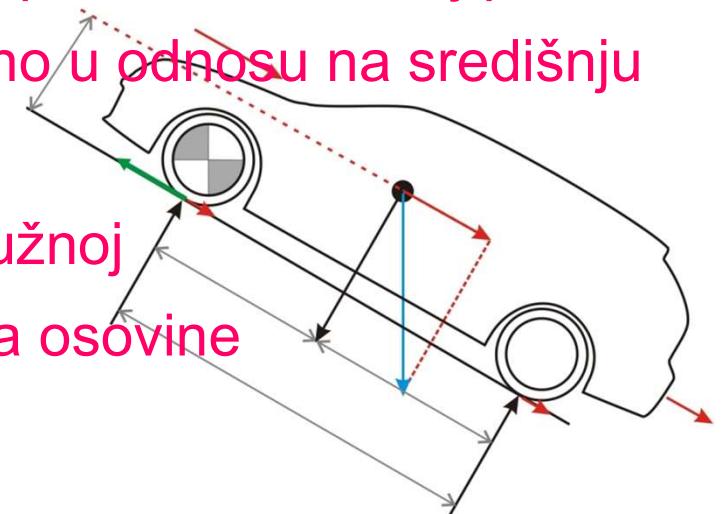


UZDUŽNA DINAMIKA VOZILA

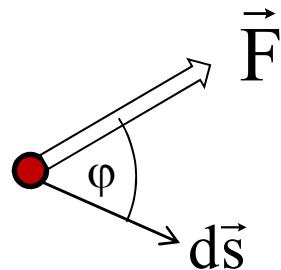
MODEL VOZILA U UZDUŽNOJ DINAMICI

- Smatra se da nema pomeranja u pravcima normalnim na pravac kretanja ($\sum Z_i = 0$, $\sum Y_i = 0$)
- Smatra se da nema nikakvih vidova pobuda na oscilovanje i vibracije, niti bilo koje vrste deformacija
- Vozilo se kreće translatorno pravolinijski po idealno ravnoj podlozi
- Dejstvo svih sila i momenata je simetrično u odnosu na središnju uzdužnu ravan vozila
- Vozilo se posmatra u jednoj ravni – uzdužnoj
- Sile na pojedinim točkovima svode se na osovine



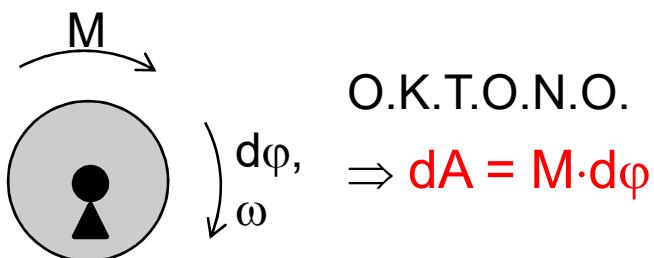
SNAGA – podsetnik iz mehanike

$P = \frac{dE}{dt} = \frac{dA}{dt}$ - promena mehaničke energije. tj. izvršeni rad u jedinici vremena



$$dA = \vec{F} \cdot d\vec{s} = F \cdot ds \cdot \cos \varphi$$

Uzdužna dinamika vozila – sve sile deluju duž x-ose ($\varphi = 0$)
 $\Rightarrow dA = F \cdot ds$



SNAGA – praktična upotreba

$$P = \frac{dA}{dt} = \frac{F \cdot ds}{dt} = F \cdot v \quad - \text{za translatorno kretanje}$$

$$P = \frac{dA}{dt} = \frac{M \cdot d\varphi}{dt} = M \cdot \omega \quad - \text{za obrtno kretanje}$$

$$P = F \cdot v$$

$$P = M \cdot \omega$$

JEDINICA: $\frac{\text{Nm}}{\text{s}} = \text{W}$

Uobičajeno ćemo koristiti kW.

F i v / M i ω → PARAMETRI SNAGE

Uzgredno pitanje: šta se dešava sa snagom motora pri njenom prenošenju na pogonski točak, a šta sa njegovim parametrima?

