

Uticaj prijanjanja na vuču

“Granične performanse” – sa stanovišta prijanjanja

$$\varphi_{MAX} \Rightarrow F_{OMAX,\varphi} = \varphi_{MAX} \cdot G_\varphi$$

G_φ - ADHEZIONA TEŽINA



$$G_\varphi = G_P$$



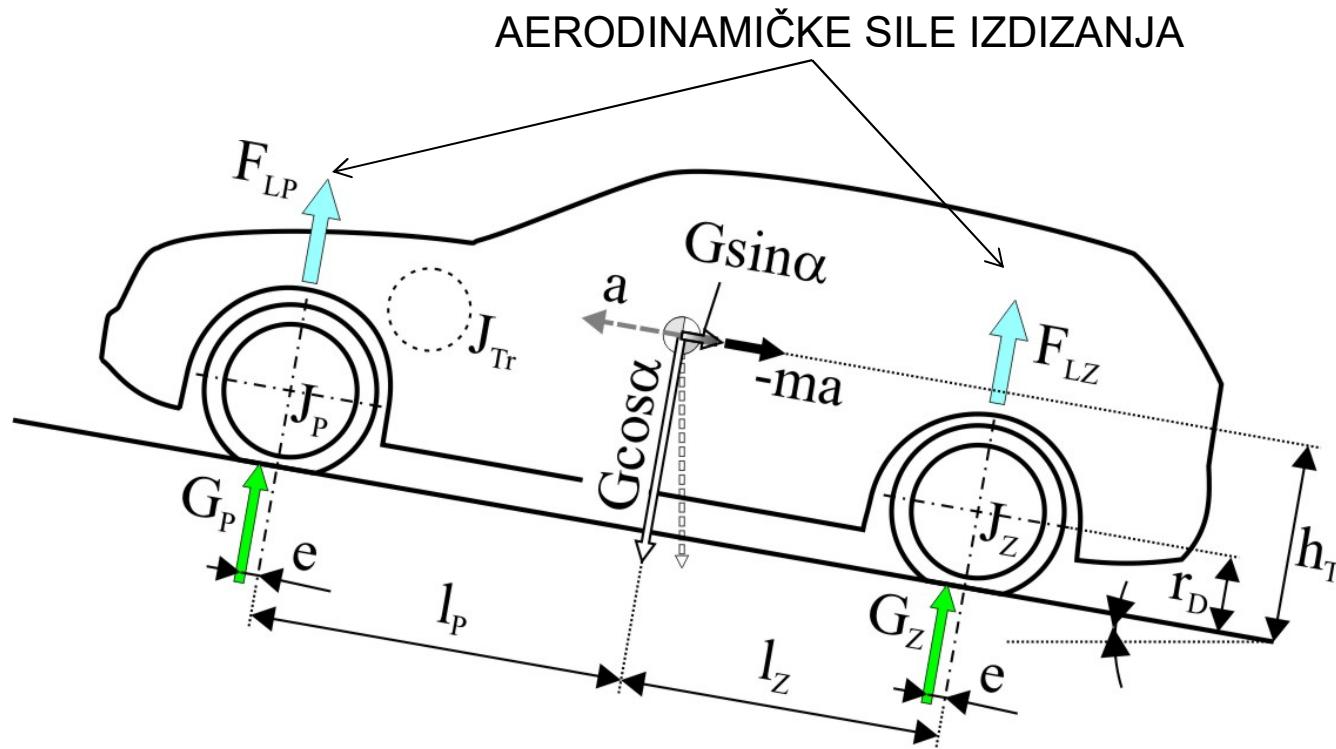
$$G_\varphi = G_Z$$



$$G_\varphi = G = G_P + G_Z$$

$F_{OMAX,\varphi} \Rightarrow \alpha_{MAX}, a_{MAX}, v_{MAX}, F_{PVMAX}$ - sa stanovišta prijanjanja

Dinamičke osovinske reakcije



- $G, h_T, \alpha, l_P/l_Z \Rightarrow$ staticke osovinske reakcije
- Statičke reakcije + $a, F_{LP}, F_{LZ} \Rightarrow$ dinamičke osovinske reakcije

Uticaj otpora kotrljanja i rotacionih masa se može zanemariti.

Dinamičke osovinske reakcije

$$G_{P,din} = G_{P,stat} \pm \Delta G_{IN} - F_{LP}$$

$$G_{Z,din} = G_{Z,stat} \mp \Delta G_{IN} - F_{LZ}$$

$$G_{P,stat} = \frac{l_z}{l} \cdot G \cdot \cos\alpha \mp \frac{h_T}{l} \cdot G \cdot \sin\alpha$$

Uzbrdica rastereće prednju osovinu

$$G_{Z,stat} = \frac{l_p}{l} \cdot G \cdot \cos\alpha \pm \frac{h_T}{l} \cdot G \cdot \sin\alpha$$

Nizbrdica rastereće zadnju osovinu

$$\Delta G_{IN} = \frac{h_T}{l} \cdot \frac{G}{g} \cdot a$$

Ubrzanje rastereće prednju osovinu

Kočenje rastereće zadnju osovinu

F_{LP}, F_{LZ} – aerodinamičke sile izdizanja → rastereću osovine

Za slučaj da se radi o silama pritiska (dejstvo spojlera, "downforce"), idu sa znakom + u gornjim relacijama

Dodatni uticaj: promenljiv uzdužni nagib podloge (konveksni i konkavni prevoji)

Dinamičke osovinske reakcije

$$G_{P, \text{din}} = G_{P, \text{stat}} \pm \Delta G_{IN} - F_{LP}$$

$$G_{Z, \text{din}} = G_{Z, \text{stat}} \mp \Delta G_{IN} - F_{LZ}$$

Pojedini slučajevi se analiziraju pod sledećim pretpostavkama:

