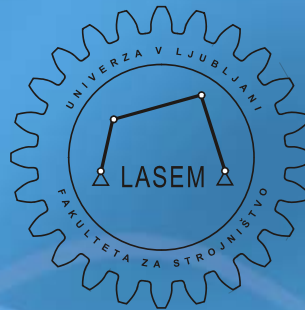


Univerza v Ljubljani  
Fakulteta za strojništvo



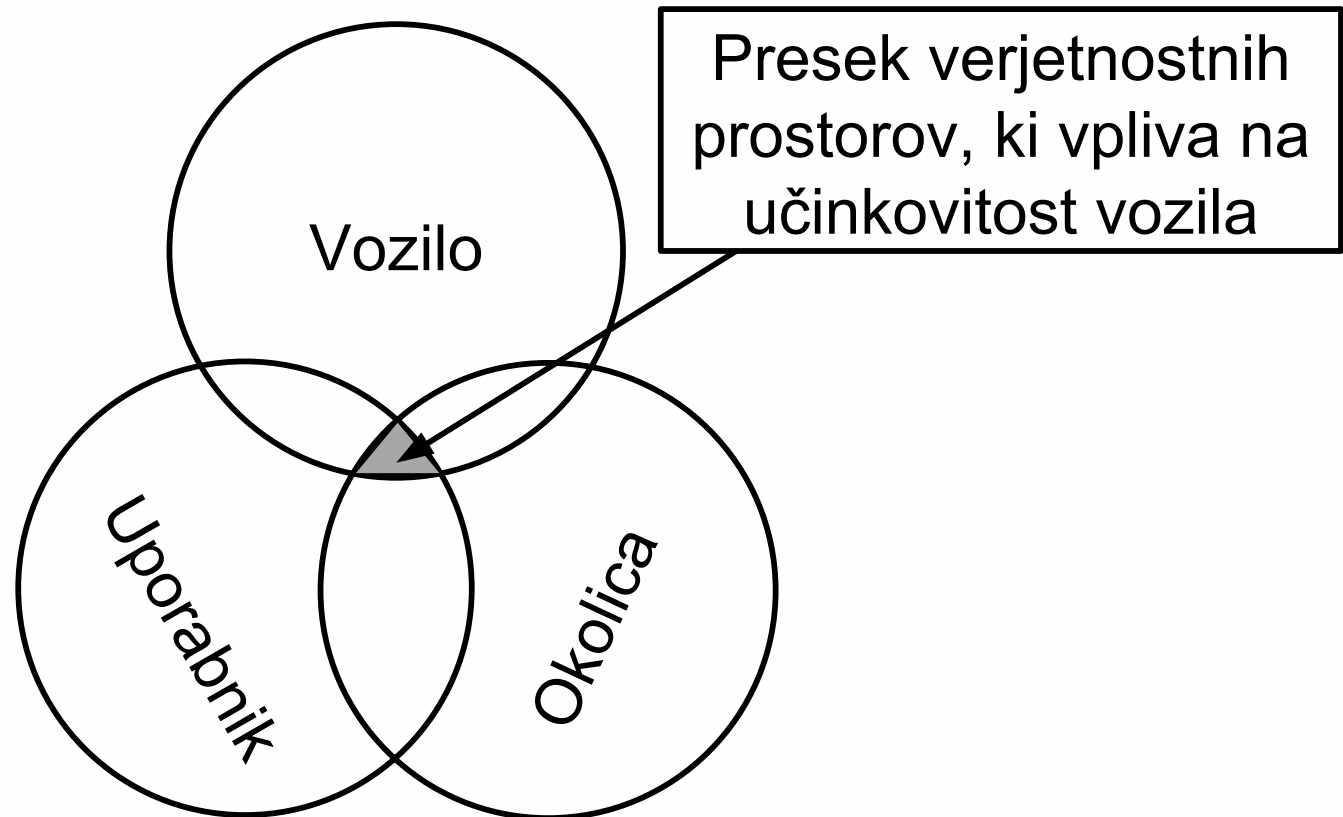
*Katedra za strojne elemente in razvojna vrednotenja*



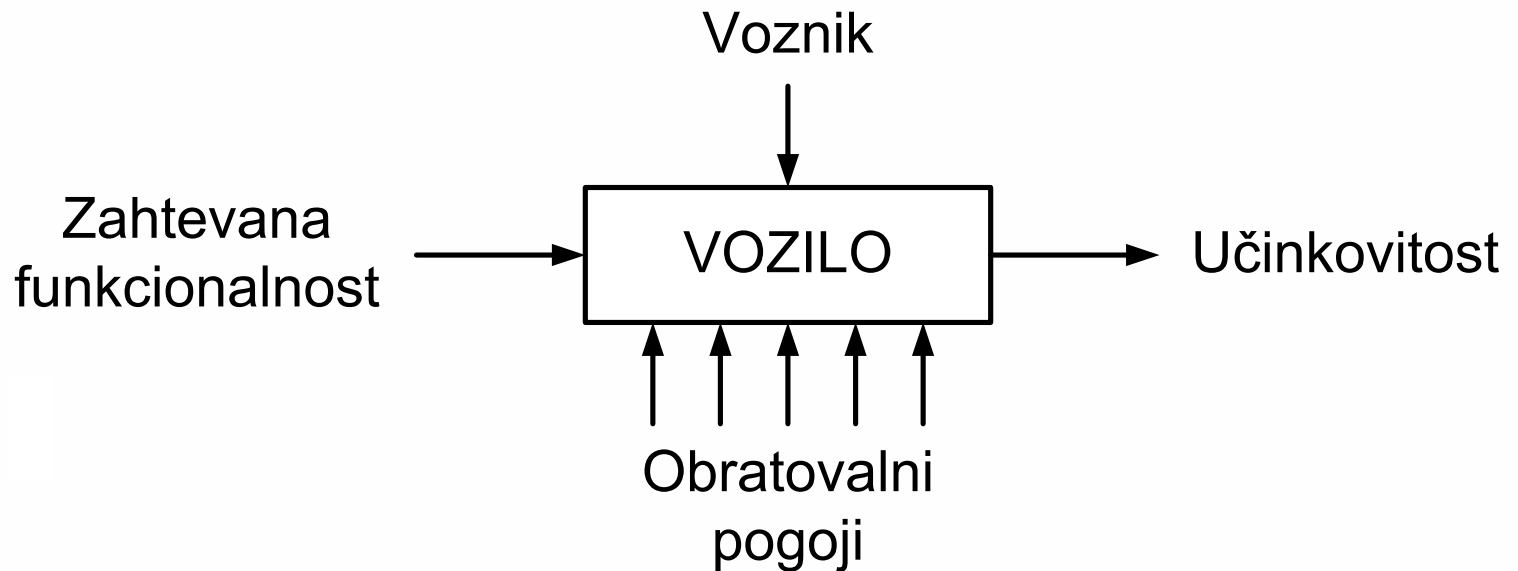
# DINAMIKA VOZIL – Bilanca vlečnih sil

Izr. prof. dr. Jernej Klemenc

# Vozilo – interakcije in učinkovitost



# Vozilo – interakcije in učinkovitost



Učinkovitost (efektivnost) vozila je verjetnost, da bo vozilo pri določenih pogojih uporabe, pogojih okolja in pogojih vzdrževanja dosegalo zahteve glede na pripravljenost na obratovanje, razpoložljivost in zmogljivost.

