

# FIZIKA KOLESARJENJA

Avtor: Bine Flajnik  
Mentor: prof. dr. Marko Žnidarič

# UVOD

- Prevozno sredstvo prihodnosti?
- Poceni.
- Prijazno do okolja.
- Dobro za zdravje voznika.



# VSEBINA

- ❑ Pridobivanje energije v človeškem telesu.
- ❑ Hlajenje telesa.
  
- ❑ Sila zračnega upora.
- ❑ Kotalno trenje.
- ❑ Moč in hitrost pri kolesarjenju.



# PRIDOBIVANJE ENERGIJE

- Gorivo predstavljata hrana in pijača.

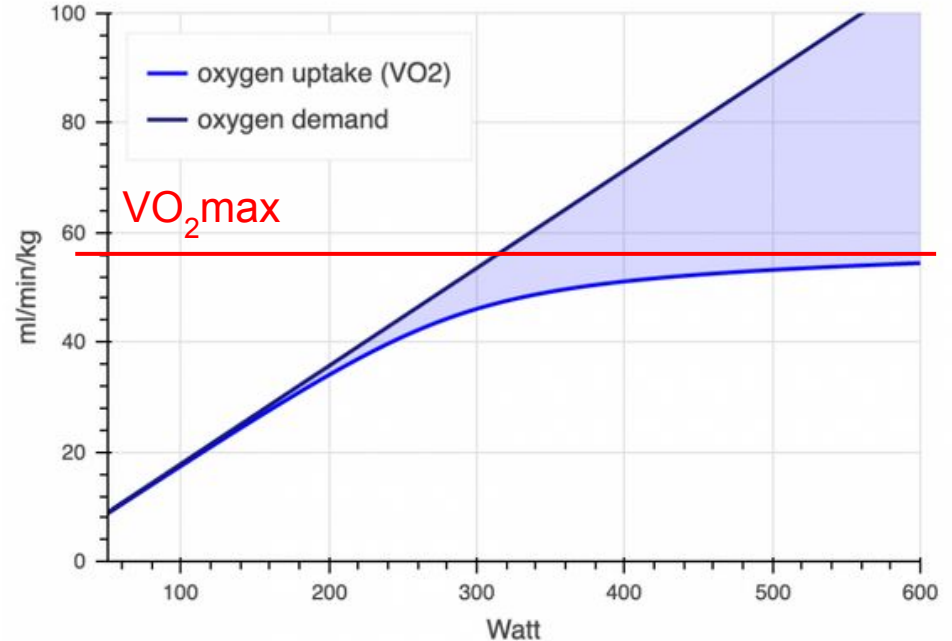
- $$\eta = \frac{E_{Mehanska}}{E_{Gorivo}} \approx 25\%$$

- Bazalni metabolizem - v mirovanju telo porablja okoli 1800 kcal/dan = 90 W.
- 3 različni viri energije.

# PRIDOBIVANJE ENERGIJE

## VIRI ENERGIJE

- ATP molekule - za kratke, zelo intenzivne napore - do 10 s, v celoti anaerobno.
- Ogljikovi hidrati - za srednje dolge napore. Pri višji intenzivnosti anaerobno, pri nižjih aerobno. Gostota energije: 16 MJ/kg
- Maščobe - pri nizkih intenzivnostih, samo aerobno, dovolj energije za več dni. Gostota energije: 37 MJ/kg

