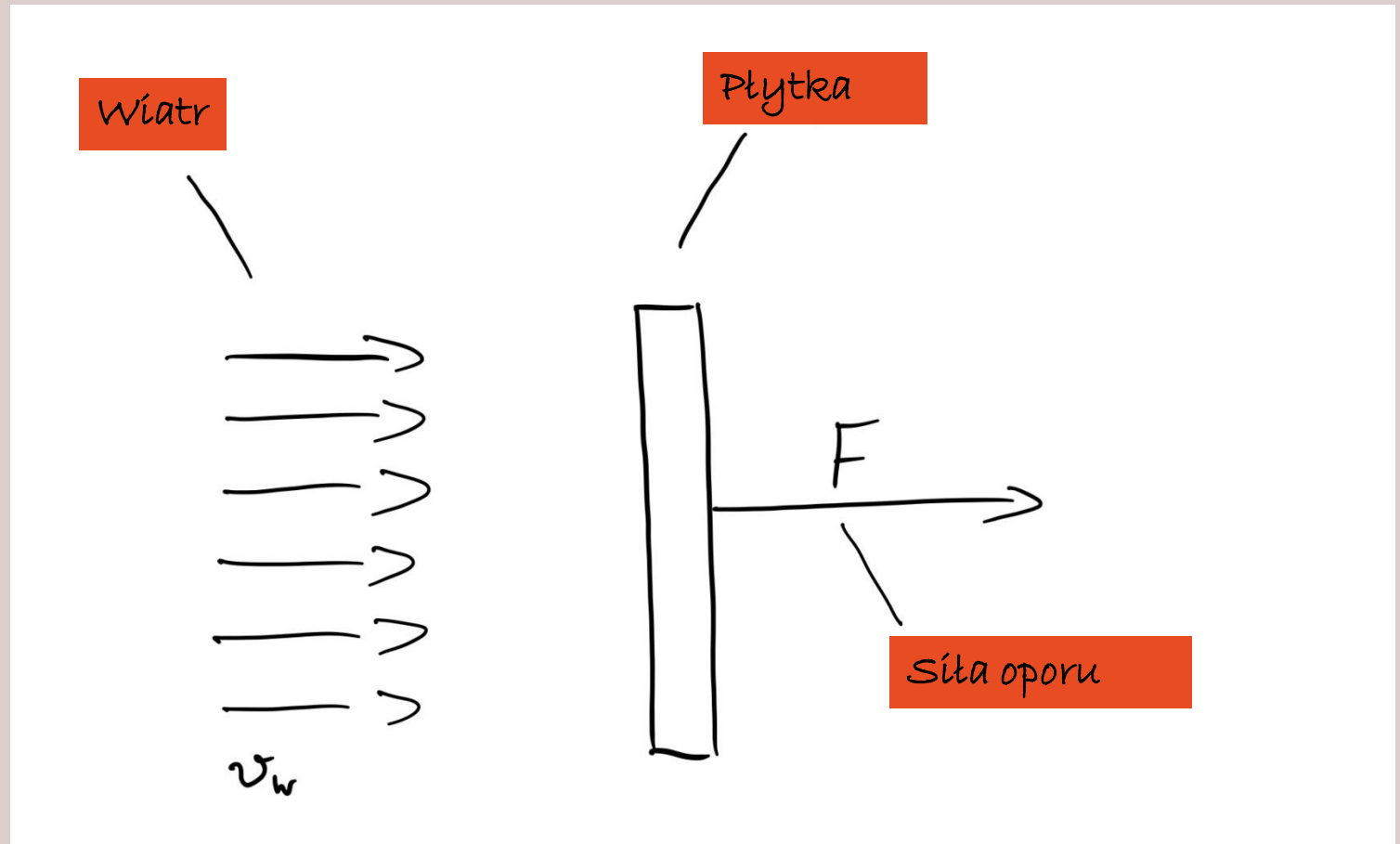
Źródło: <https://www.instsani.pl/>

- Przekształcenie energii wiatru w energię obrotową
- Przeniesienie napędu za pomocą skrzyni biegów (nie zawsze!)
- Przekształcenie energii obrotowej w energię elektryczną za pomocą generatora