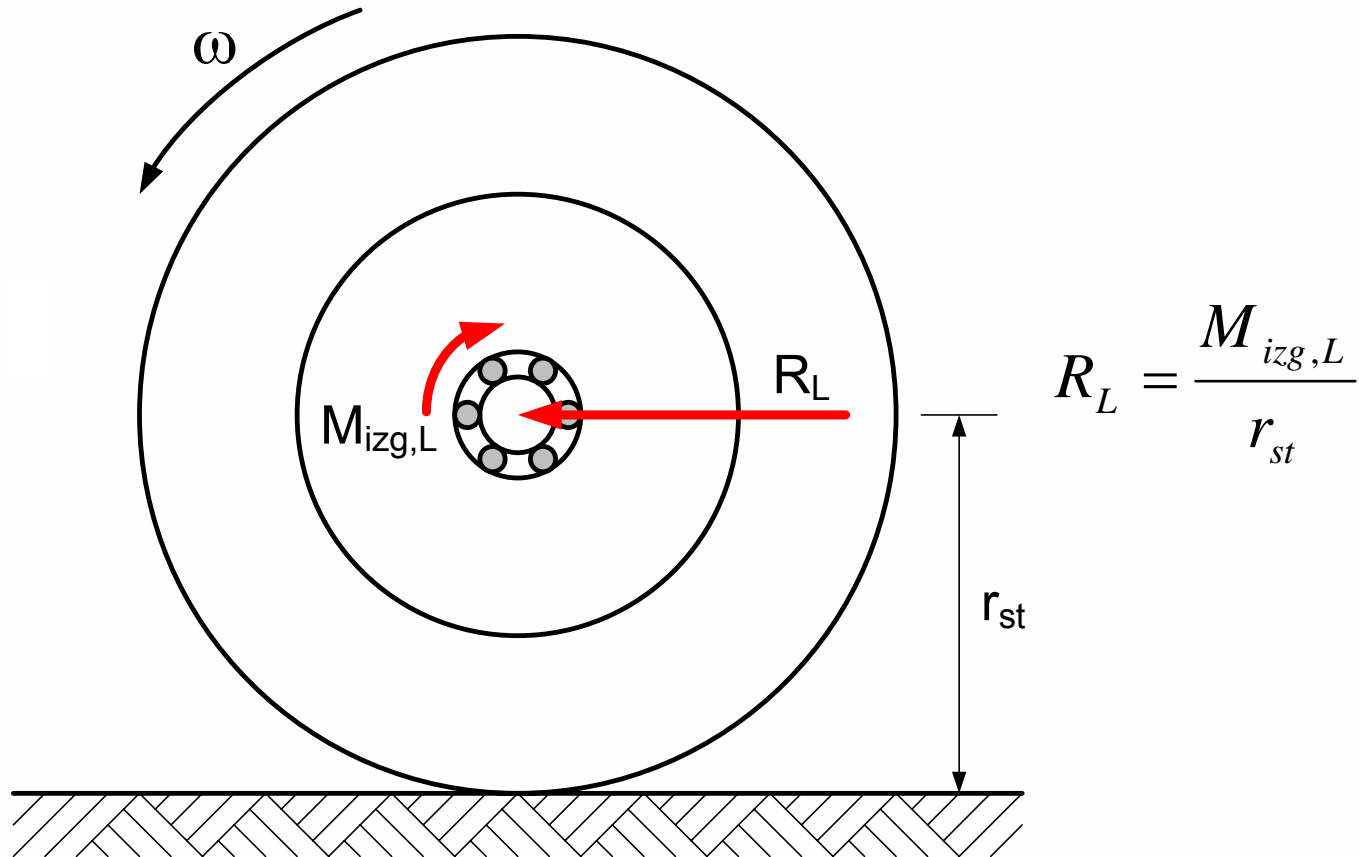


# Upori, ki delujejo na vozilo

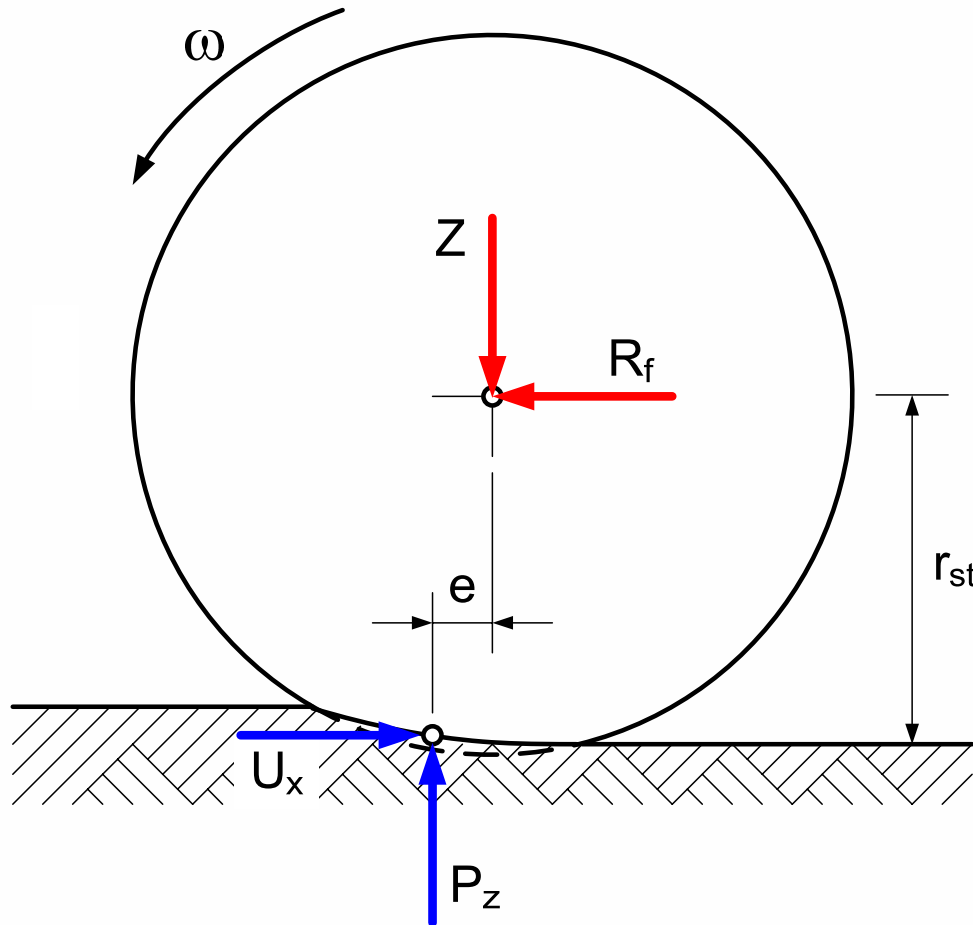
- Upor ležajev
- Kotalni upor
- Zračni upor
- Upor strmine
- Upor priklopnega vozila