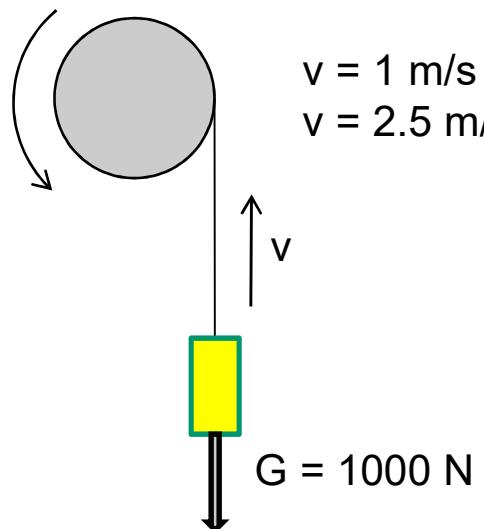
SNAGA – praktična upotreba

SILA / MOMENT:
KOLIKO OPTEREĆENJE
SAVLAĐUJEMO?

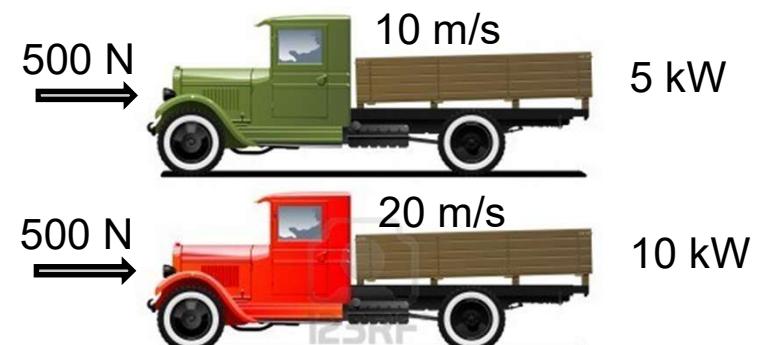
$$P = F \cdot v$$

$$P = M \cdot \omega$$

SNAGA:
KOJOM BRZINOM
TO ČINIMO?