- Maksimalni uspon α_{MAX} : $a = 0 \Rightarrow \Delta G_{IN} = 0, F_{LP}, F_{LZ} \approx 0$
- Maksimalna brzina v_{MAX} : $a = 0 \Rightarrow \Delta G_{IN} = 0, \alpha = 0$
- Maksimalno ubrzanje a_{MAX} : $\alpha = 0, F_{LP}, F_{LZ} \approx 0$

Maksimalna brzina na horizontalnoj podlozi

Potrebna obimna sila: $F_O > F_f + F_w$

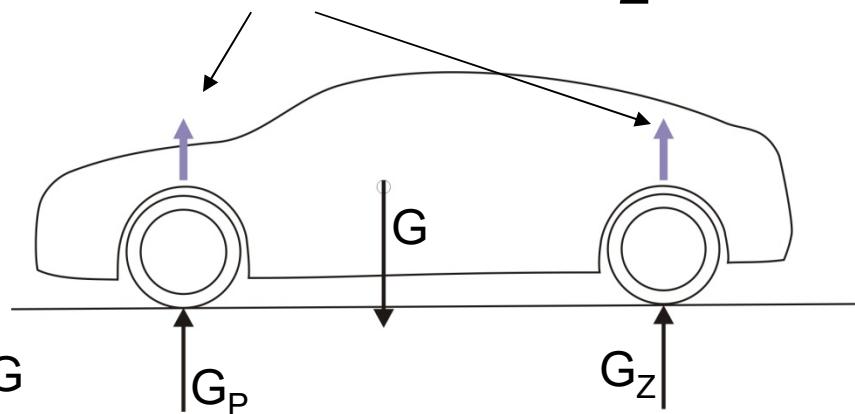
$$F_{OMAX} = \varphi_{MAX} \cdot G_\varphi(v)$$

Otpor vazduha: $F_w = c_w \cdot A \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}$

Otpor kotrljanja: $F_f = (f_0 + C_1 \cdot v + C_2 \cdot v^4) \cdot G$

SILE IZDIZANJA

$$F_{LP,Z} = c_{LP,Z} \cdot A \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$



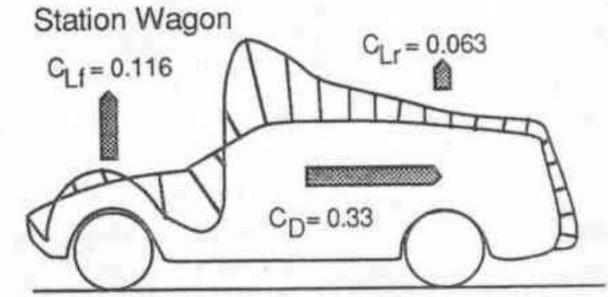
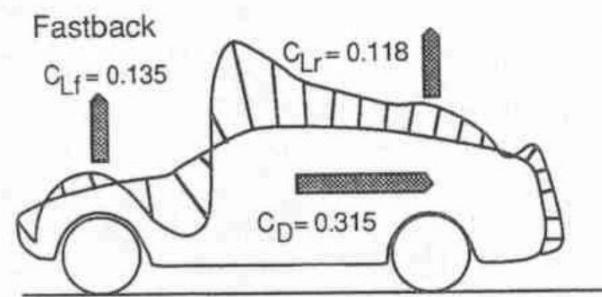
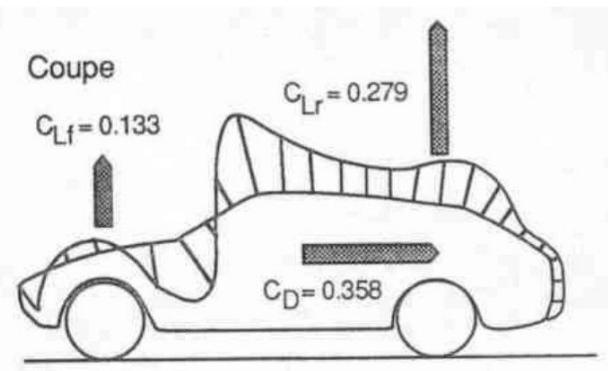
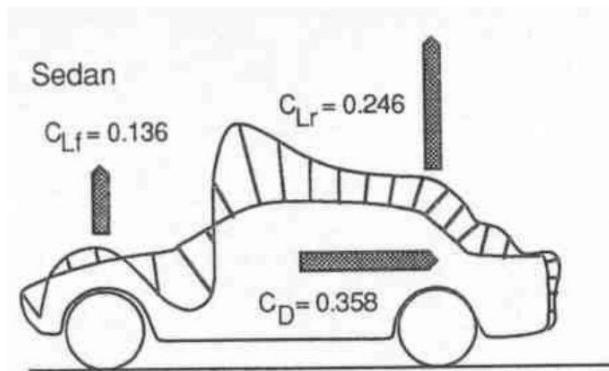
•Slučaj prednjeg pogona:

$$\varphi_p = \frac{F_{OP}}{G_p} = \frac{F_f + F_w}{G_{P,stat} - F_{LP}}$$

•Slučaj zadnjeg pogona:

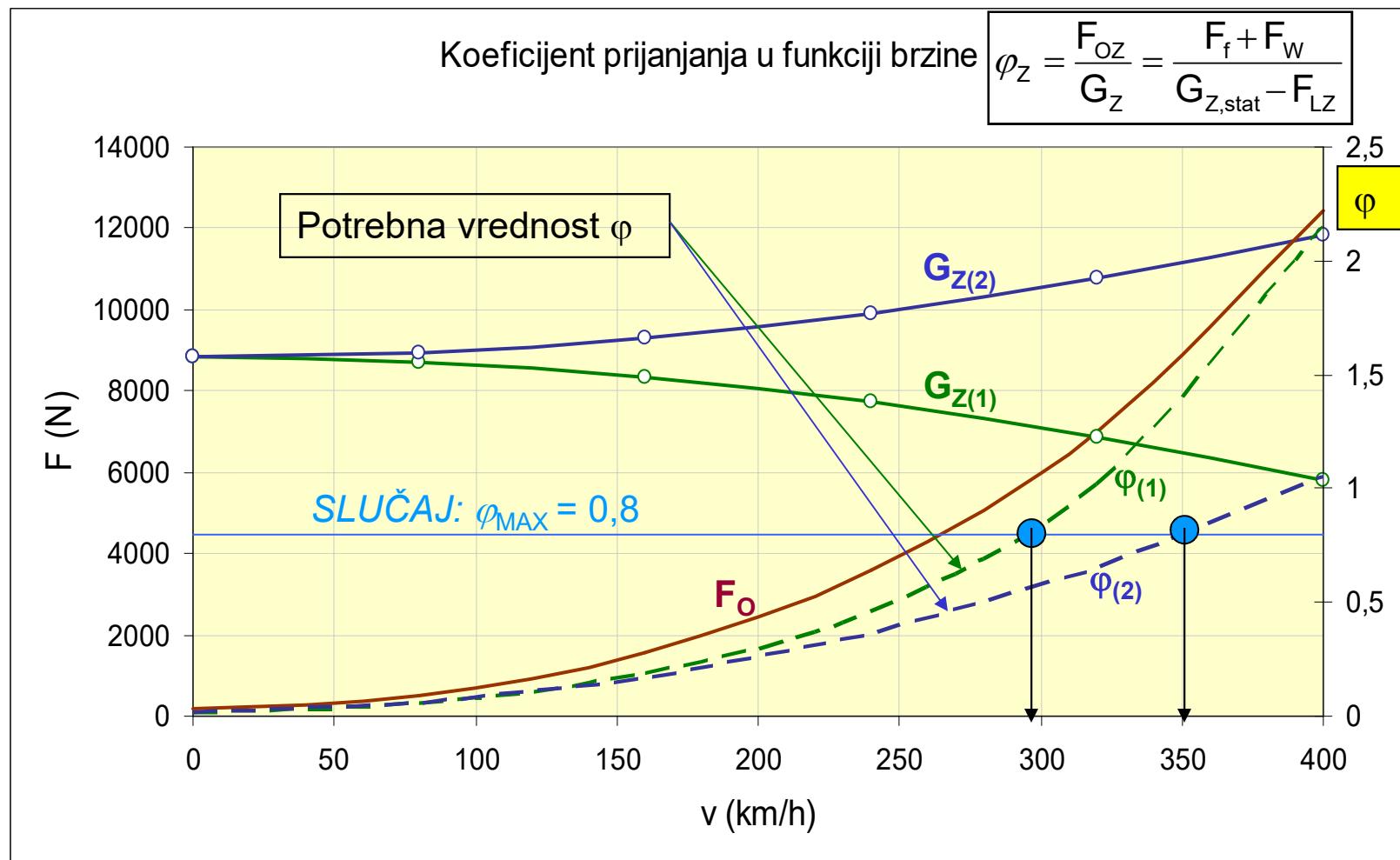
$$\varphi_z = \frac{F_{OZ}}{G_z} = \frac{F_f + F_w}{G_{Z,stat} - F_{LZ}}$$

Maksimalna brzina na horizontalnoj podlozi



Maksimalna brzina na horizontalnoj podlozi

Primer: zadnji pogon, $C_{LZ(1)} = 0,16 \Rightarrow$ izdizanje; $C_{LZ(2)} = -0,16 \Rightarrow$ pritisak (npr. dejstvo spojlera); $c_w \cdot A = 1,025$; $G = 1750$ daN (raspodela 50%/50%)