ZASADA DZIAŁANIA SIŁOWNI WIATROWEJ



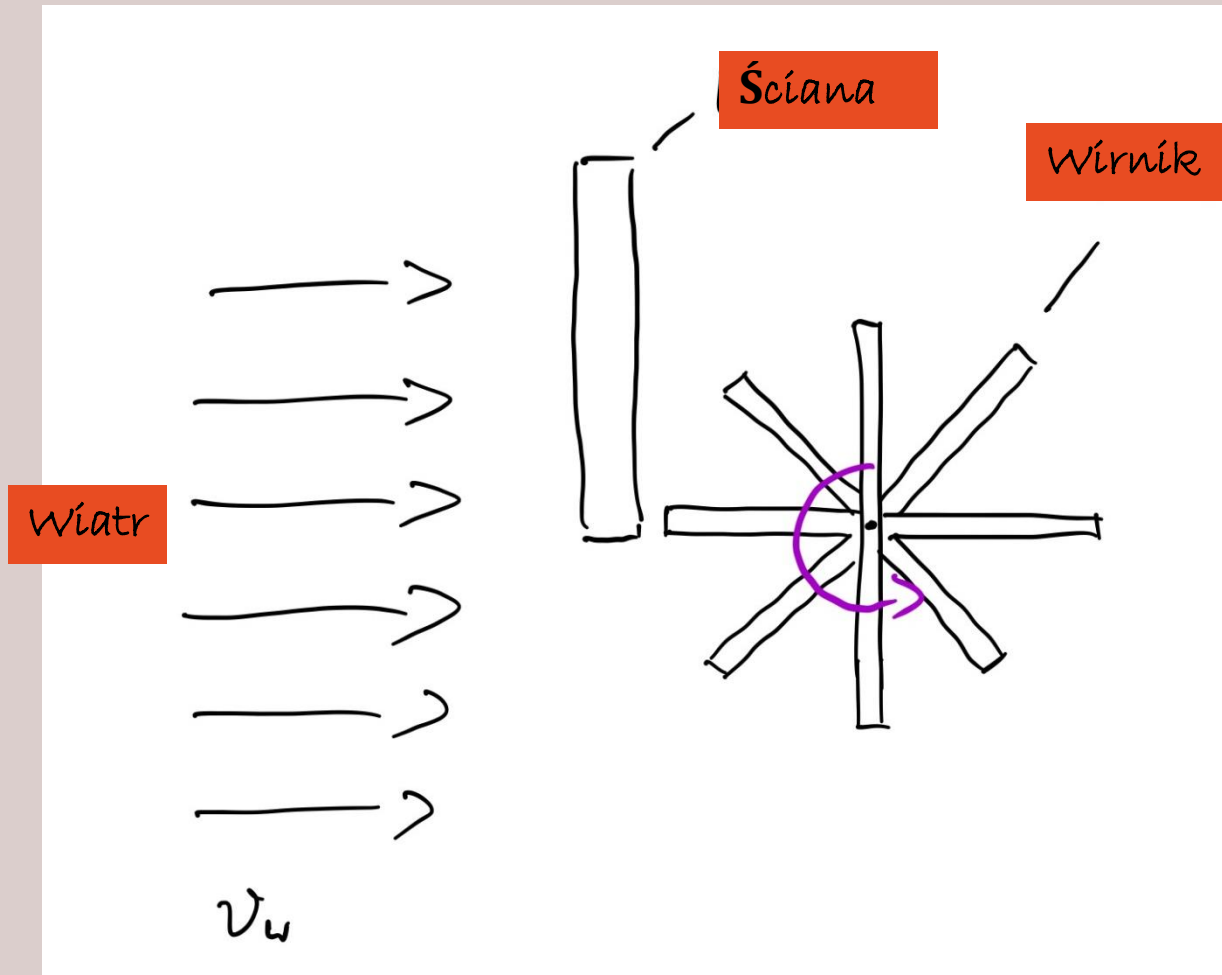
Rotor oporowy



ZASADA DZIAŁANIA SIŁOWNI WIATROWEJ



Rotor oporowy



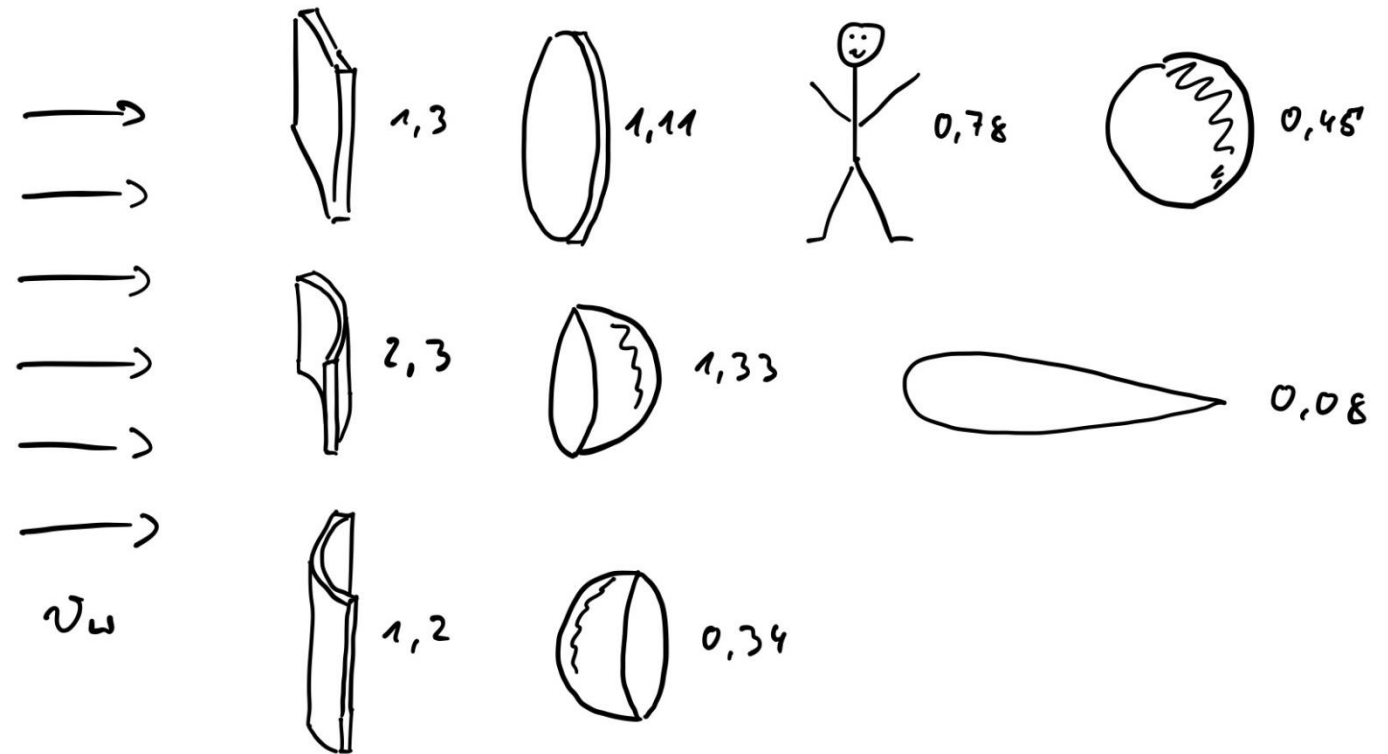
Zasada działania siłowni wiatrowej



Rotor oporowy

Wartości liczbowe- c_w - współczynnik siły oporu

Wiatr



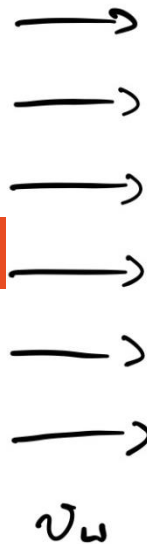
ZASADA DZIAŁANIA SIŁOWNI WIATROWEJ



Rotor oporowy

$$F_{wiatru} = \frac{\rho_{powietrza}}{2} * v_{wiatru}^2 * c_w * A$$