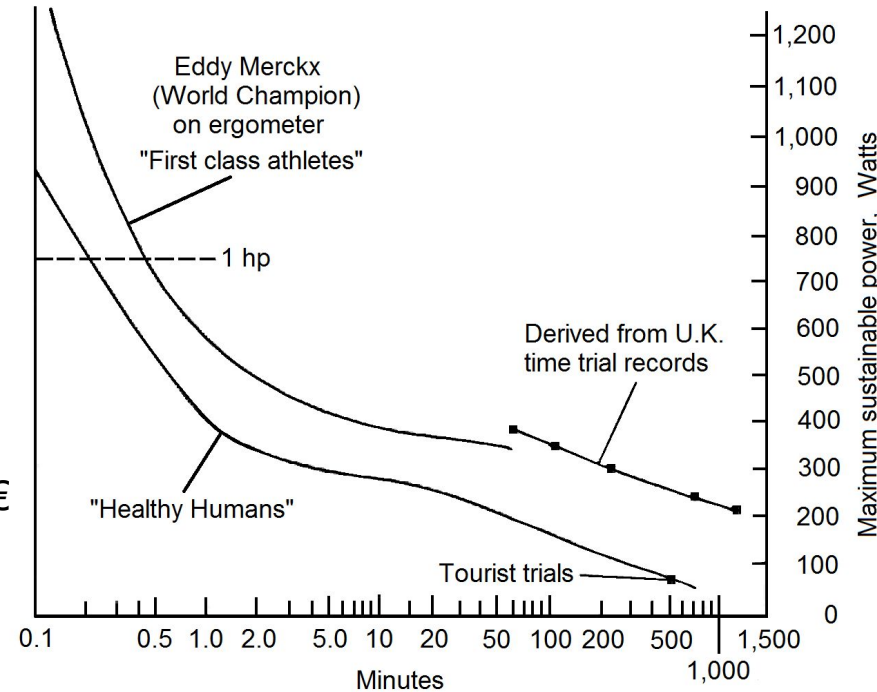


VO<sub>2</sub> max - maksimalna prostornina kisika, ki ga ob fizični aktivnosti telo lahko porabi.

# PRIDOBIVANJE ENERGIJE

## ČLOVEŠKA MOČ

- Reda velikosti 100 W.
- V 1h pri 200 W porabimo 2.9 MJ energije = 700 kcal in naredimo cca. 30 km. 700 kcal v 200 g makaronov  $\approx$  0.7 €.
- Z avtomobilom za 30 km porabimo  $\sim$ 2 l bencina  $\approx$  3 €
- $\frac{3}{4}$  porabljene energije gre za segrevanje telesa - pomembni hladilni mehanizmi.



# HLAJENJE

- Sevanje
- Izhlapevanje
- Konvekcija
- Prevajanje



## SEVANJE

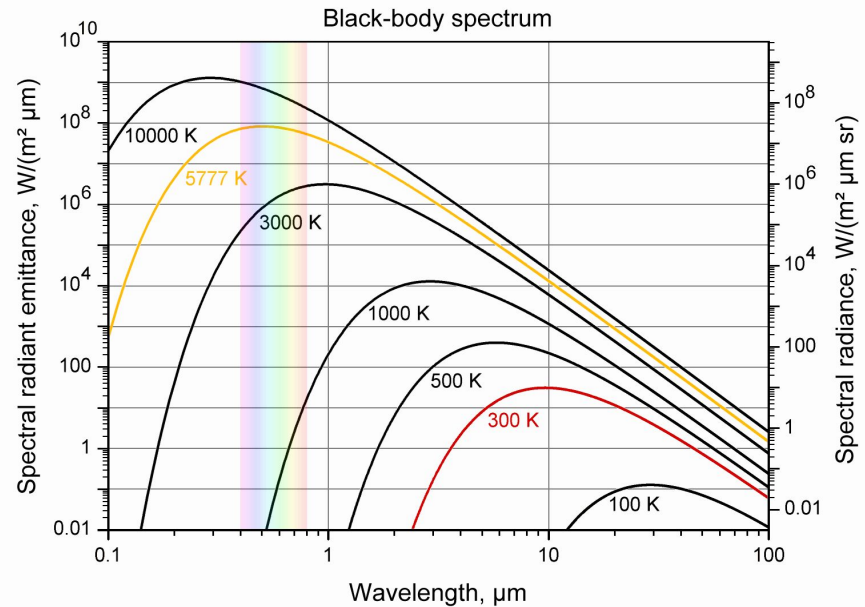
- Zaradi nihanja nabitih delcev snov seva elektromagnetne žarke.
- Gostota toka pri črnem telesu odvisna le od temperature (Po Stefan-Boltzmannovem zakonu):

$$j = \sigma T^4$$

- Gostota toka je po valovnih dolžinah porazdeljena po Planckovem zakonu:

$$\frac{dj}{d\lambda} = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{hc/(k_B T \lambda)} - 1}$$