# Upor ležajev



# Kotalni upor



$$P_z = Z$$

$$U_x = R_f$$

$$\sum M = 0$$

$$Z \cdot e - R_f \cdot r_{st} = 0$$

$$R_f = Z \cdot \left( \frac{e}{r_{st}} \right) = Z \cdot f$$

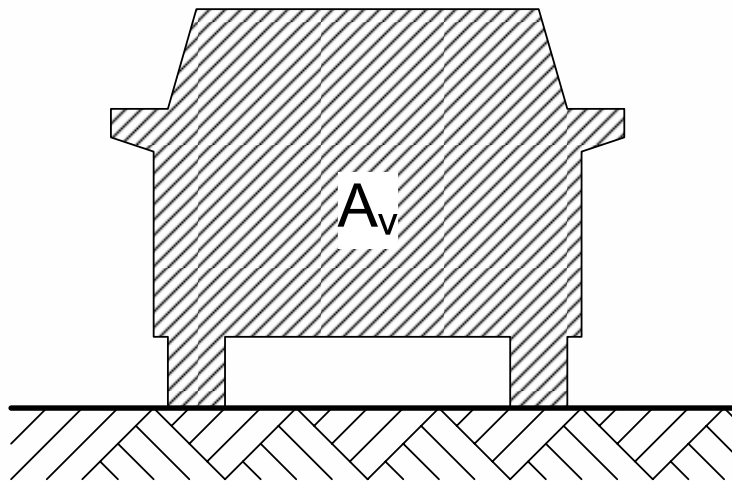
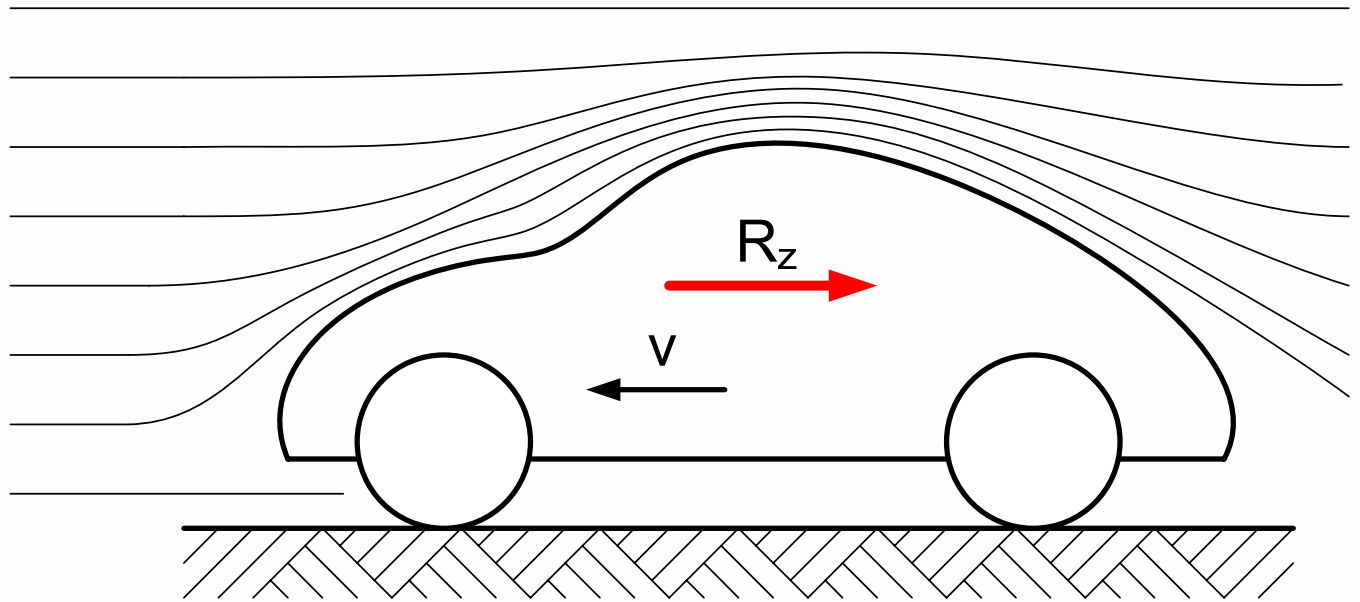


# Kotalni upor

- Tipične vrednosti kotalnih uporov za cestno vozilo s pnevmatikami:
  - $f = 0,01 - 0,015$  (pnevmatika na asfaltu ali betonu)
  - $f = 0,035$  (pnevmatika na makadamski cesti)
  - $f = 0,3$  (pnevmatika na sipkem pesku)
- Tipična vrednost kotalnega upora za železniško vozilo:
  - $f = 0,001$