Wiatr



$$c_{w,wypukła} = 1, 2$$

$$c_{w,wklęśła} = 2, 3$$



Rotor Savoniusa

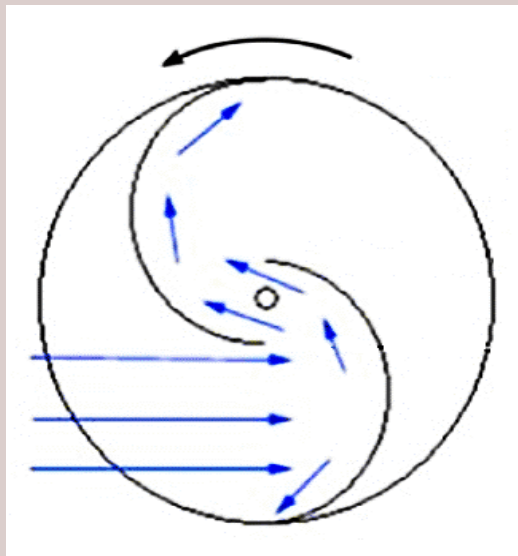
ZASADA DZIAŁANIA SIŁOWNI WIATROWEJ



Rotor oporowy

Kierunek rotacji

wiatr



Turbina Savoniusa

- Rotor oporowy
- Powierzchnie o różnych współczynnikach oporu

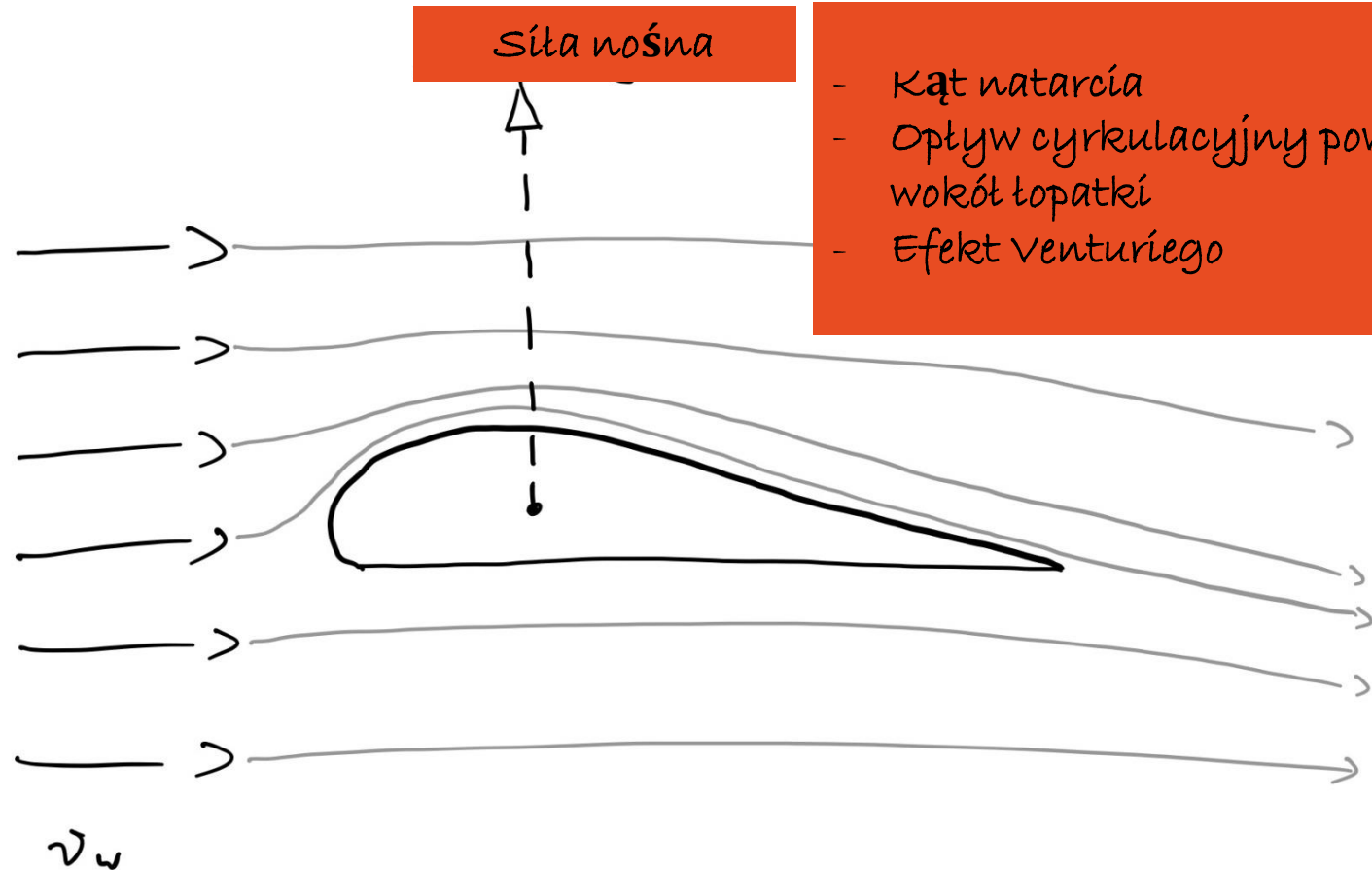
Źródło: <https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S2352340918307649-gr1.jpg>