- V mirovanju glavni mehanizem hlajenja



$$P_{\text{sevanje}} = S\sigma(T^4 - T_{\text{okolje}}^4)$$

Za odraslega moškega:  $S \approx 2 \text{ m}^2$

$$T_{\text{okolje}} = 15 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow P = 227 \text{ W}, \quad T_{\text{okolje}} = 25 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow P = 56 \text{ W}$$

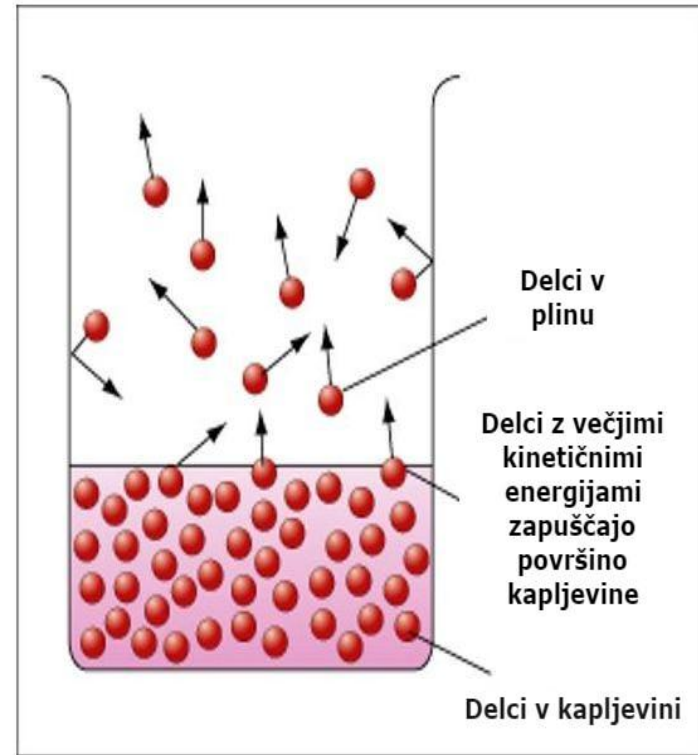
Pri direktni izpostavljenosti soncu dodatnih  $1 \text{ kW/m}^2$



# HLAJENJE

## IZHLAPEVANJE

- Sprememba faze iz kapljevinate v plinasto
- Molekule z večjimi kinetičnimi energijami zapuščajo površino kapljevine, zato se kapljevina hladi
- Izhlapevanje pospešujeta veter in visoka temperatura, zavira pa visoka vlažnost



$$P = \frac{dm}{dt} q$$

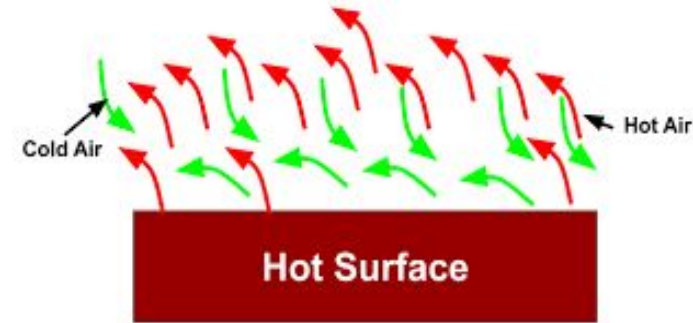
$$q = 2400 \text{ kJ/kg}$$

## KONVEKCIJA IN PREVAJANJE

- Konvekcija - prenos toplote zaradi premikov v tekočini. Naravna konvekcija - zaradi dvigovanja segretega, redkejšega zraka, prisiljena konvekcija - zaradi vetra, premikanja skozi zrak