# Zračni upor



$$R_z = c^* \cdot A_v \cdot \rho_z \cdot \frac{v_v^2}{2}$$



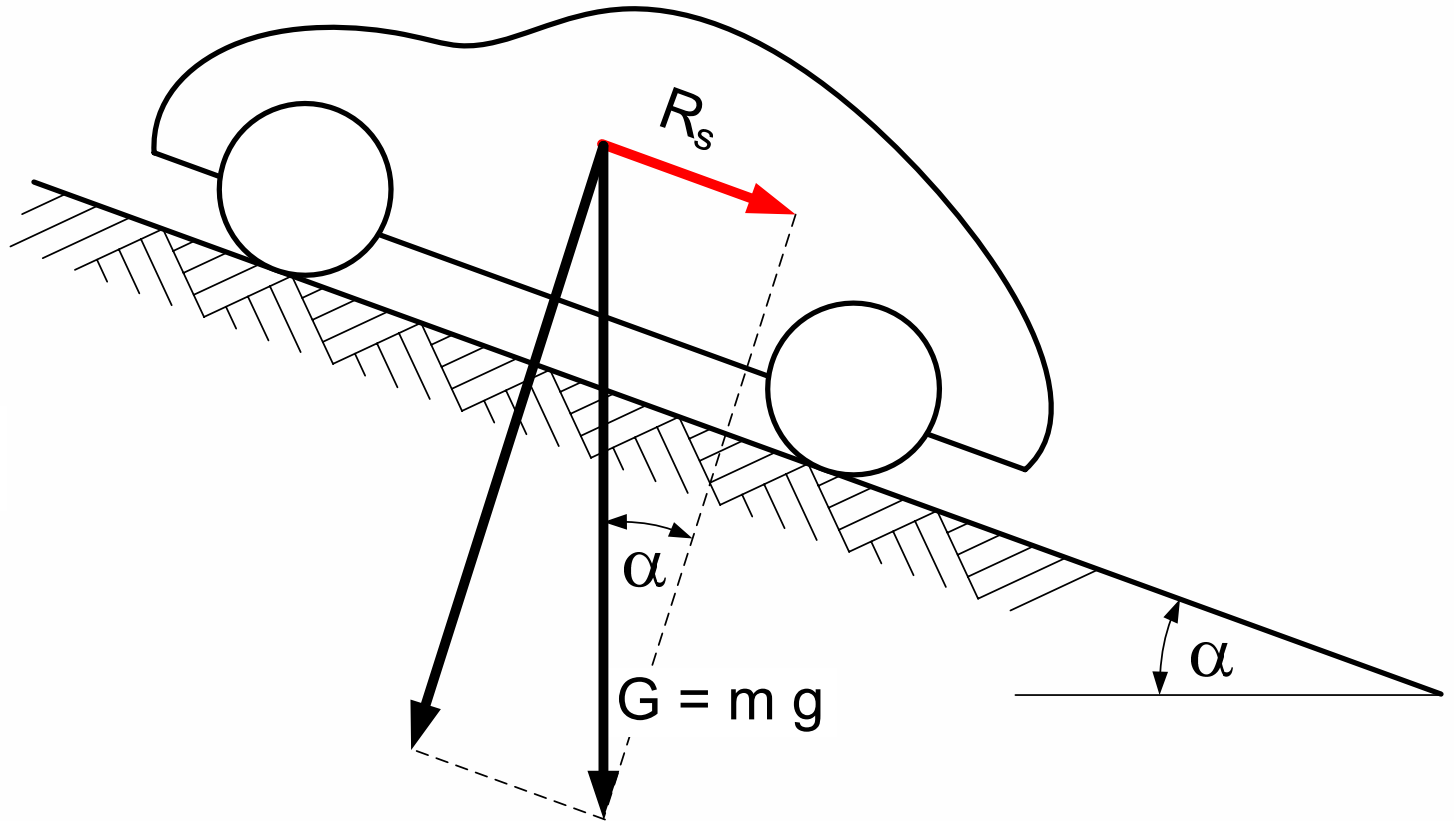


# Zračni upor

- Korigirani koeficient zračnega upora  $c^*$  vsebuje naslednje vplive:
  - Dinamični upor zaradi zračnega toka ob vozilu
  - Trenje zraka ob vozilo (zanemarljivo)
  - Vpliv uporov zaradi pretoka zraka skozi vozilo
- Tipične vrednosti korigiranega koeficienta zračnega upora  $c^*$ :
  - $c^* = 0,3$  ... osebno vozilo
  - $c^* = 0,6$  ... avtobus
  - $c^* = 0,9$  ... tovornjak
  - $c^* = 0,98$  ... tovornjak s priklopnikom ali vlak