ZASADA DZIAŁANIA SIŁOWNI WIATROWEJ



Powstawanie siły
nośnej na
łopatkę wirnika

Wiatr

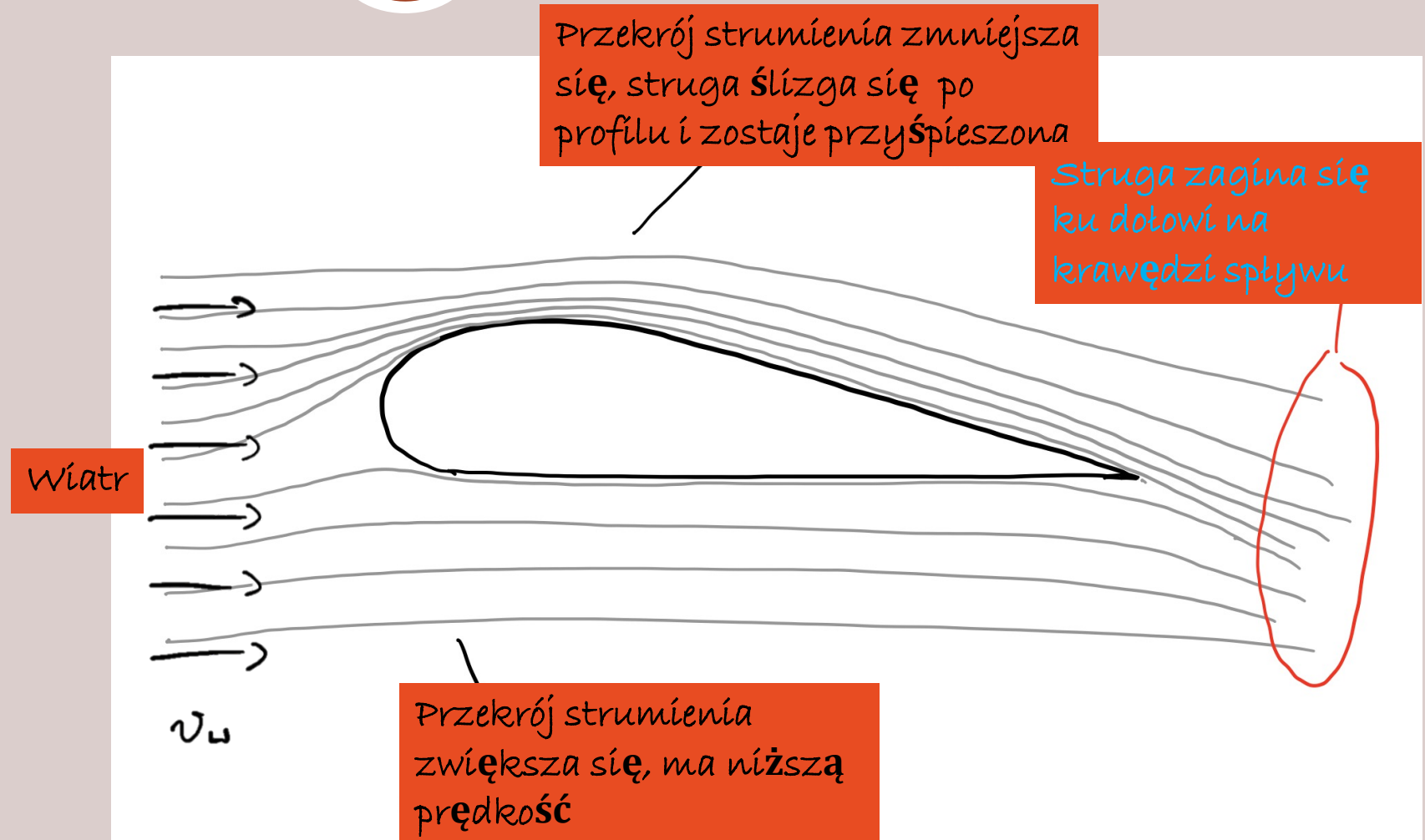


- Kąt natarcia
- Optyw cyrkulacyjny powietrza wokół łopatkí
- Efekt Venturiego

ZASADA DZIAŁANIA SIŁOWNI WIATROWEJ



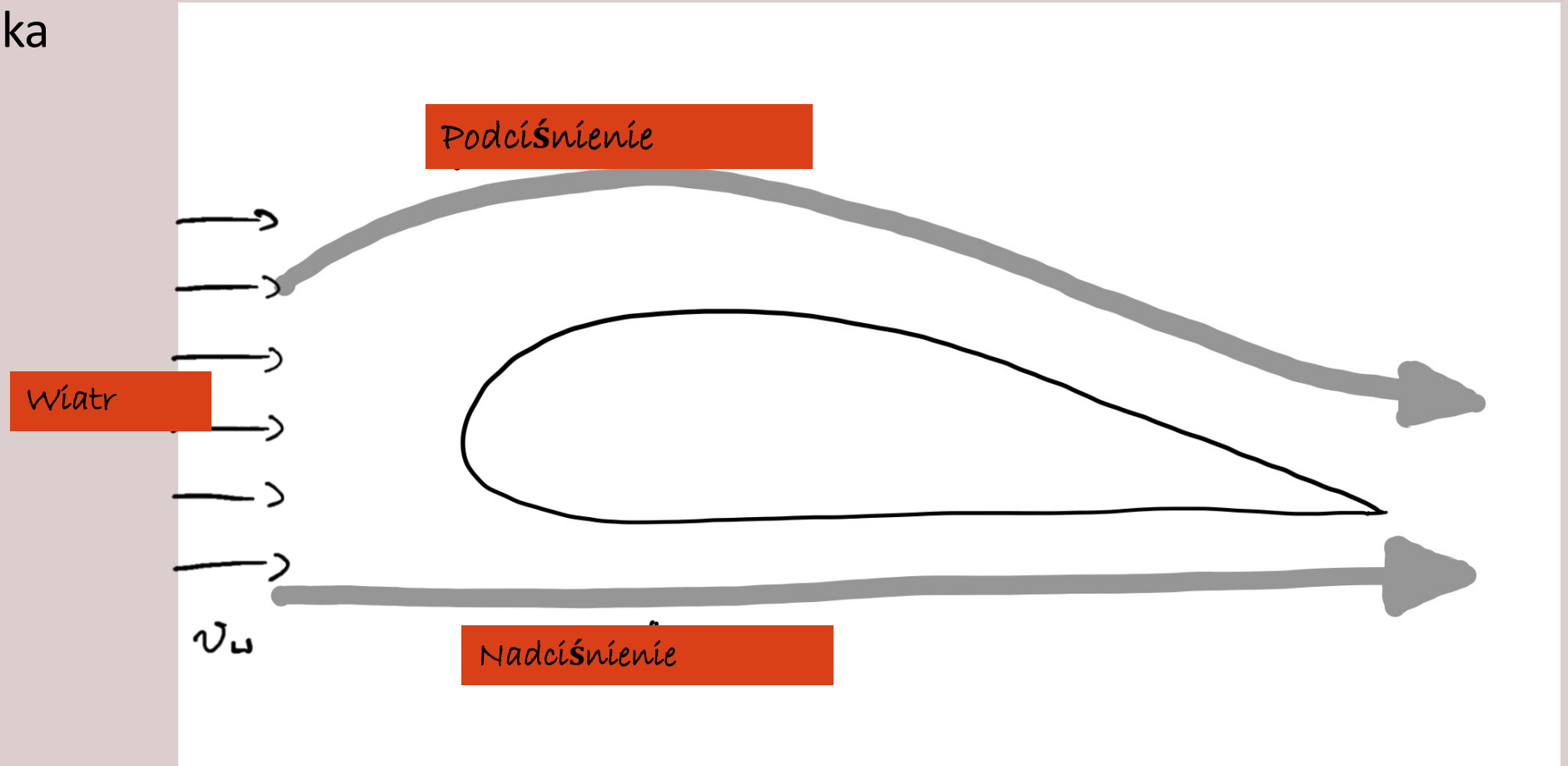
Aerodynamika
skrzydła



ZASADA DZIAŁANIA SIŁOWNI WIATROWEJ



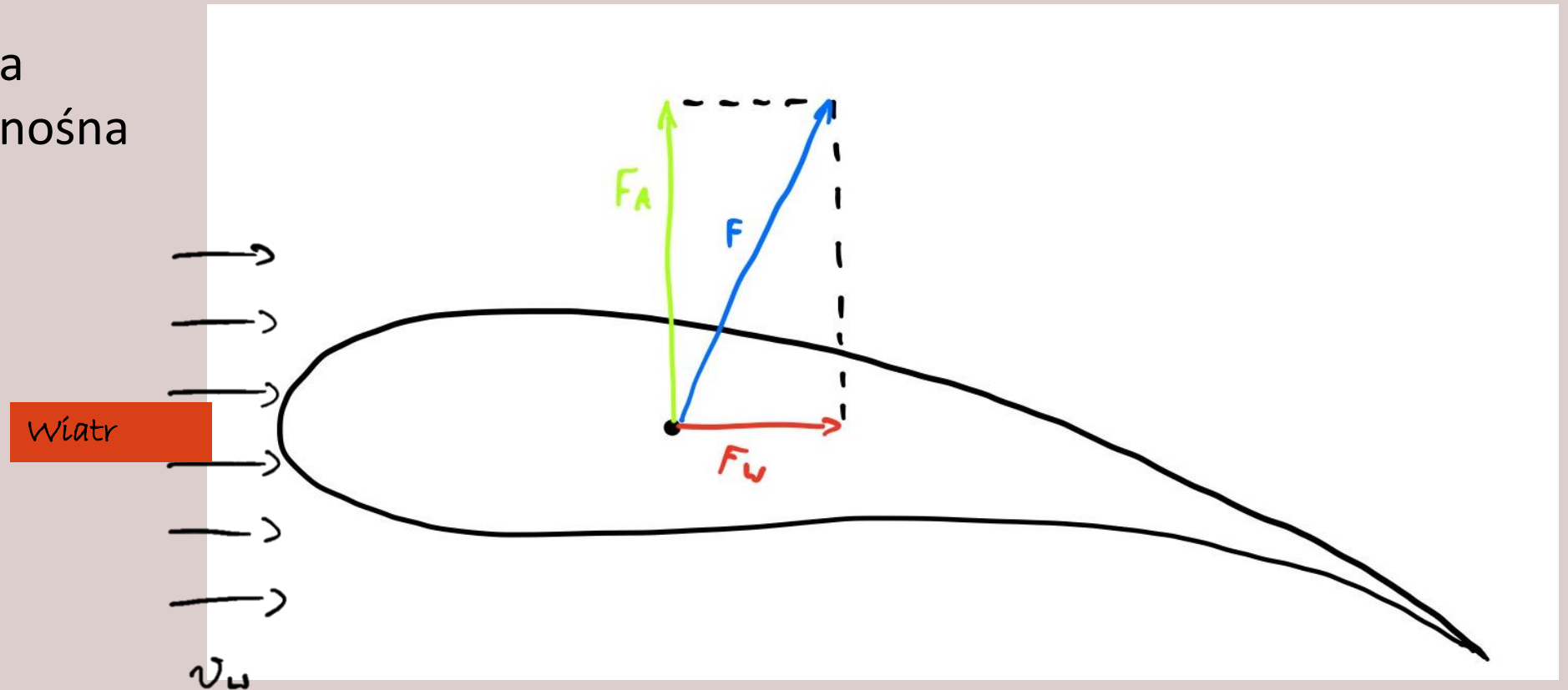
Aerodynamika
skrzydła