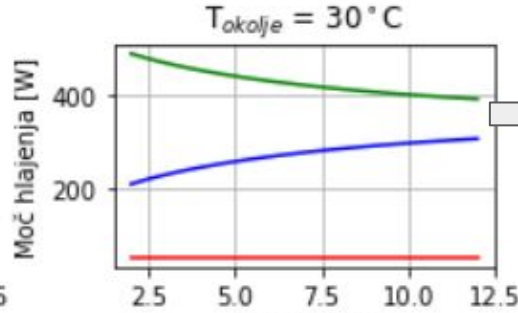
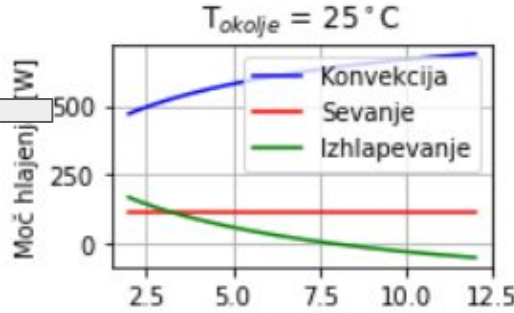
$$j = h_c(T - T_{\text{okolje}})$$

- Prevajanje - izmenjavanje toplote med dvema telesoma v medsebojnem stiku. Pri kolesarjenju zanemarljivo.



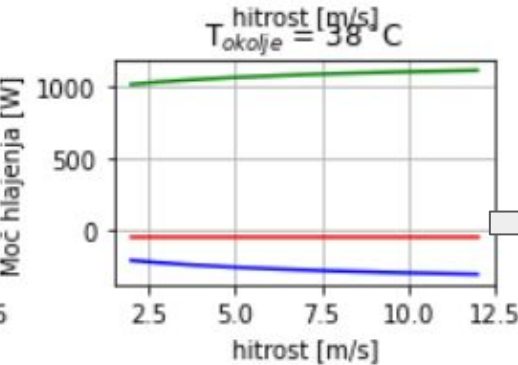
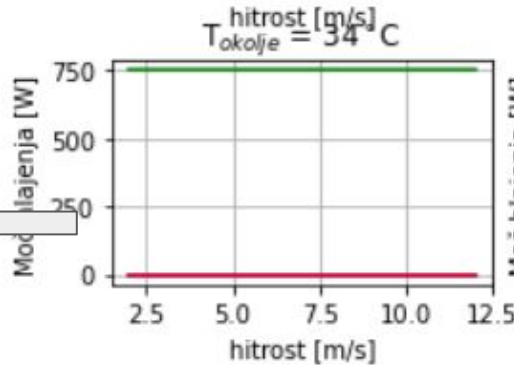
## SKUPNO HLAJENJE

Pri nižjih temperaturah je glavna konvekcija



Pri višjih hitrostih konvekcija pomembnejša

Temperatura kože - sevanje in konvekcija nimata vpliva



Sevanje in konvekcija tel grejeta

750 W hladilne moči z izhlapevanjem -  $1.125 I_{\text{H}_2\text{O}}/\text{h}$

$$P = S\sigma(T^4 - T_{okolje}^4) + \frac{dm_{\text{H}_2\text{O}}}{dt}q + Sh_c(T - T_{okolje})$$

# SILE PRI KOLESARJENJU

- Sila zračnega upora:  $F_A = \frac{1}{2} \rho C_u A v^2$
- Kotalno trenje:  $F_R = c_R m g$
- Gravitacijska sila (na klancu):

$$F_S = m g \frac{s}{\sqrt{1 + s^2}}$$

# SILE PRI KOLESARJENJU

## SILA ZRAČNEGA UPORA

$$F_A = 1/2 \rho c_u A v^2$$

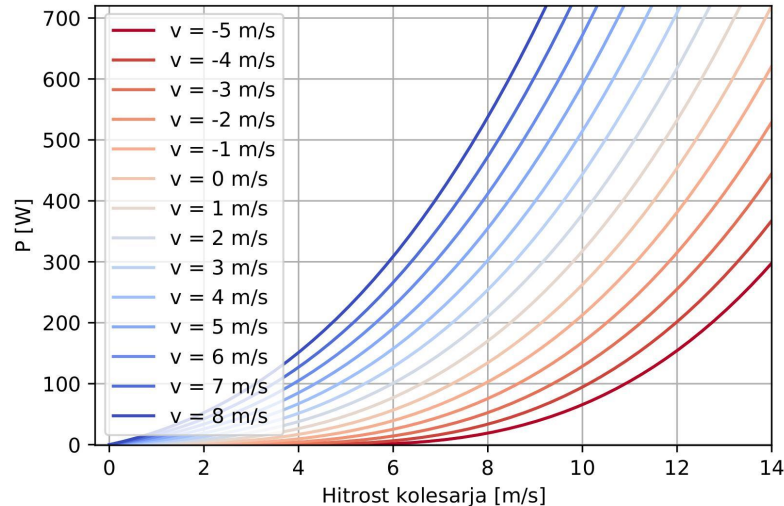
## HITROST KOLESARJA V VETRU:

Ko piha veter s hitrostjo  $v_v$  nasproti smeri vožnje :

$$F_A = 1/2 \rho c_u A (v + v_v)^2$$

$$P = 1/2 \rho c_u A (v + v_v)^2 v$$

$$c_u A \approx 0.4 \text{ m}^2$$



Shape	Drag Coefficient
Sphere	0.47
Half-sphere	0.42
Cone	0.50
Cube	1.05
Angled Cube	0.80
Long Cylinder	0.82
Short Cylinder	1.15
Streamlined Body	0.04
Streamlined Half-body	0.09

Measured Drag Coefficients

# SILA ZRAČNEGA UPORA

## VRSTE TOKOV:

- Laminaren:  
 $Re < 10^3$
- Turbulenten:  
 $Re > 10^6$
- Ločen - velike izgube energije

## Kolesarjenje:

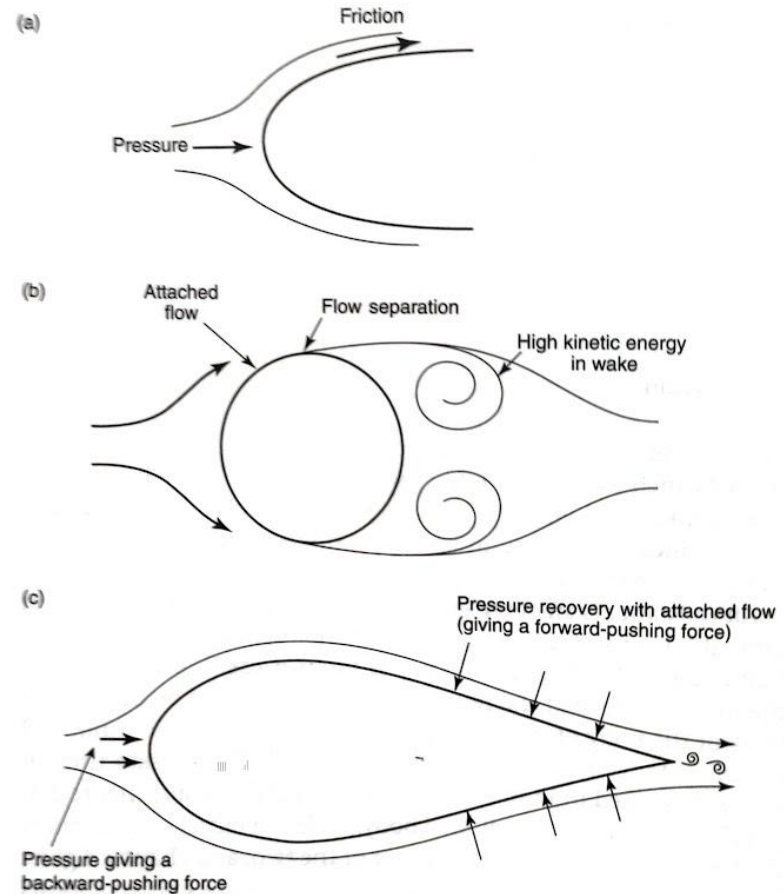
$\rho \approx 1 \text{ kg/m}^3$ ,  $\mu = 1.8 \cdot 10^{-5} \text{ kg/(ms)}$ ,  $v \sim 10 \text{ m/s}$ ,  $l \sim 0.5 \text{ m}$