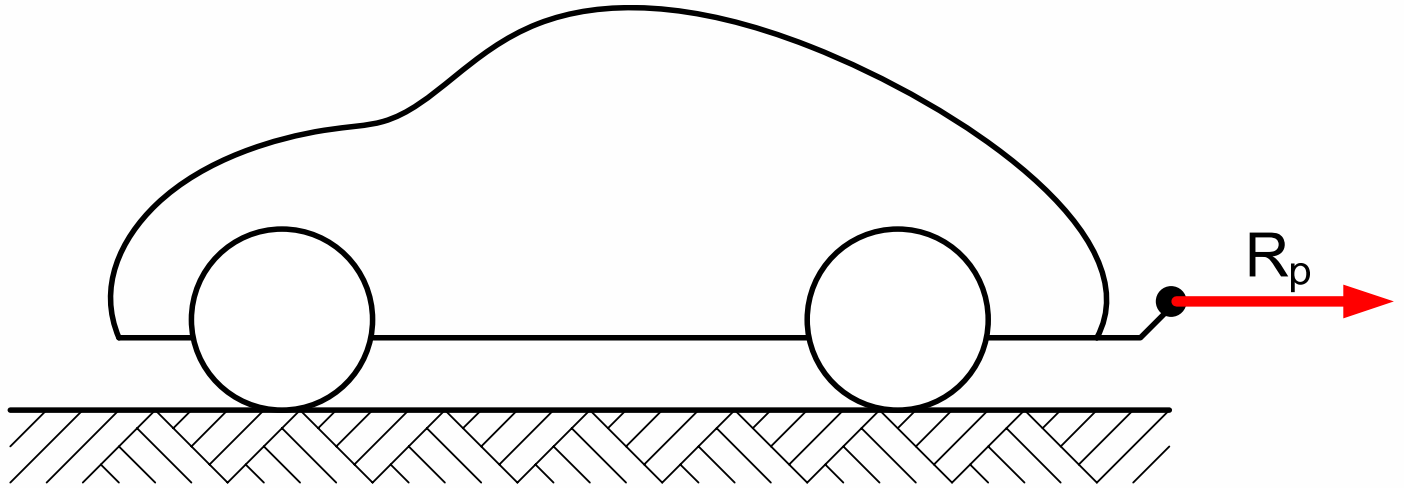
# Upor strmine



$$R_s = G \cdot \sin \alpha = m \cdot g \cdot \sin \alpha$$



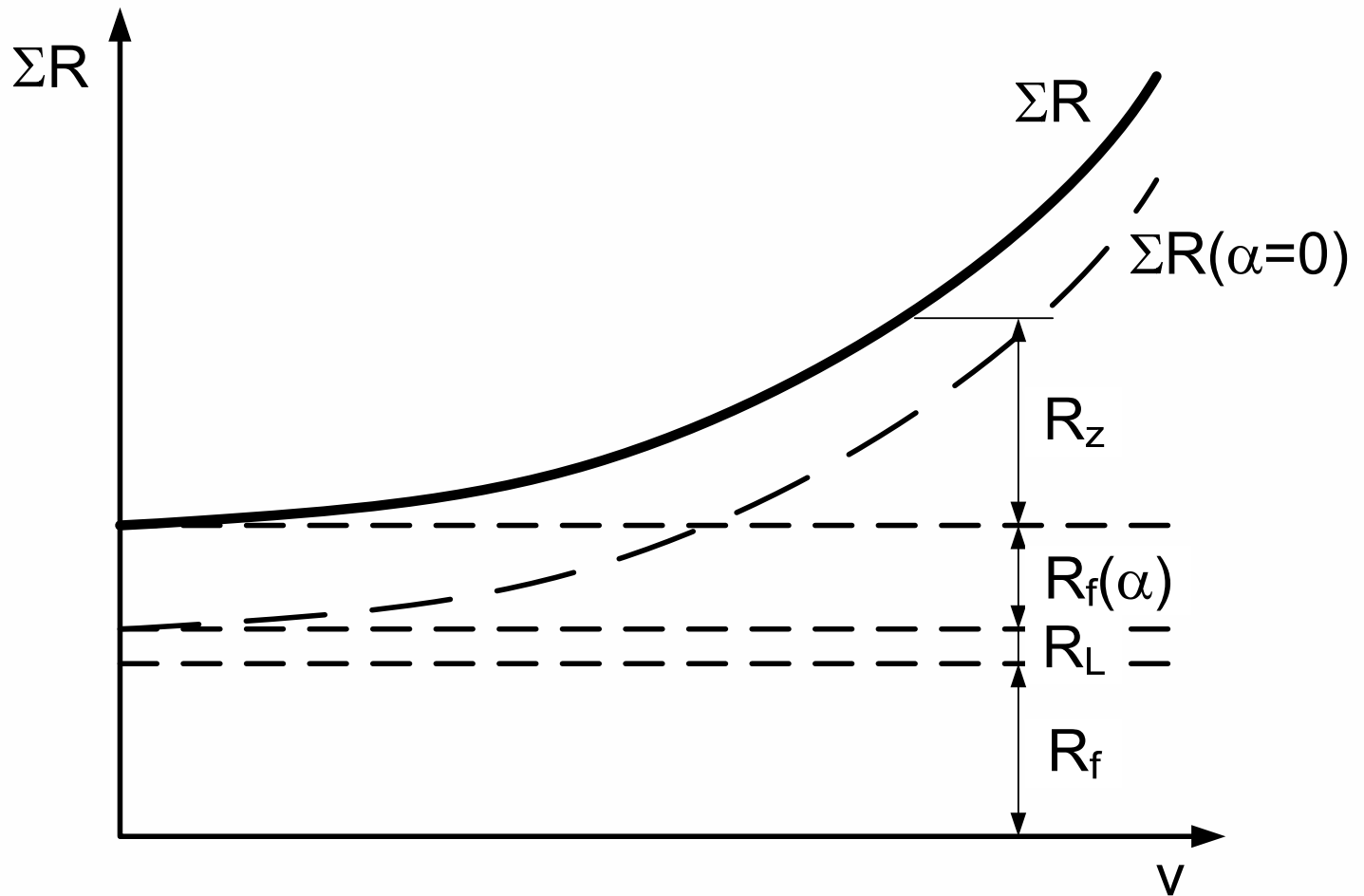
# Upor priklopnika



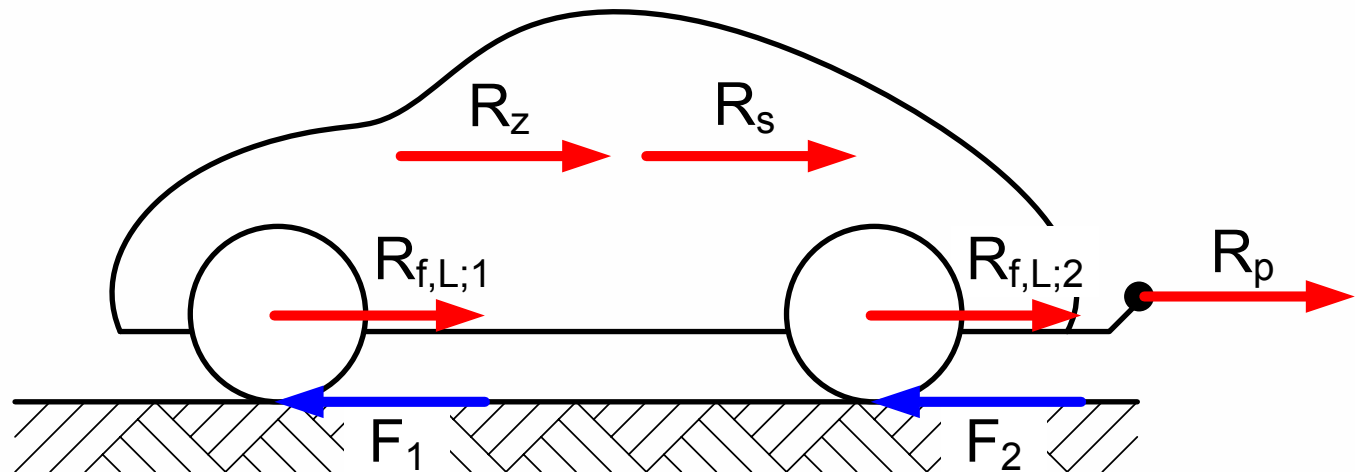
$$R_p = \sum (R_L + R_f + R_z + R_s)_{\text{priklopno\_vozilo}}$$



# Vsota vozni uporov na vozilu



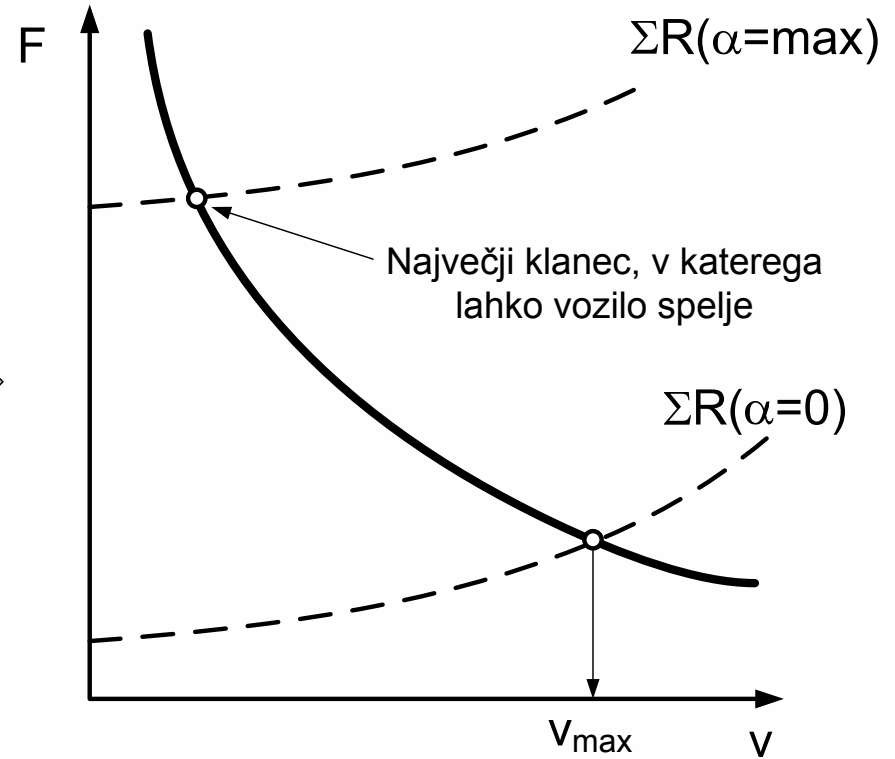
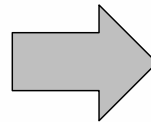
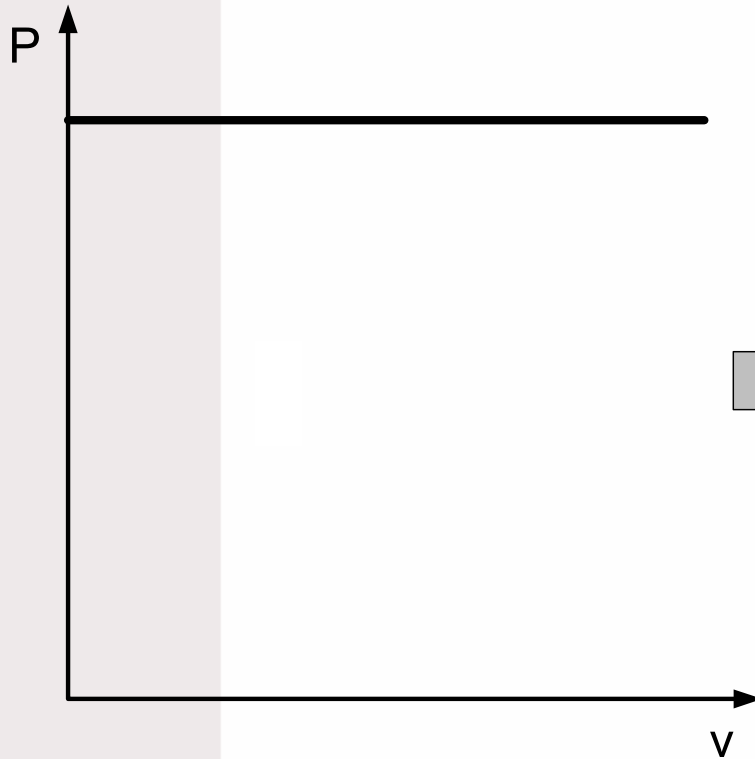
# Vsota vozni uporov na vozilu