ZASADA DZIAŁANIA SIŁOWNI WIATROWEJ



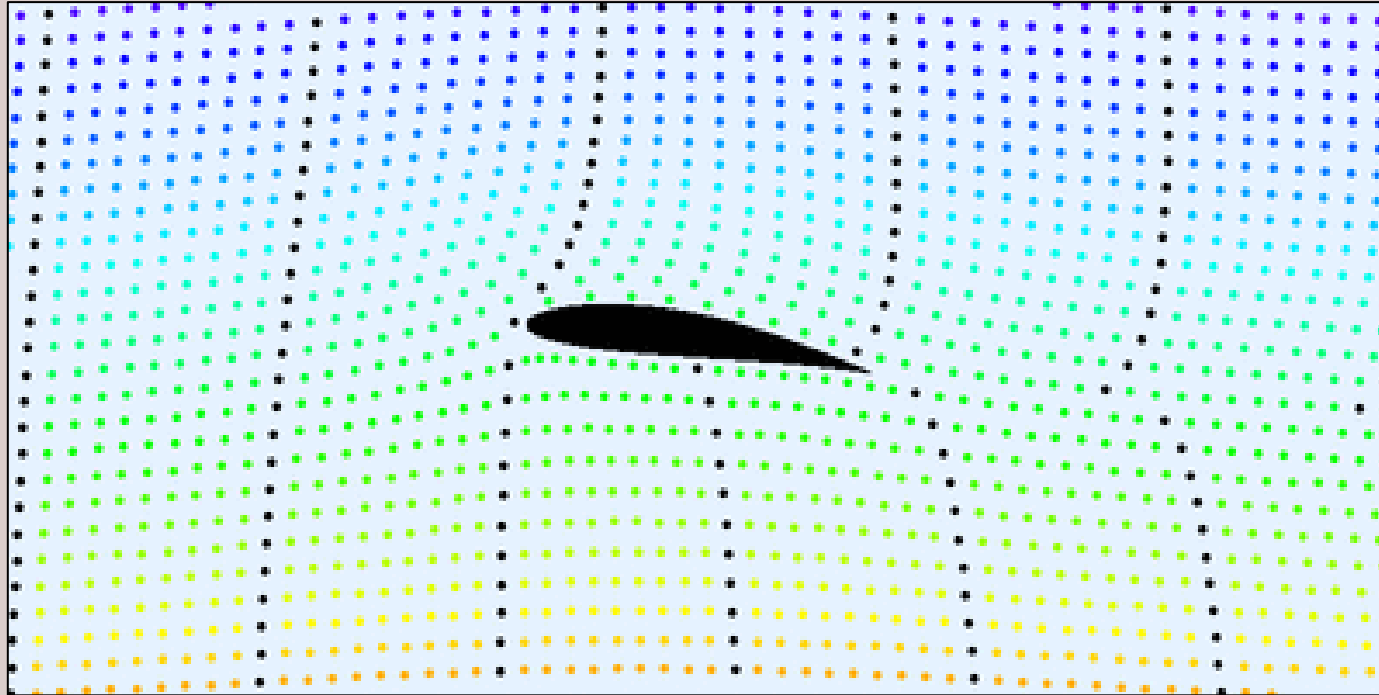
Aerodynamika
skrzydła- siła nośna



ZASADA DZIAŁANIA SIŁOWNI WIATROWEJ



Aerodynamika skrzydła

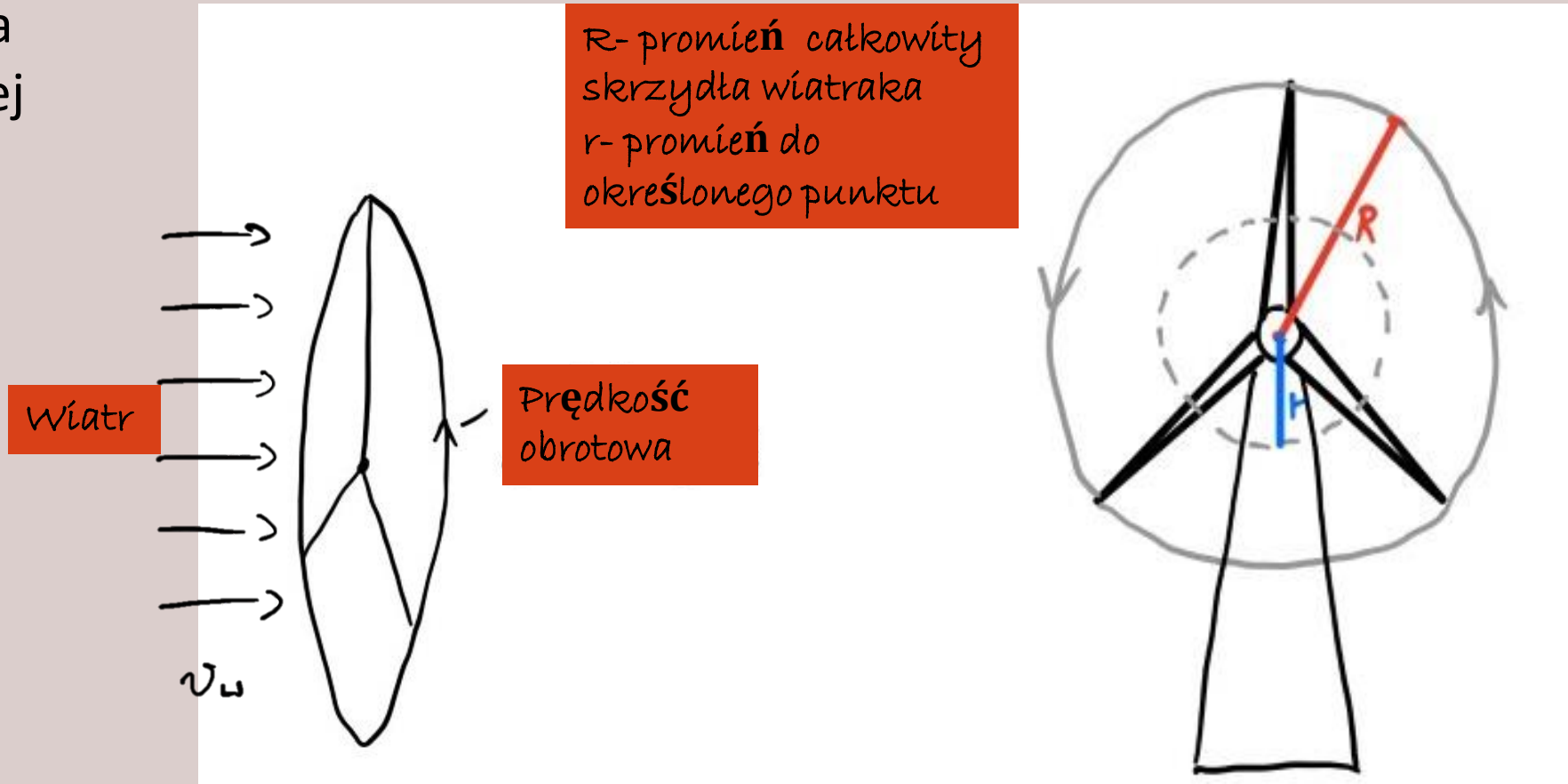


Źródło: https://de.wikipedia.org/wiki/Dynamischer_Auftrieb#/media/Datei:Karman_trefftz.gif

ZASADA DZIAŁANIA SIŁOWNI WIATROWEJ



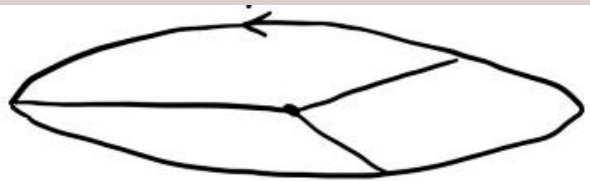
Rotor działający na zasadzie siły nośnej