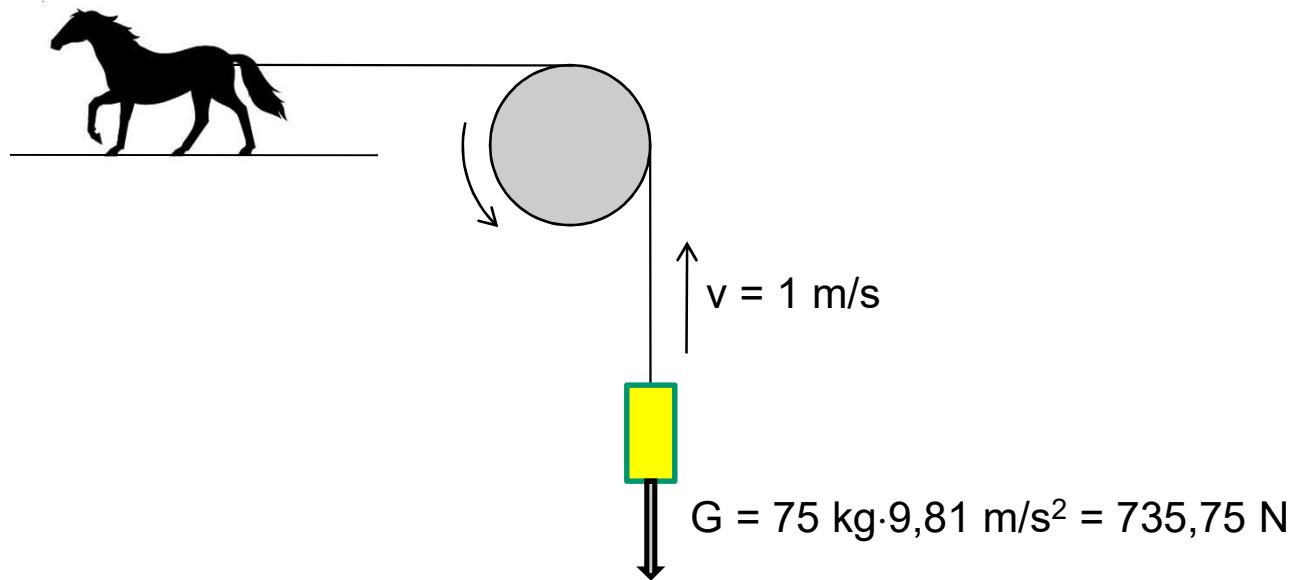


$$v = 1 \text{ m/s} \Rightarrow P = 1000 \text{ W}$$
$$v = 2.5 \text{ m/s} \Rightarrow P = 2500 \text{ W}$$



SNAGA – praktična upotreba

Definicija "konjske snage": savladavanje sile jednake težini mase od 75 kg, brzinom od 1 m/s.



$$1 \text{ KS} = 735,75 \text{ W} \approx 0,736 \text{ kW}$$
$$1 \text{ kW} \approx 1,36 \text{ KS}$$

Grublja procena, za $g \approx 10 \text{ m/s}^2$:
$$\begin{cases} 1 \text{ KS} \approx 0,75 \text{ kW} \\ 1 \text{ kW} \approx 1,33 \text{ KS} \end{cases}$$

SNAGA

$$P = M \cdot \omega \rightarrow \text{u osnovnim jedinicama}$$

U praksi se obično uzima:

$$\begin{aligned} P &\rightarrow [\text{kW}] \\ \omega &\rightarrow n [\text{min}^{-1}] \end{aligned}$$

$$\text{Veza: } \omega = 2\pi \cdot n / 60$$

$$P = M \cdot n / 9554$$

SNAGA

$$P = F \cdot v \rightarrow \text{u osnovnim jedinicama}$$

U praksi se obično uzima:

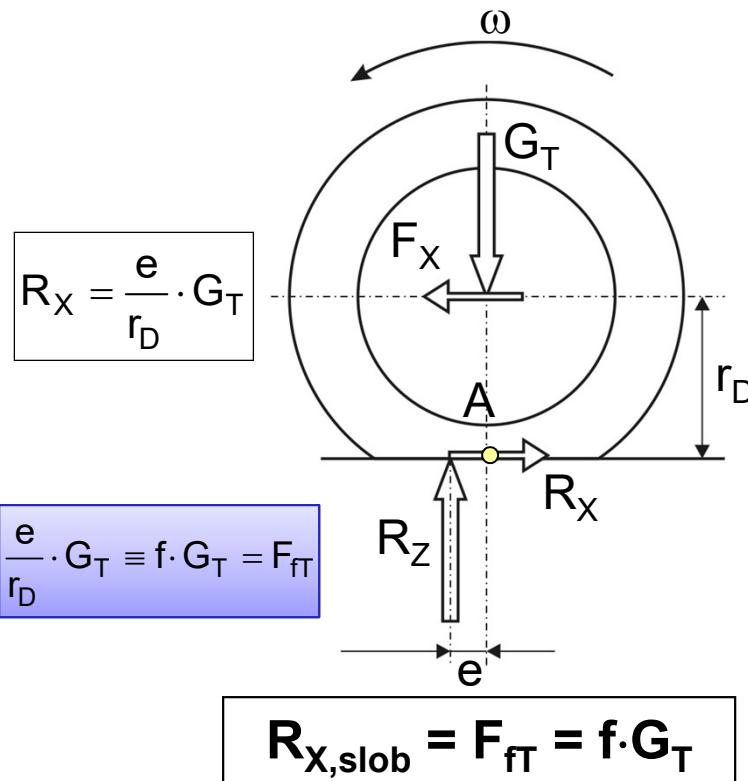
$$P \rightarrow [\text{kW}]$$
$$v \rightarrow [\text{km/h}]$$