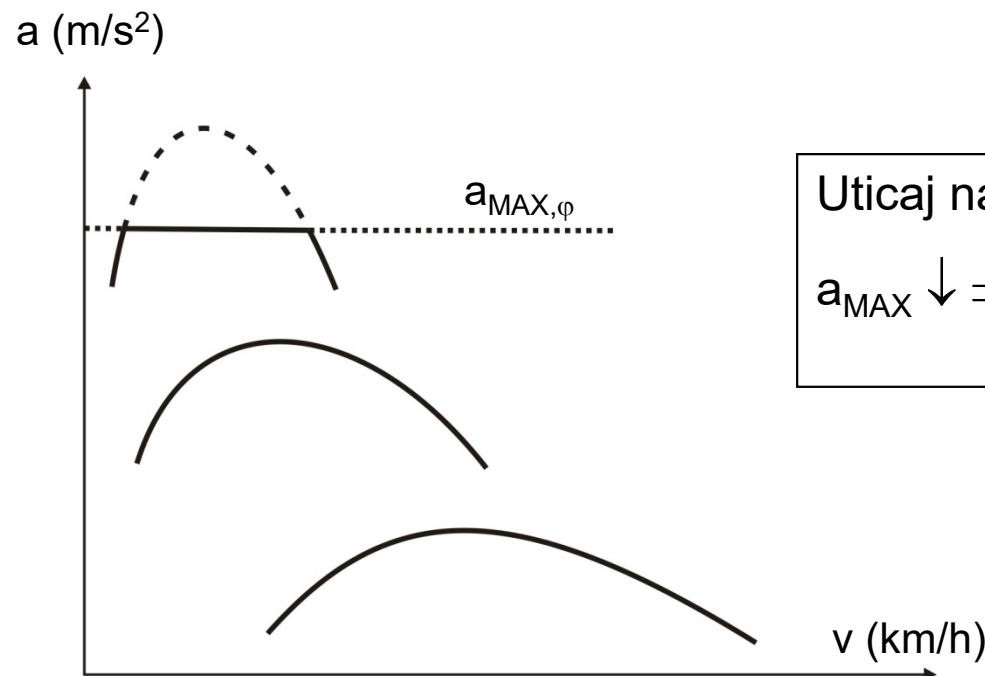


Granično ubrzanje za raspoloživu adheziju

$$a = \frac{D - f}{\delta} \cdot g$$

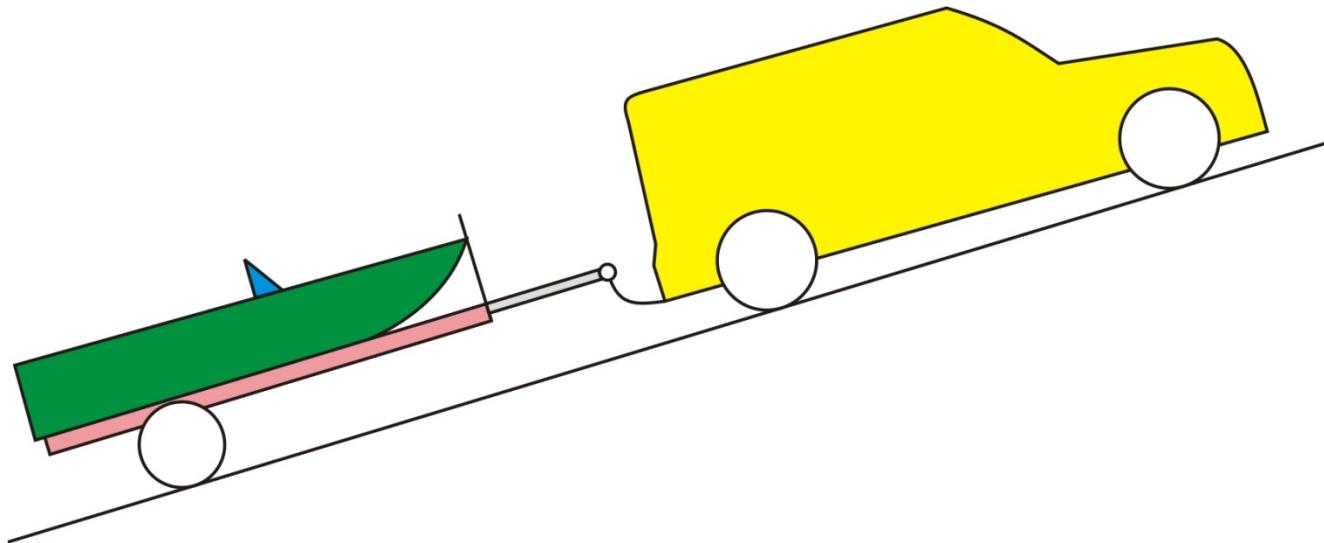
$$D = \frac{F_o - F_w}{G}$$

$$\left. \begin{array}{l} \varphi_{MAX} \\ G_\varphi \end{array} \right\} \Rightarrow F_{OMAX,\varphi} \Rightarrow D_{MAX,\varphi} \Rightarrow a_{MAX,\varphi}$$



Uticaj na vreme i put zaleta
 $a_{MAX} \downarrow \Rightarrow \frac{1}{a_{MAX}} \uparrow \Rightarrow t_z, s_z \uparrow$

Određivanje maksimalnog uspona



Koliki je maksimalni nagib za:

- pogon na prednjim točkovima
- pogon na zadnjim točkovima
- pogon na sva 4 točka?