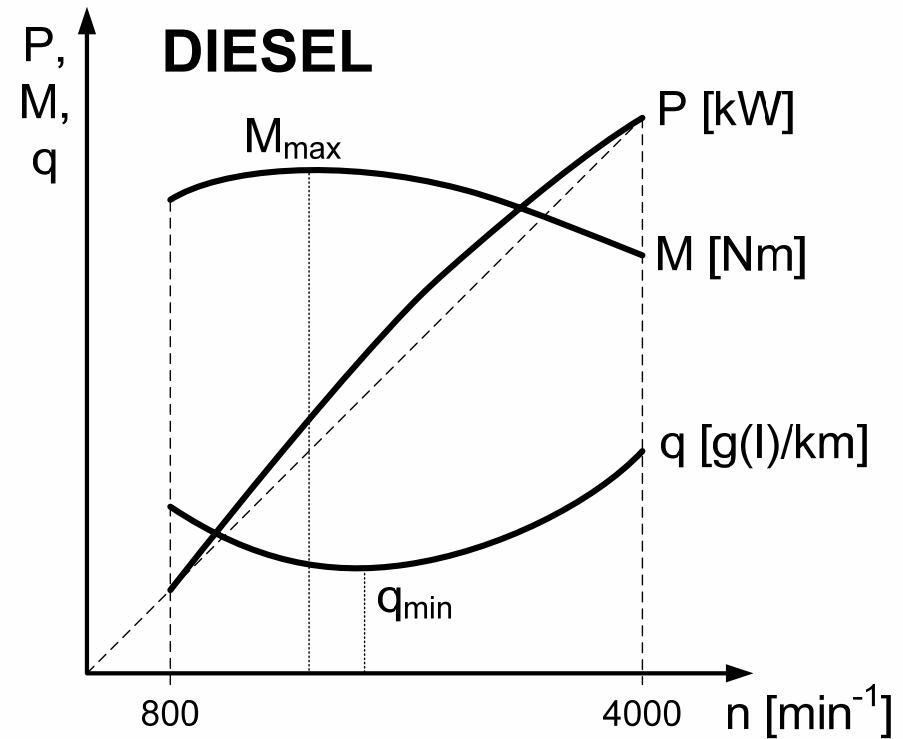
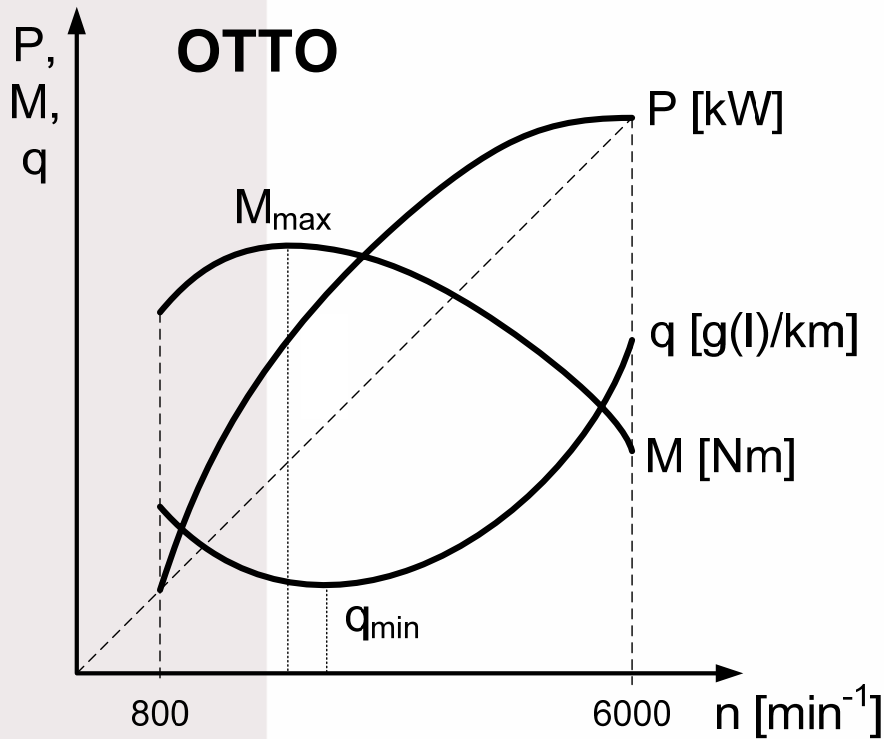
- Vsota uporov na vozilu je enaka vsoti uporov ležajev, kotalnih uporov, upora zraka, upora strmine in upora priklopnika.
- Pri premikanju vozila morajo obodne sile med kolesom in podlago ( $F_{1,2}$ ) premagovati vse vozne upore (in eventuelno še vztrajnost vozila pri pospeševanju/zaviranju).
- Obodne sile na kolesih  $F_{1,2}$  so posledica transformiranega vrtilnega momenta motorja ali zavor.



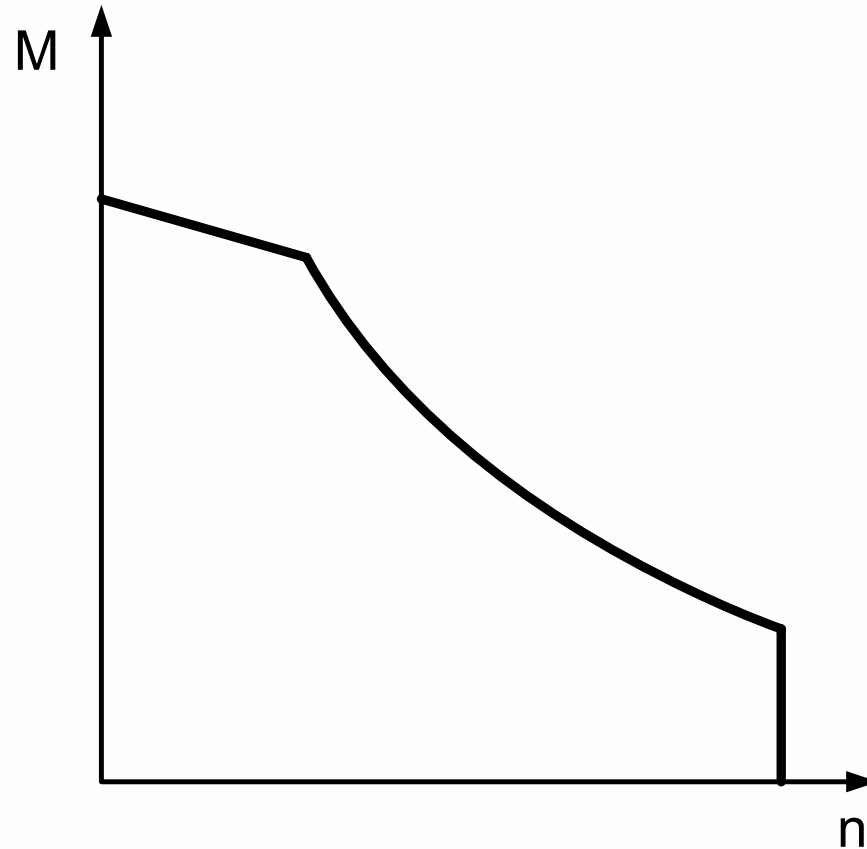
# Želena karakteristika pogonskega stroja