$Re \sim 10^5$

## VRSTE SIL:

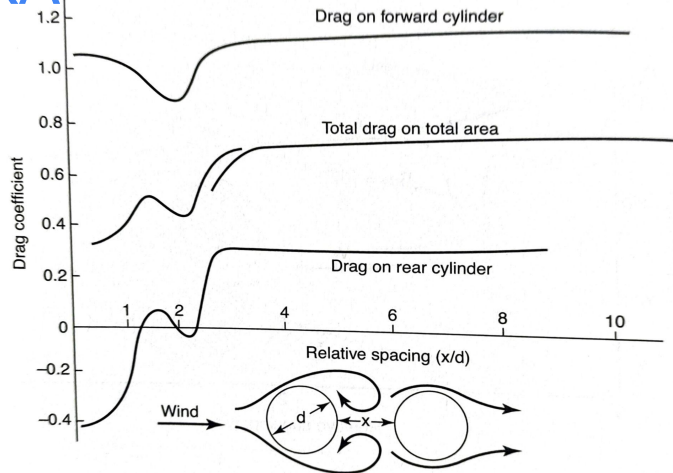
- Sila zaradi pritiska zraka
- Sila zaradi viskoznosti

$$Re = \frac{\rho}{\mu} v l$$



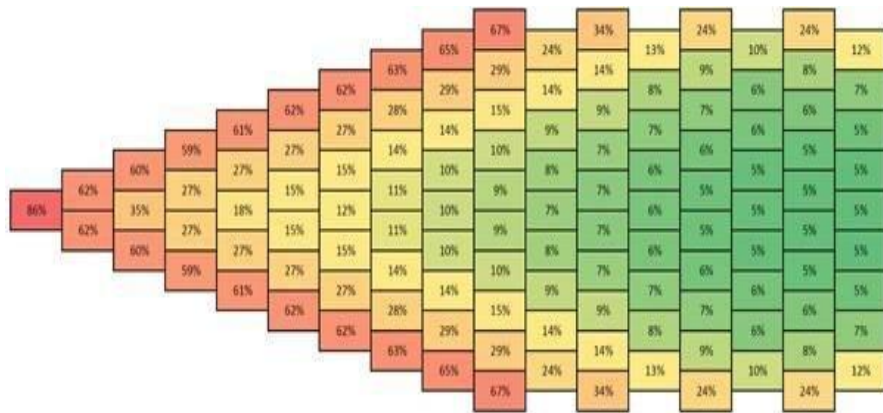
# SILA ZRAČNEGA UPORA

## ZAVETRJE



$$C_u = \frac{F_A}{\rho A v^2}$$

Osamljen valj:  $c_u = 1.17$



# SILE PRI KOLESARJENJU

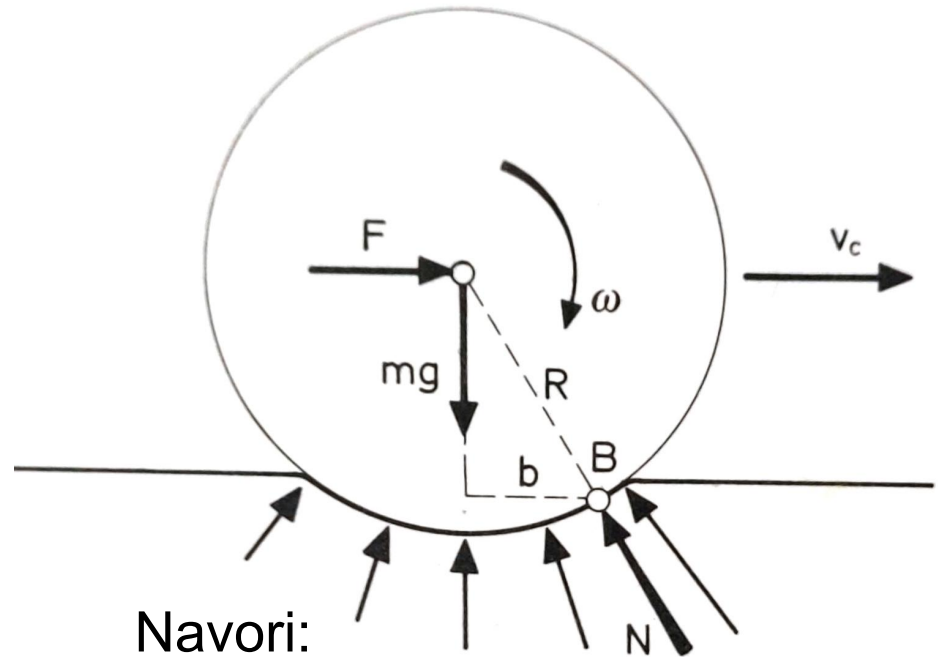
## KOTALNO TRENJE

Zaradi deformacije gum in/ali podlage

Značilne vrednosti pri kolesarjenju:  $c_R \sim 0.005$

Kotalno trenje večje pri večjih deformacijah

$$P = c_R mgv$$



$$FR = mgb$$

$$F = (b/R)mg$$

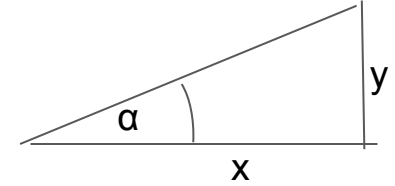