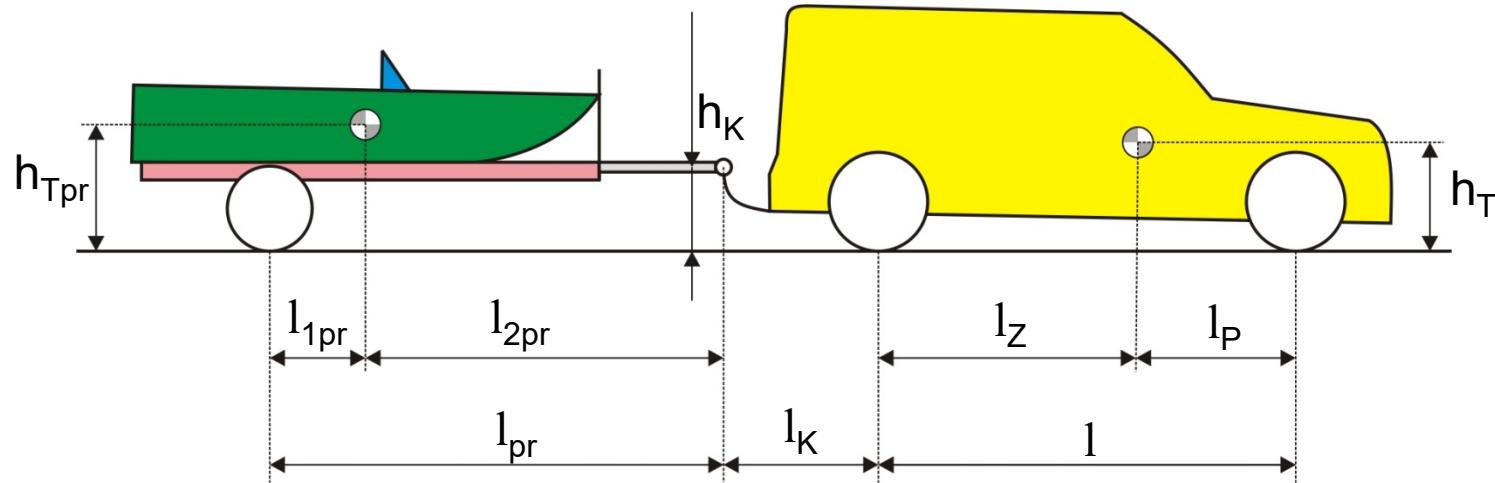
Uslovi $\Rightarrow F_w \approx 0;$

$$F_f, F_{IN} \ll F_\alpha \Rightarrow F_f \approx 0, F_{IN} \approx 0$$

\Rightarrow uslov za mogućnost kretanja: $F_o > F_\alpha$

$$\varphi_{MAX} \Rightarrow F_{OMAX,\varphi} \Rightarrow \alpha_{MAX}$$

Određivanje maksimalnog uspona



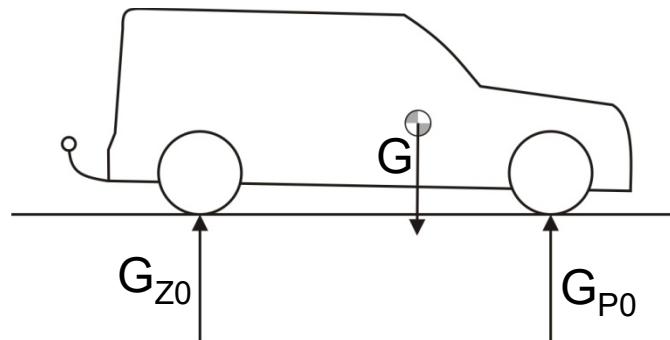
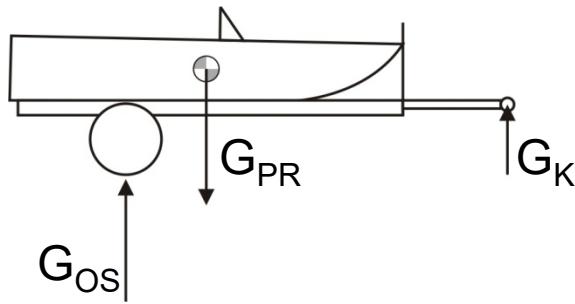
Podaci:

$l = 3 \text{ m}$
 $h_T = 0,6 \text{ m}$
 $l_K = 0,8 \text{ m}$
 $h_K = 0,36 \text{ m}$
 $l_{pr} = 2,8 \text{ m}$
 $h_{T_{pr}} = 0,9 \text{ m}$

$G_{P0} = 690 \text{ daN}$ → OSOVINSKE REAKCIJE
 $G_{Z0} = 520 \text{ daN}$ → VOZILA BEZ PRIKOLICE

$G_{OS} = 540 \text{ daN}$ → VERTIKALNE REAKCIJE PRIKOLICE
 $G_K = 110 \text{ daN}$

Određivanje maksimalnog uspona



TEŽINE: $G_{PR} = G_{OS} + G_K = 650 \text{ daN}$; $G = G_{P0} + G_{Z0} = 1210 \text{ daN}$

**POLOŽAJI
TEŽIŠTA**

$$l_{1PR} = \frac{G_K}{G_{PR}} \cdot l_{PR} = 0,47 \text{ m}$$

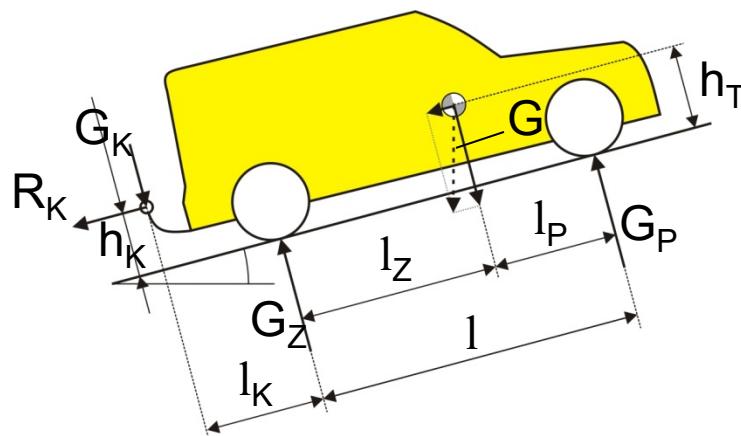
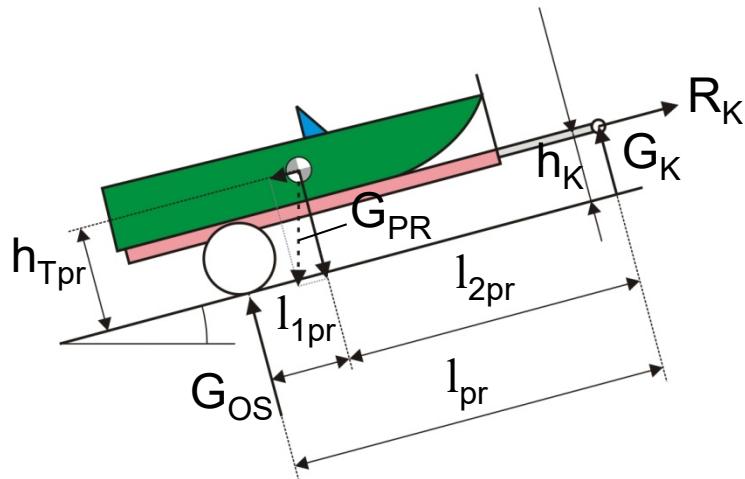
$$l_{2PR} = \frac{G_{OS}}{G_{PR}} \cdot l_{PR} = 2,33 \text{ m}$$

$$l_p = \frac{G_{Z0}}{G} \cdot l = 1,29 \text{ m}$$

$$l_z = \frac{G_{P0}}{G} \cdot l = 1,71 \text{ m}$$

Određivanje maksimalnog uspona

Dekompozicija



$$\Sigma X_i = 0: \rightarrow 0 \quad (F_f \approx 0 - \text{pojednostavljenje})$$

$$R_K = f \cdot G_{OS} + G_{PR} \cdot \sin \alpha$$

$\Sigma M_y = 0$: (KONTAKT ZADNJE OSOVINE SA TLOM)

$$l_{pr} \cdot G_K - h_K \cdot R_K = l_{1pr} \cdot G_{PR} \cdot \cos \alpha - h_{Tpr} \cdot G_{PR} \cdot \sin \alpha$$

$\Sigma M_y = 0$: (KONTAKT ZADNJE OSOVINE SA TLOM)

$$h_K \cdot R_K + l_K \cdot G_K = l_Z \cdot G \cdot \cos \alpha - l \cdot G_P - h_T \cdot G \cdot \sin \alpha$$