ZASADA DZIAŁANIA SIŁOWNI WIATROWEJ

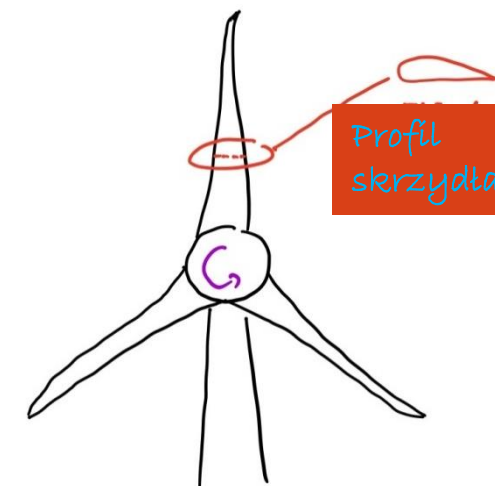
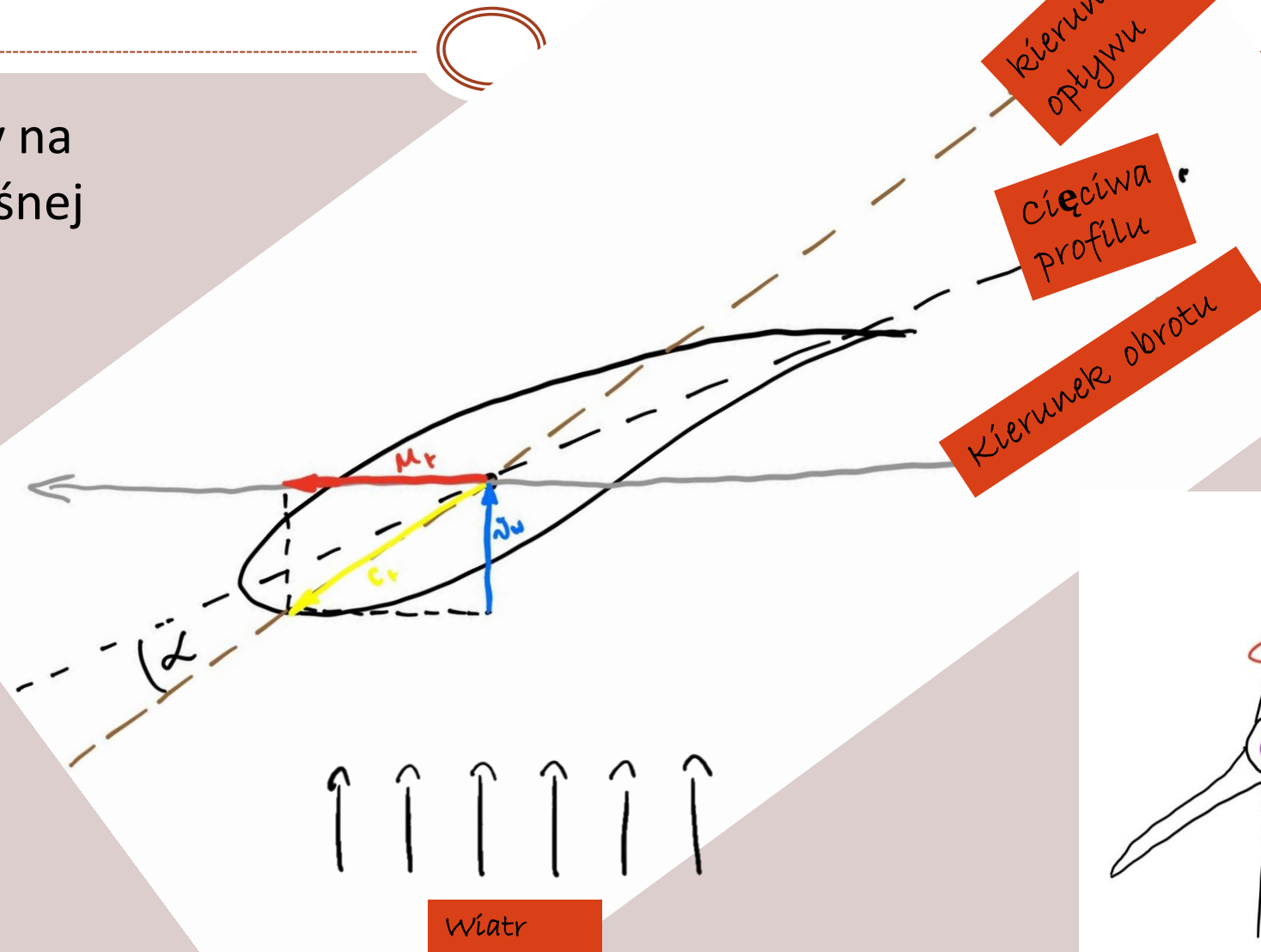


Rotor działający na zasadzie siły nośnej



Rotor z góry

α - kąt natarcia
 v_w - prędkość wiatru
 c_r - prędkość względna strugi
 u_r - prędkość łopatek zależna od promienia r



ZASADA DZIAŁANIA SIŁOWNI WIATROWEJ

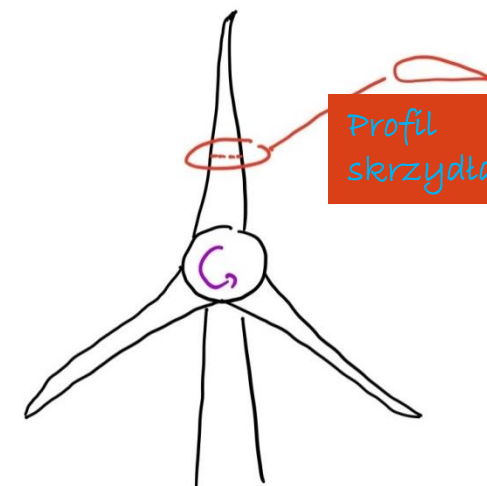
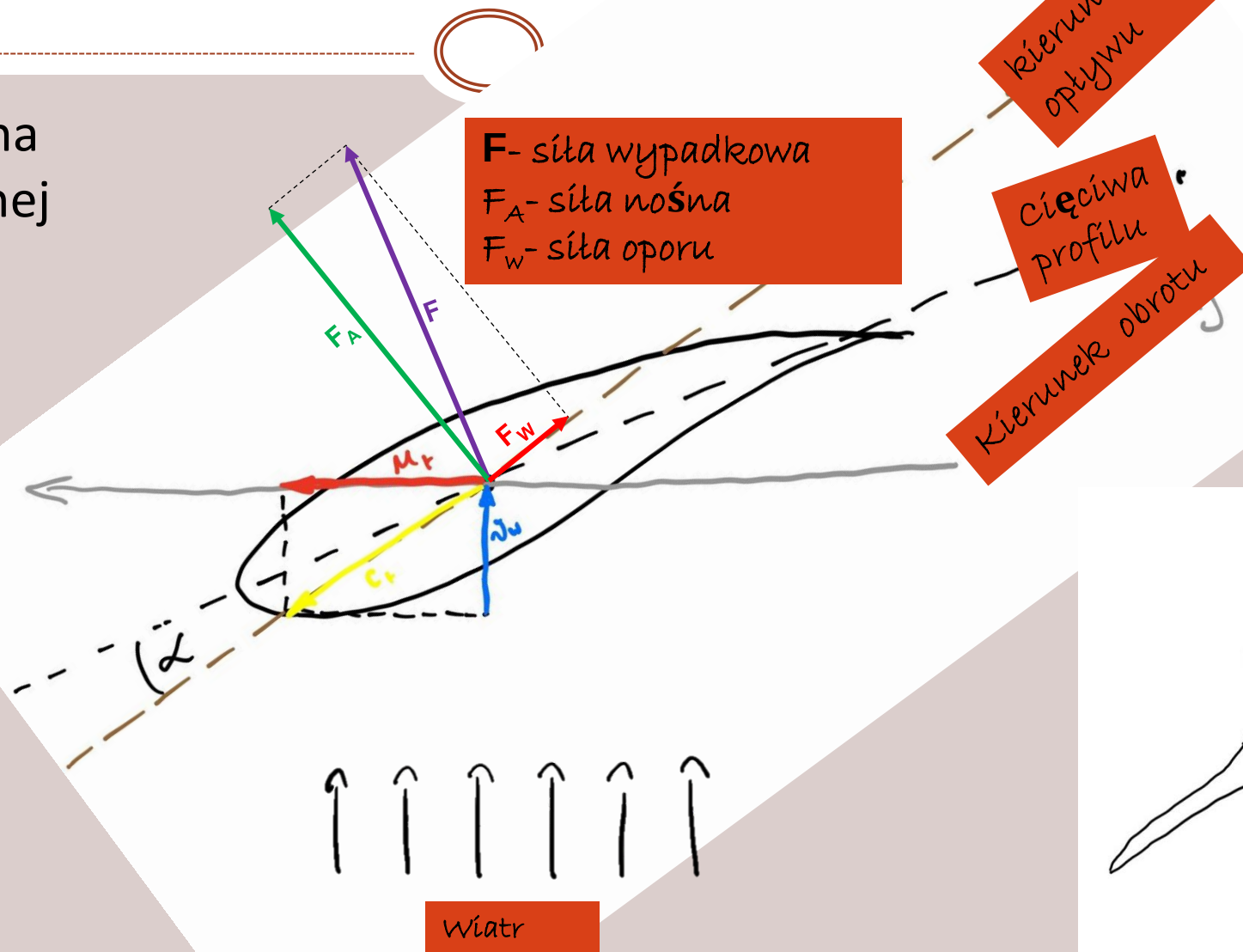


Rotor działający na zasadzie siły nośnej

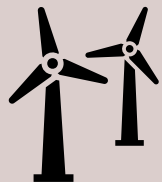


Rotor z góry

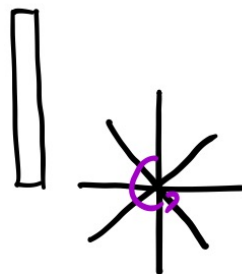
α - kąt natarcia
 v_w - prędkość wiatru
 c_r - prędkość względna strugi
 u_r - prędkość łopatkí zależna od promienia r