$$c_R = b/R$$



# SILE PRI KOLESARJENJU

## MOČ IN HITROST NA 3% KLANCU

$$P = \left( \frac{1}{2} \rho c_u A v^2 + c_R m g + m g \frac{s}{\sqrt{1+s^2}} \right) v$$

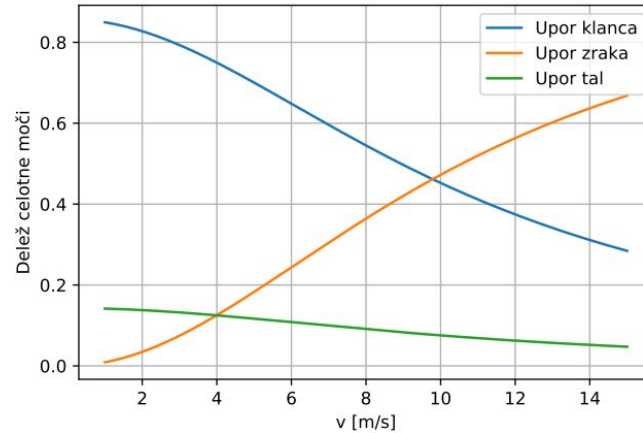
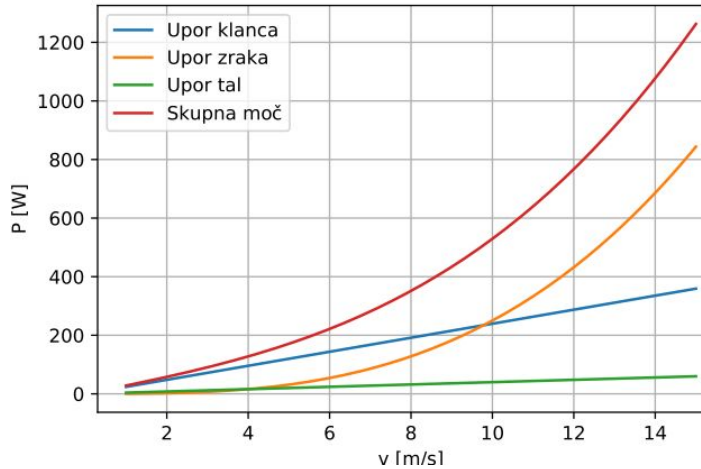


$$s = (y/x)$$

$$s = \tan(\alpha)$$

$$\sin(\alpha) = \sin(\arctan(\alpha))$$

$$\sin(\alpha) = m g s (1+s^2)^{-1/2}$$



$$m = 80 \text{ kg}, c_R = 0.005, c_u A = 0.4, s = 0.03$$



## ZAKLJUČEK

- Človeško telo je sufisticiran stroj, zato bi ga bilo treba več uporabljati
- Kolo je najbolj poceni hitro prevozno sredstvo, zagotovo bo v prihodnosti njegova vloga še večja.