$\Sigma M_y = 0$: (KONTAKT PREDNJE OSOVINE SA TLOM)

$$h_K \cdot R_K + l_K \cdot G_K = l \cdot G_Z - l_P \cdot G \cdot \cos \alpha - h_T \cdot G \cdot \sin \alpha$$

Nepoznate: G_P, G_Z, G_K, R_K

Potrebna obimna sila: $F_O = (G + G_{PR}) \cdot \sin \alpha$

Određivanje maksimalnog uspona

Uslov: $F_{OMAX} > (G + G_{PR}) \cdot \sin\alpha$

$$F_{OMAX} = \varphi_{MAX} \cdot G_\varphi$$

Pogon na prednjim točkovima: $\varphi_{MAX} \cdot G_P(\alpha) > (G + G_{PR}) \cdot \sin\alpha$

Pogon na zadnjim točkovima: $\varphi_{MAX} \cdot G_Z(\alpha) > (G + G_{PR}) \cdot \sin\alpha$

Pogon na svim točkovima: $\varphi_{MAX} \cdot (G_P(\alpha) + G_Z(\alpha)) > (G + G_{PR}) \cdot \sin\alpha$

(Napomena: zbog G_K je $G_P(\alpha) + G_Z(\alpha) \neq G \cdot \cos\alpha$)

Određivanje maksimalnog uspona

Pogon na prednjim
točkovima:

$$\alpha_{\text{MAX}} = \varphi_{\text{MAX}} \cdot \frac{\frac{l_z}{l} - \frac{G_{\text{PR}}}{G} \cdot \frac{l_k}{l} \cdot \frac{l_{\text{PR1}}}{l_{\text{PR}}}}{1 + \varphi_{\text{MAX}} \cdot \frac{h_T}{l} + \frac{G_{\text{PR}}}{G} \cdot (1 + \varphi_{\text{MAX}} \cdot \frac{h_k}{l} + \varphi_{\text{MAX}} \cdot \frac{l_k}{l} \cdot \frac{h_k - h_{\text{Tpr}}}{l_{\text{PR}}})}$$

α [rad]:
 $\sin \alpha \approx \alpha$

Pogon na zadnjim
točkovima:

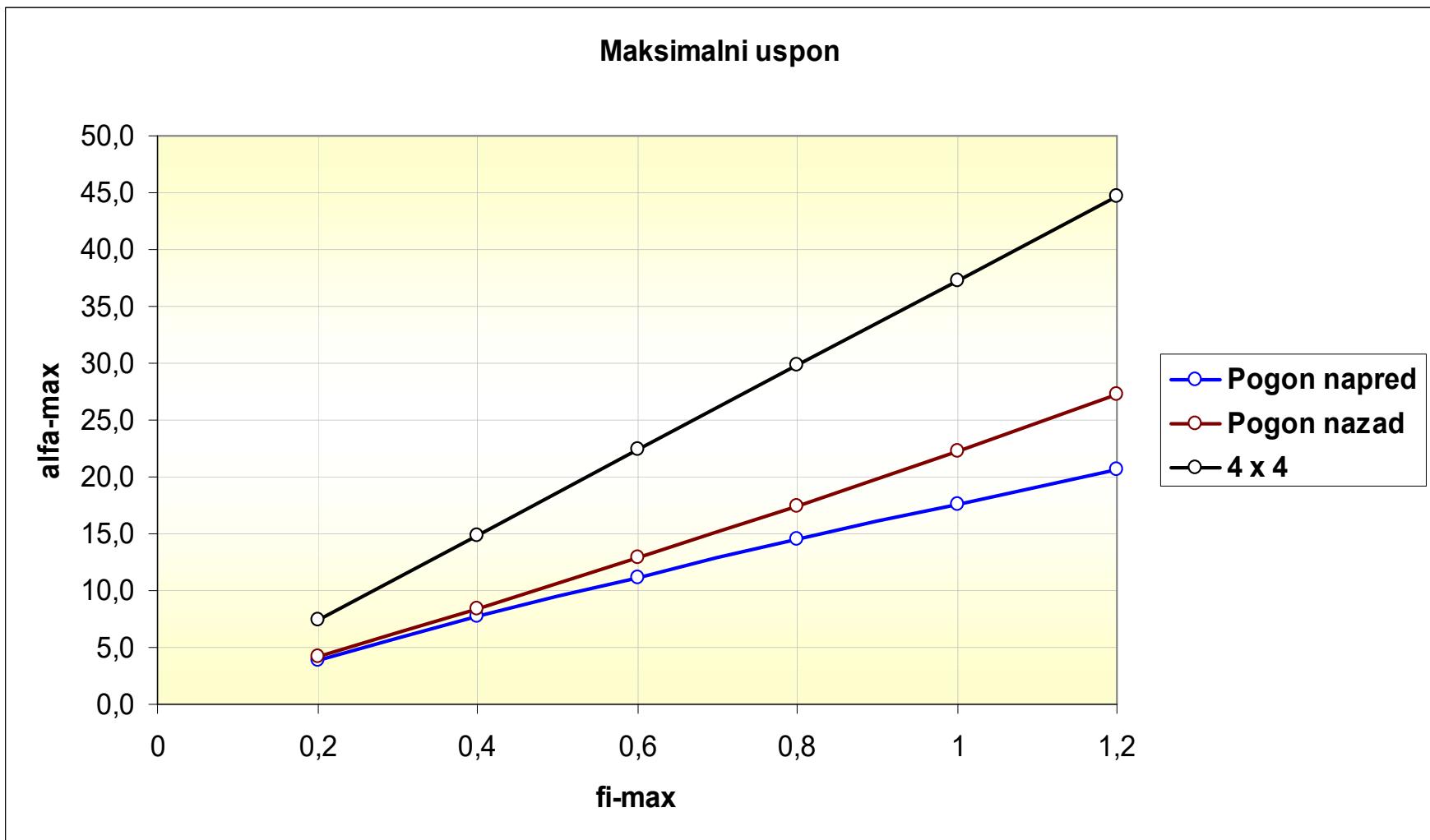
$$\alpha_{\text{MAX}} = \varphi_{\text{MAX}} \cdot \frac{\frac{l_p}{l} + \frac{G_{\text{PR}}}{G} \cdot \frac{l + l_k}{l} \cdot \frac{l_{\text{PR1}}}{l_{\text{PR}}}}{1 - \varphi_{\text{MAX}} \cdot \frac{h_T}{l} + \frac{G_{\text{PR}}}{G} \cdot (1 - \varphi_{\text{MAX}} \cdot \frac{h_k}{l} - \varphi_{\text{MAX}} \cdot \frac{l + l_k}{l} \cdot \frac{h_k - h_{\text{Tpr}}}{l_{\text{PR}}})}$$