RODZAJE TURBIN WIATROWYCH



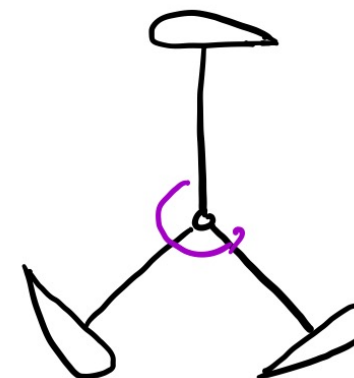
Rotor pionowy



Wirnik
typu
perskiego



Wirnik
Savoniu'sa

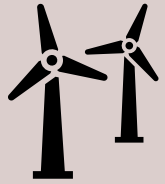


Wirnik Darrieu'sa

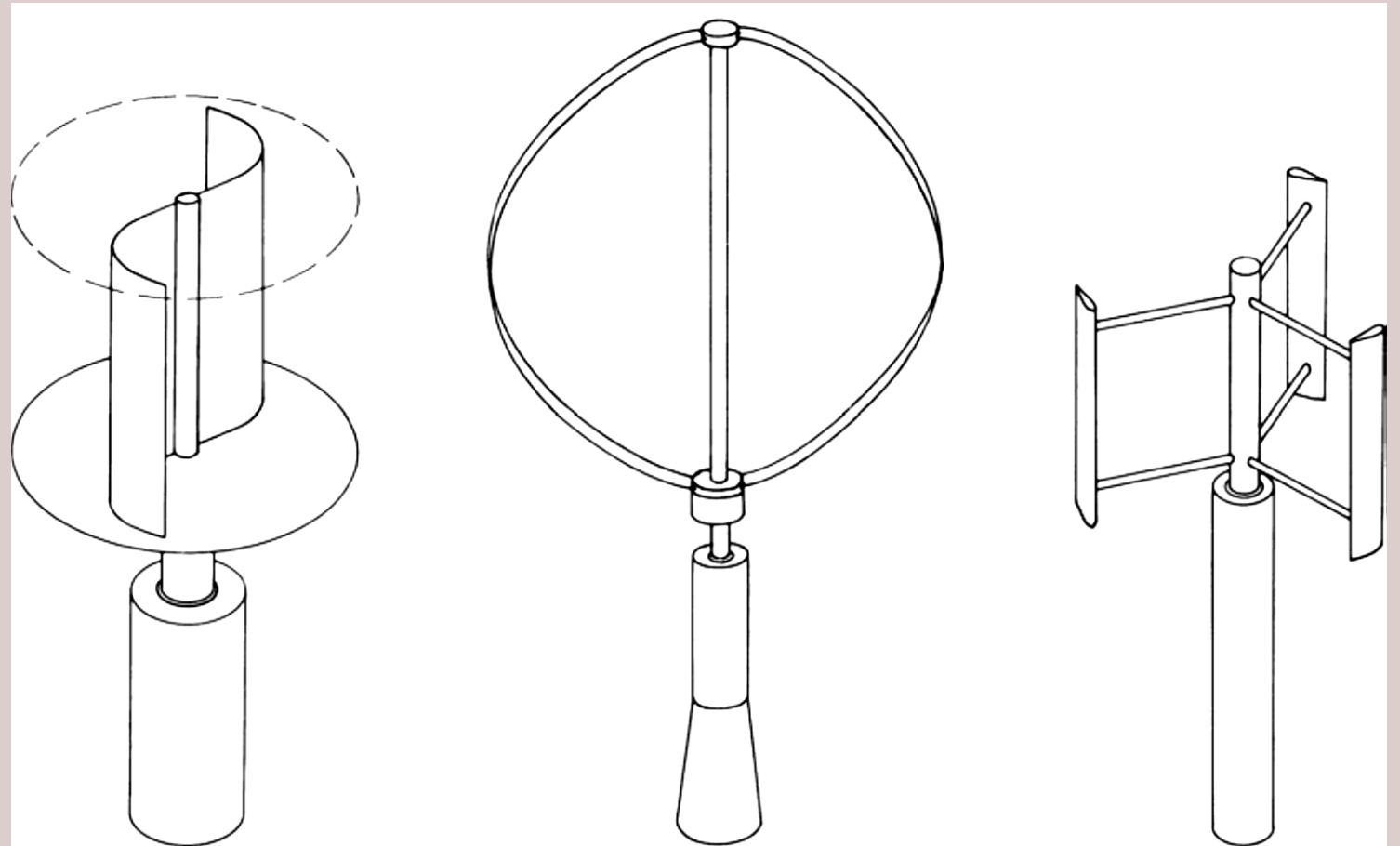
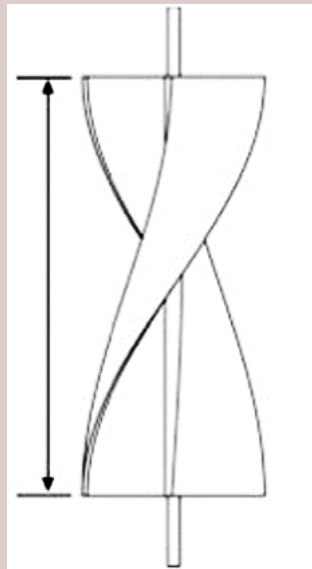
działające na zasadzie
oporu