$$P = F \cdot v / 3600$$

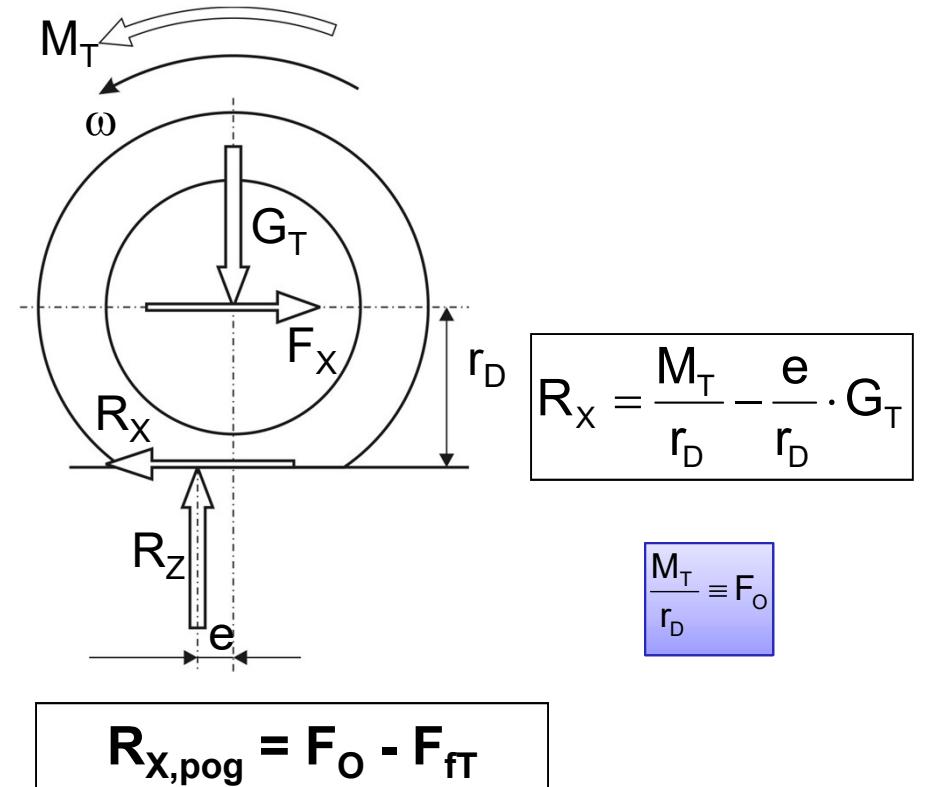
TANGENCIJALNA REAKCIJA PODLOGE

-PODSETNIK-

SLOBODAN TOČAK



POGONSKI TOČAK



TANGENCIJALNA REAKCIJA PODLOGE

POGONSKI TOČAK

$$R_x = F_O - F_{fT}$$

R_x je stvarni vektor koji deluje na točak kao tangencijalna reakcija podlove, dok su F_O i F_{fT} u ovom slučaju računske veličine!

Prema tome dejstvo R_x možemo zameniti ekvivalentnim sistemom:



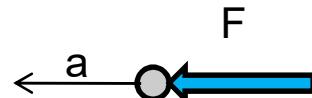
Uticaj obrtnih masa na ubrzanje vozila

PODSETNIK: $R_x = \left(F_O - \frac{J_C \cdot \dot{\omega}}{r_D} \right) - F_f \rightarrow$ tangencijalna reakcija podloge na pog. točak pri ubrzanom kretanju

Deo pogonskog momenta saopštenog točku se "troši" na savlađivanje na ubrzanje obrtnih masa

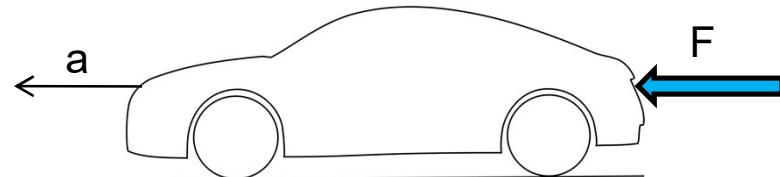
POREĐENJE SLUČAJEVA:

Kretanje materijalne tačke:



$$m \cdot a = F$$

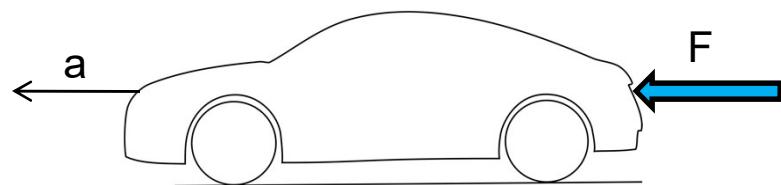
Kretanje vozila:



$$\delta \cdot m \cdot a = F$$

$\delta > 1$ – koeficijent uticaja rotacionih masa!