Pogon na svim točkovima:

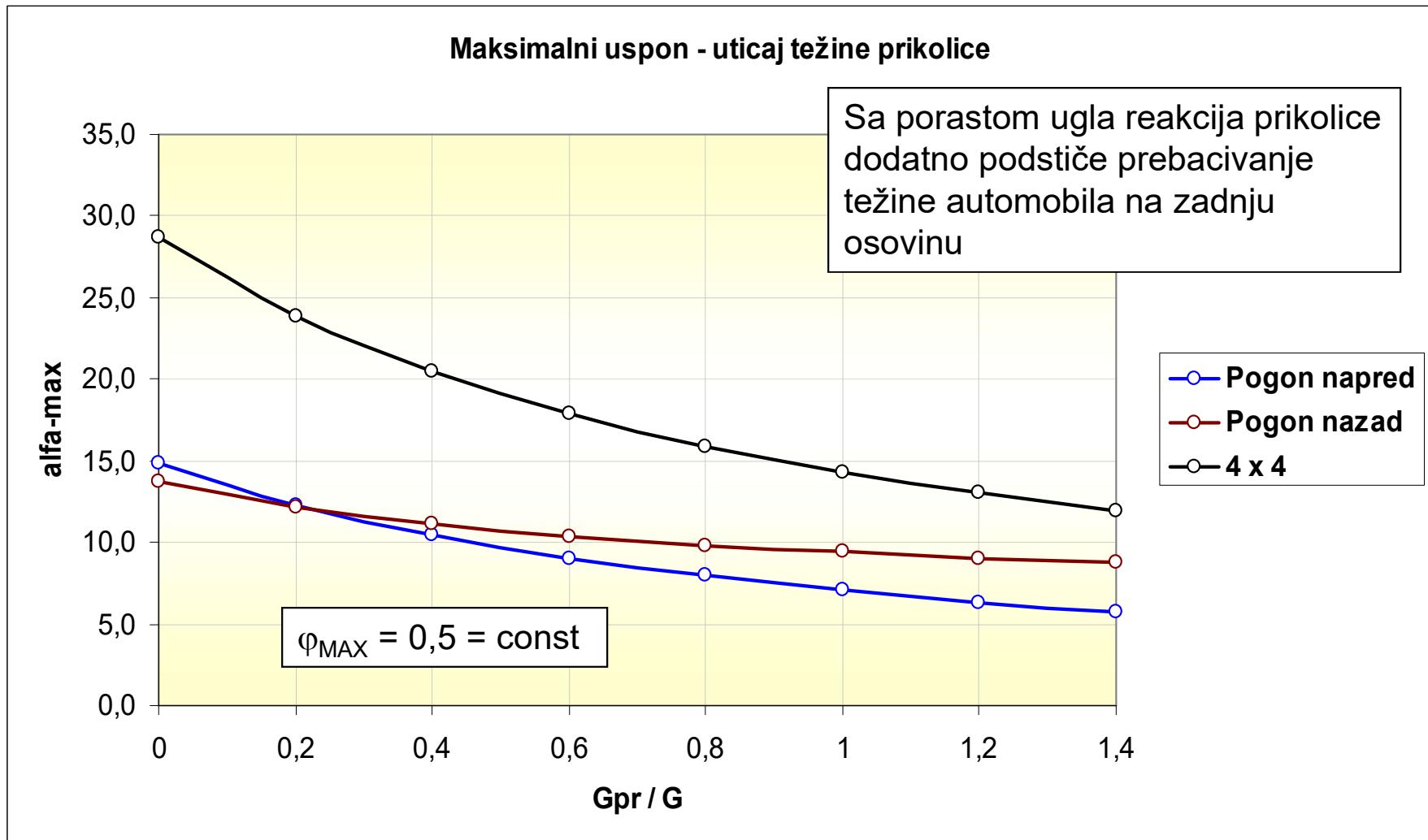
$$\alpha_{\text{MAX}} \leq \varphi_{\text{MAX}} \cdot \frac{G}{G + G_{\text{PR}}}$$

ZAVISI OD KONSTRUKCIJE I UPRAVLJANJA SISTEMOM ZA
RAZVOD SNAGE!
(RASPODELA POGONSKOG MOMENTA PO OSOVINAMA)

Određivanje maksimalnog uspona



Određivanje maksimalnog uspona



Određivanje maksimalnog uspona

Ili pokušati drugačiji pristup?