# Karakteristika motorjev z notranjim zgorevanjem



# Karakteristika elektromotorja



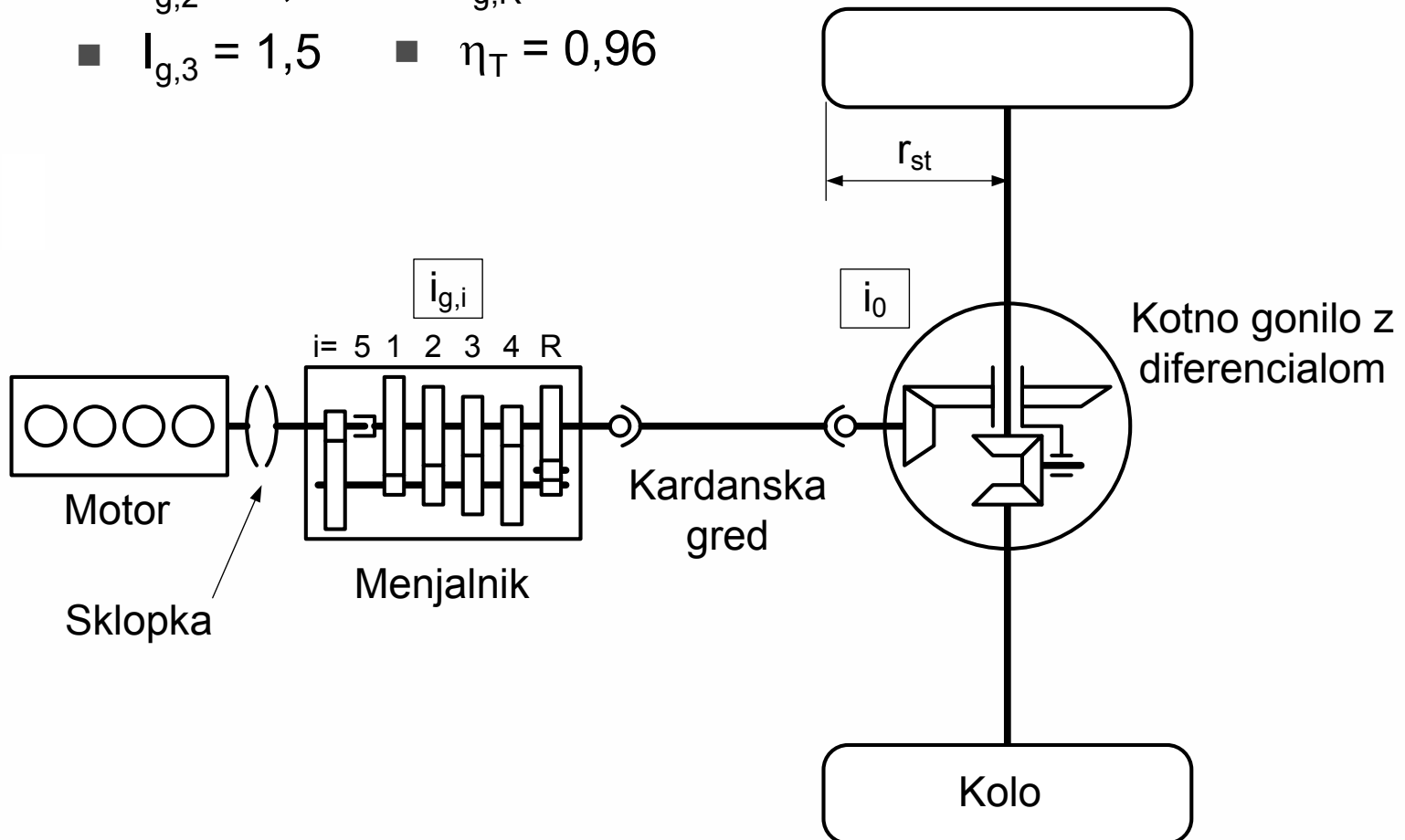


# Elastičnost motorja in vpliv prestavnih razmerij

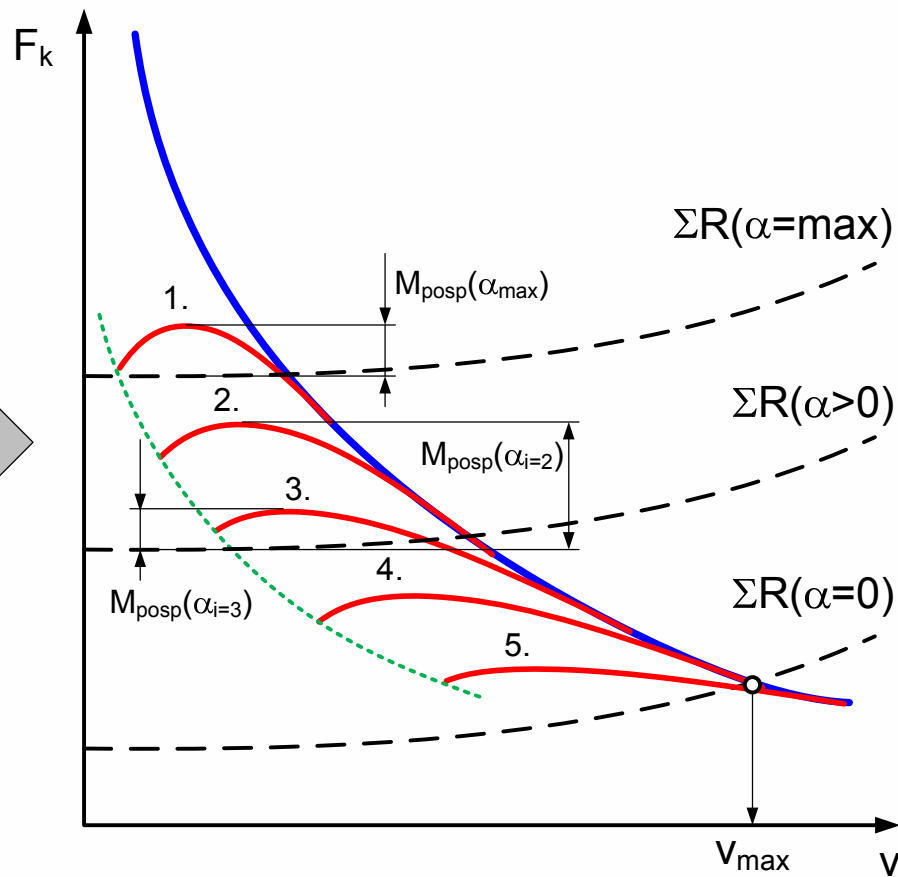
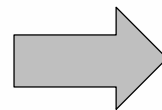
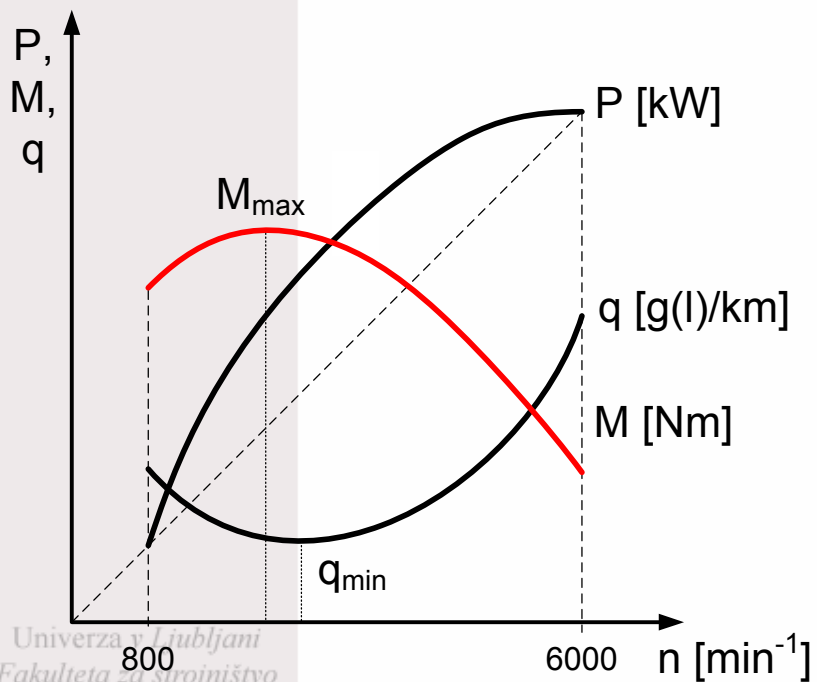
## ■ Primer:

- $i_0 = 3,7$
- $i_{g,1} = 3,9$
- $i_{g,2} = 2,2$
- $i_{g,3} = 1,5$
- $i_{g,4} = 1,2$
- $i_{g,5} = 1,0$
- $i_{g,R} = 3,8$
- $\eta_T = 0,96$

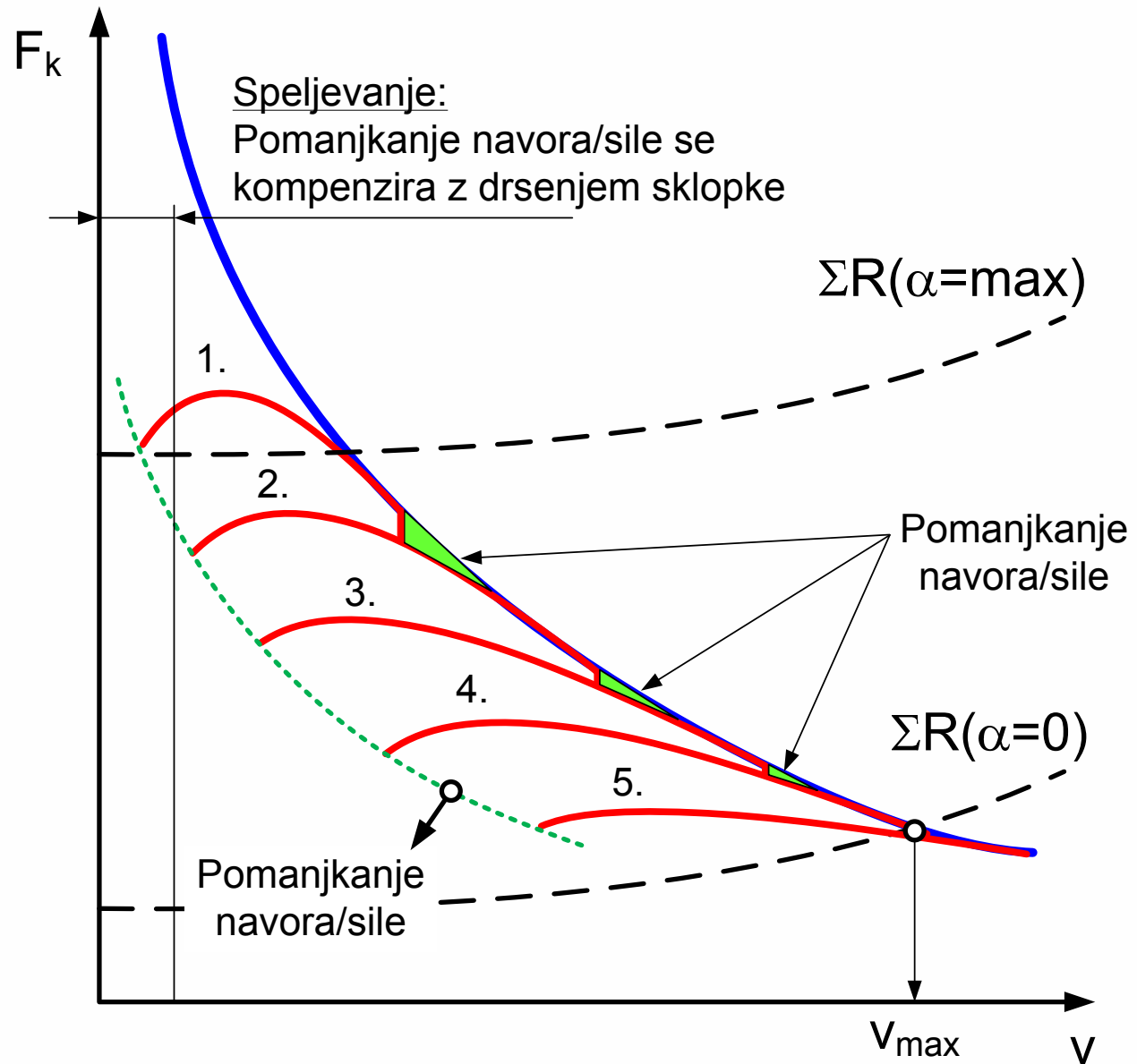
$$F_k = \frac{M_m \cdot i_{g,i} \cdot i_0 \cdot \eta_T}{r_{st}}$$



# Elastičnost motorja in vpliv prestavnih razmerij



# Elastičnost motorja in vpliv prestavnih razmerij



# Dinamični faktor vozila

$$F_k \geq R_L + R_f + R_z + R_s \quad / \cdot 1 / G$$

$$\frac{F_k}{G} = \frac{R_L + R_f + R_z + R_s}{G}$$

$$\frac{F_k - R_z}{G} = D = \frac{R_L + R_f + R_s}{G}$$

- Dinamični faktor  $D$  je razpoložljiva specifična sila glede na težo vozila, ki je na voljo za pospeševanje vozila in premagovanje uporov v ležajih, kotalnih uporov ter uporov strmice.



# Bilanca moči vozila

$$F_k \cdot v = R_L \cdot v + R_f \cdot v + R_z \cdot v + R_s \cdot v \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_k = P_L + P_f + P_z + P_s$$