działające na zasadzie siły
nośnej

RODZAJE TURBIN WIATROWYCH

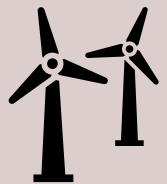


Rotor pionowy

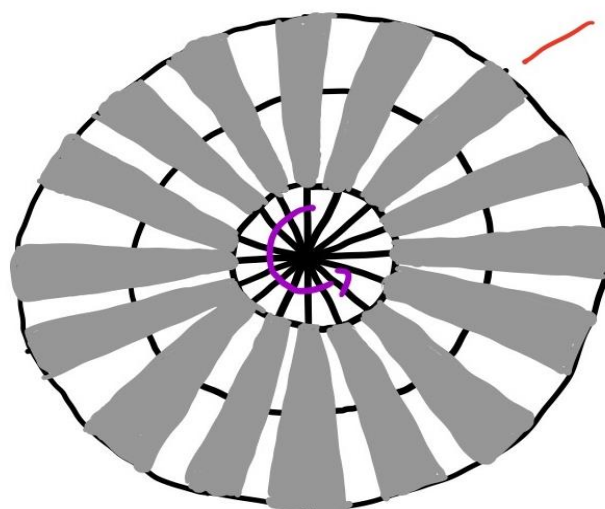


Źródło: <https://elite.tugraz.at/Jungbauer/3.htm>

RODZAJE TURBIN WIATROWYCH



Rotor poziomy

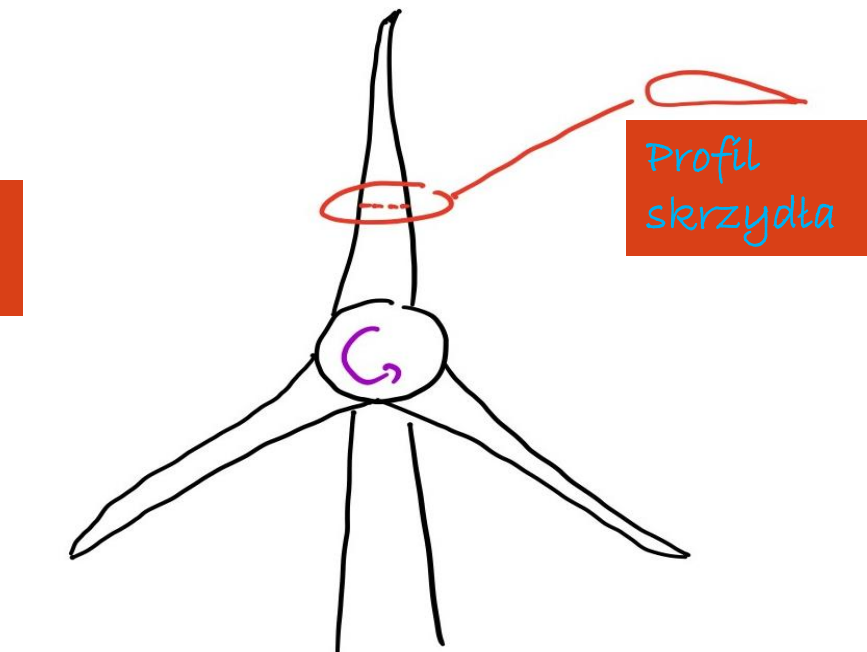


Rotor typu Western

działający na zasadzie
oporu



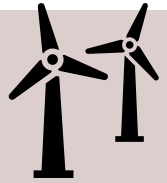
Profil
płaski



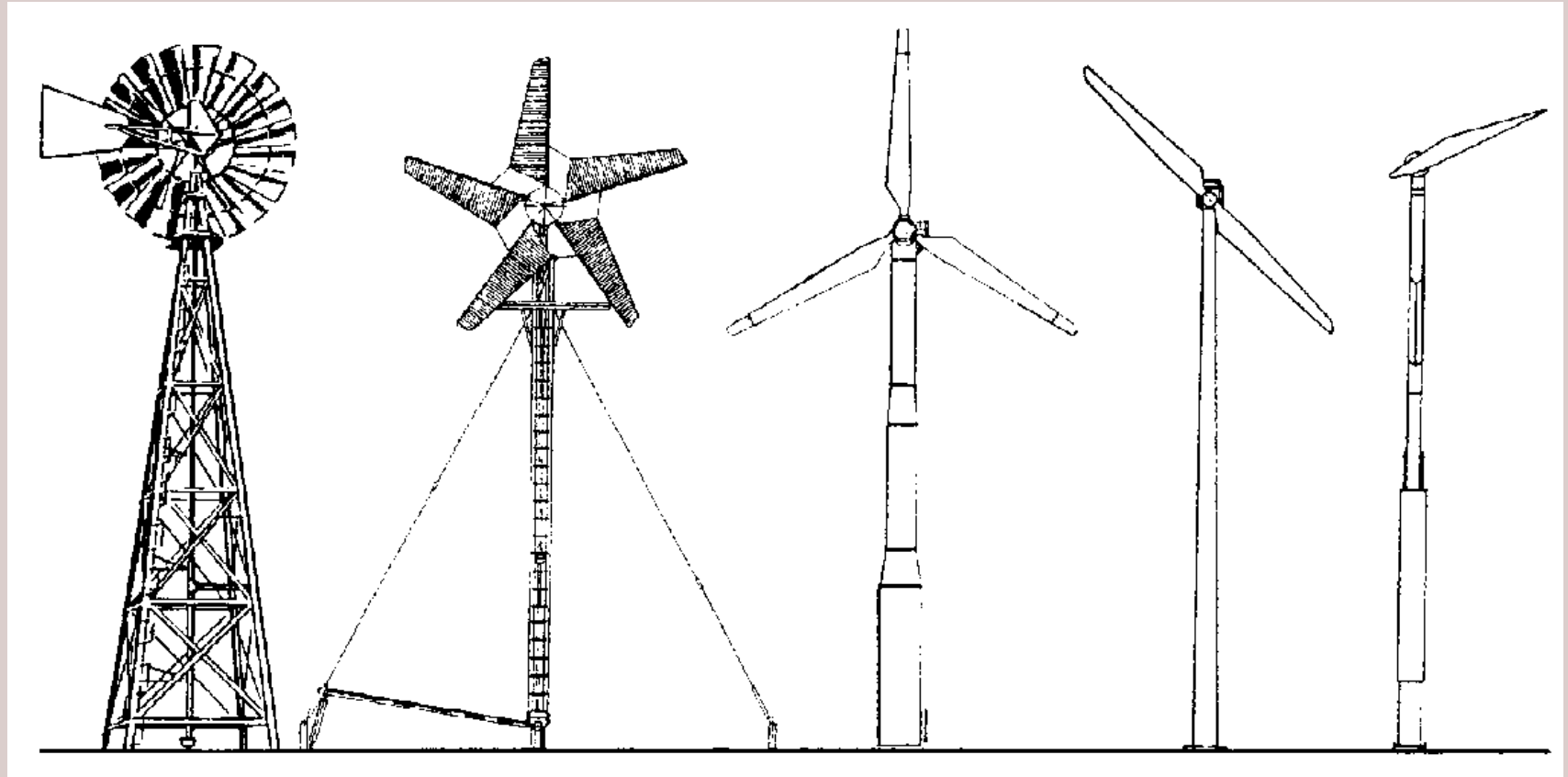
Profil
skrzydła

działający na zasadzie siły
nośnej

RODZAJE TURBIN WIATROWYCH

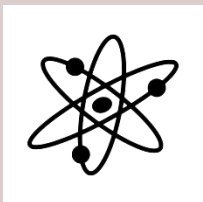


Rotor poziomy



Źródło: <https://elite.tugraz.at/Jungbauer/3.htm>

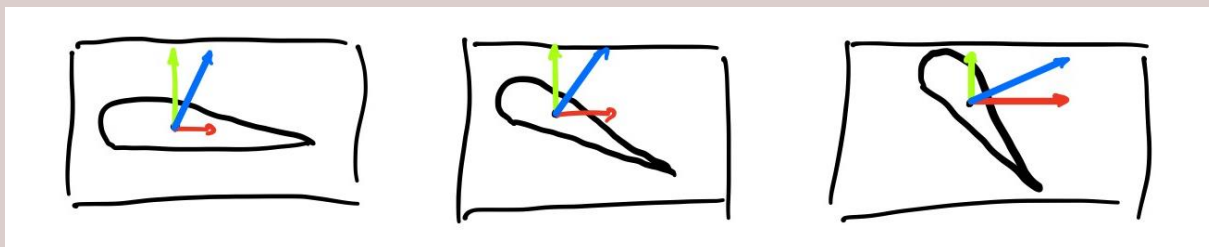
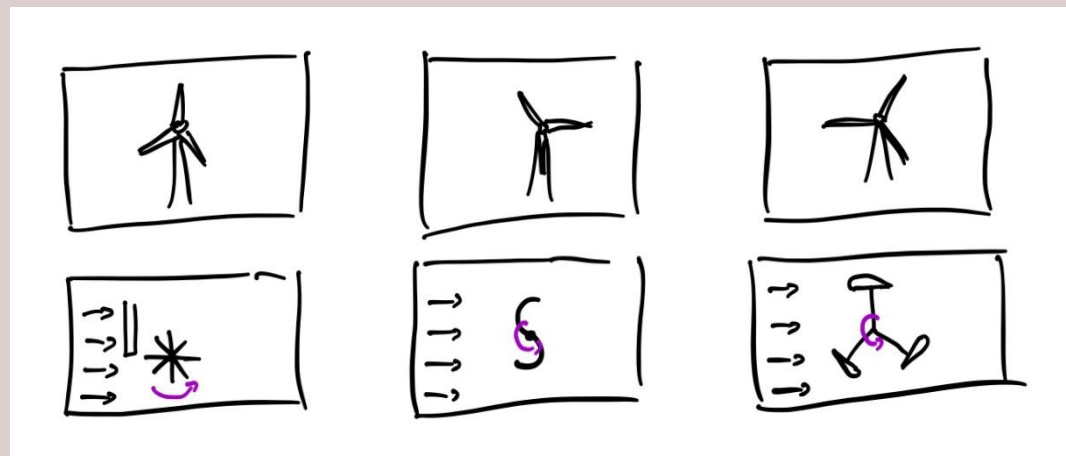
PROPOZYCJE ANIMACJI



-> Rotacja turbiny 2D



-> Rotacja pionowej turbiny 3D



-> Siły działające na łopatkę