Određivanje maksimalnog uspona

Uticaj geometrijskih parametara na mogućnost savlađivanja uspona

	POGON NAPRED	POGON NAZAD	4 x 4
Povećanje l_K	Nepovoljno	Povoljno	Zavisi od karakteristika sistema za razvod snage (za idealan sistem – nema uticaja)
Povećanje h_K	Nepovoljno	Povoljno	
Povećanje $h_{T_{pr}}$	Povoljno	Nepovoljno	
Povećanje $l_{1_{pr}}$	Nepovoljno	Povoljno	

Određivanje maksimalnog uspona za date karakteristike prijanjanja

Pretpostavka: poznato je φ_{MAX}

$F_{OMAX,\varphi} = \varphi_{MAX} \cdot G_\varphi$ - raspoloživa sa aspekta prijanjanja

G_φ - adheziona težina

$G_\varphi = G_\varphi(\alpha) \rightarrow G_P, G_Z$ ili $G_P + G_Z$

$F_O = F_f + F_\alpha$

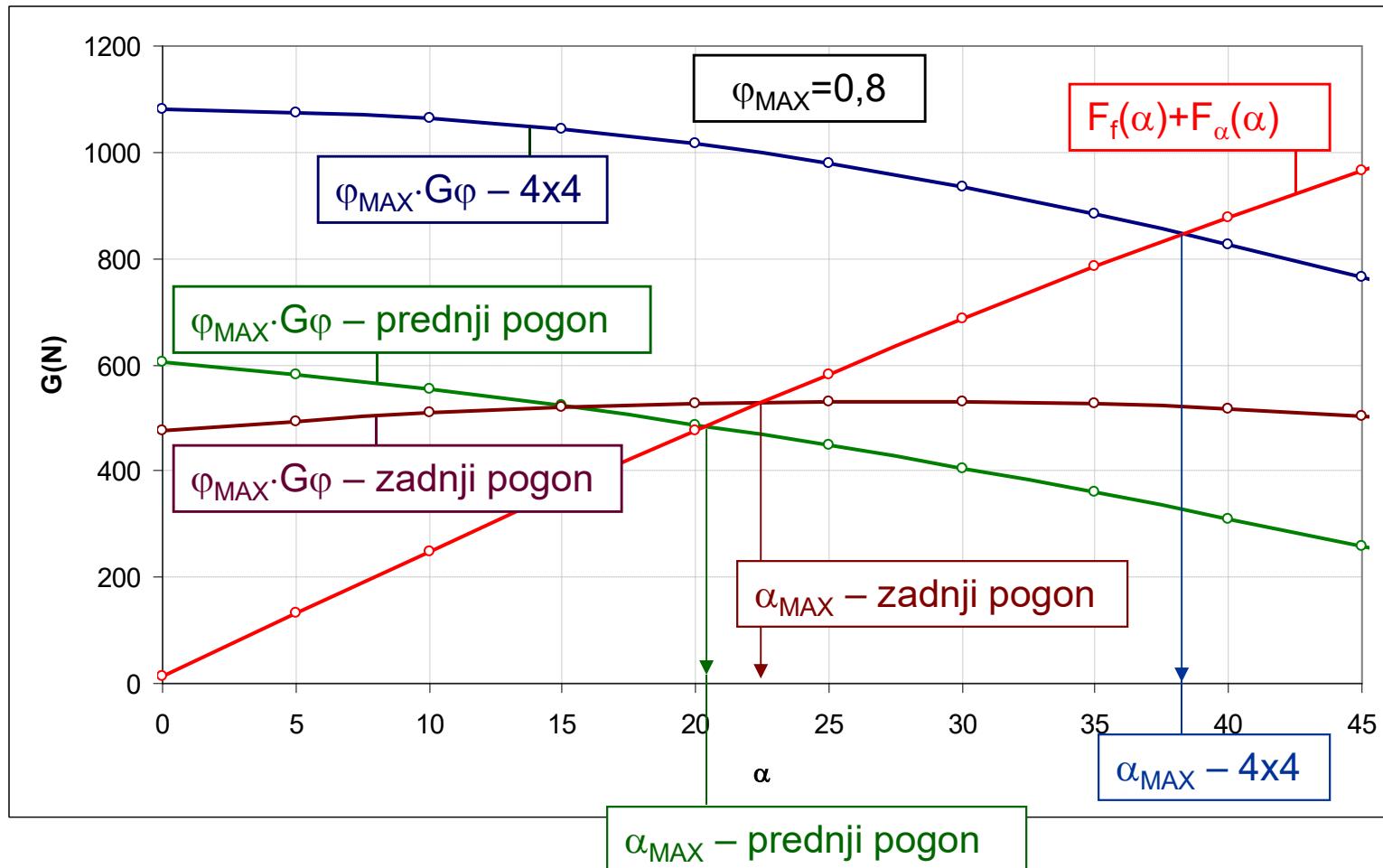
Mora biti:

$$\varphi_{MAX} \cdot G_\varphi(\alpha) \geq F_f(\alpha) + F_\alpha(\alpha)$$

Jednačina po $\alpha \rightarrow$ rešava se analitički ili grafički

Određivanje maksimalnog uspona za date karakteristike prijanjanja

$\varphi_{MAX} \cdot G_\varphi(\alpha) \geq F_f(\alpha) + F_w(\alpha) \rightarrow$ Primer za grafičko rešenje:



Stvarna tangencijalna reakcija

- a) Koliki pogonski moment M_T treba dovesti na točak da bi stvarna tangencijalna reakcija na pogonskom točku R_X (uz uzimanje otpora kotrljanja u obzir) iznosila $R_X = 0$?
- b) Odrediti minimalno potrebni koeficijent adhezije da bi se točak pri $M_T = 0$ kotrljao.

$$G_T = 3500 \text{ N}; \quad f = 0,01; \quad r_D = 0,3 \text{ m}$$

Odrediti maksimalni uspon koji posmatrano vozilo može da savlada sa aspekta prijanjanja:

- na normalnoj podlozi, za maksimalnu vrednost koeficijenta prijanjanja $\varphi_{MAX} = 0,8$.
- na klizavoj podlozi, za maksimalnu vrednost koeficijenta prijanjanja $\varphi_{MAX} = 0,2$.

Karakteristike vozila:

- prednji pogon
- $m = 1400 \text{ kg}$
- raspored mase napred / nazad = 53% / 47% ($\rightarrow G_P/G = l_Z/l$)
- $h_T / l = 0,23$