Uticaj obrtnih masa na ubrzanje vozila



$$\delta \cdot m \cdot a = F$$

$\delta > 1$ – koeficijent uticaja rotacionih masa!

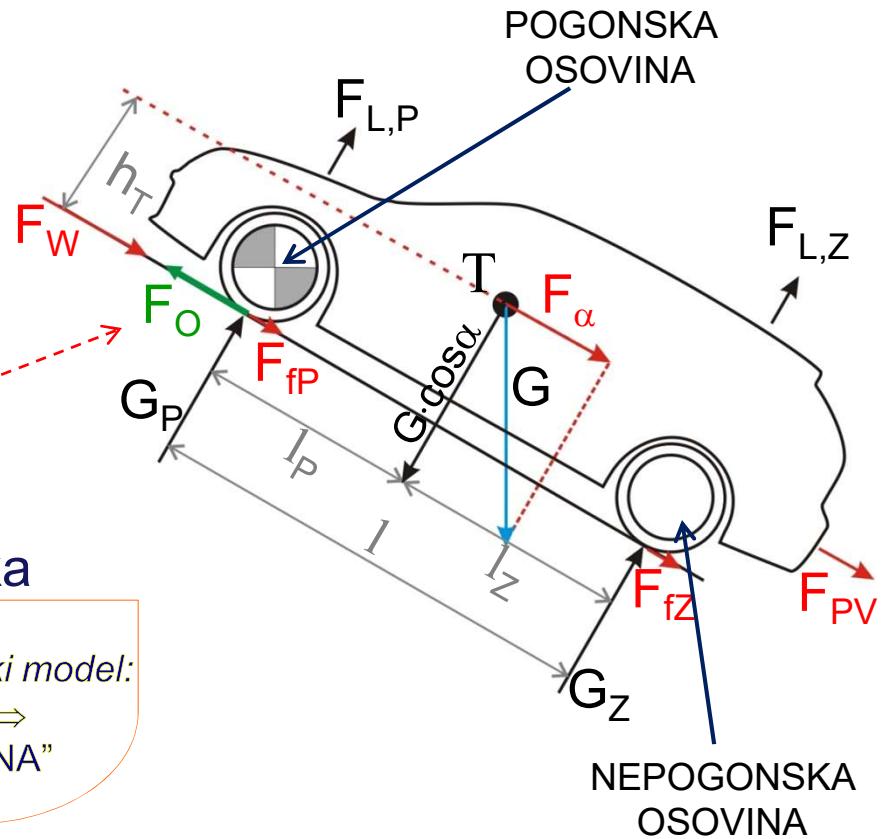
POGONSKA SILA SAOPŠTAVA UBRZANJE EKVIVALENTNOJ MASI $\delta \cdot m$
A NE SAMO STVARNOJ MASI m

$$\begin{aligned}\delta &> 1 \\ \delta \cdot m &> m\end{aligned}$$

JEDNAČINA KRETANJA VOZILA U UZDUŽNOJ DINAMICI

Sile koje deluju na vozilo u uzdužnom pravcu:

- Tangencijalna reakcija pogonskog (ovde: prednjeg) točka
 $R_{x,POG} = F_O - F_{fP}$
- Tangencijalna reakcija nepogonskog (ovde: zadnjeg) točka
 $R_{x,NEP} = F_{fZ}$
- Otpor vazduha F_W
- Otpor uspona $F_\alpha = G \cdot \sin\alpha$
- Otpor priklj. vozila F_{PV}



Ravanski model:
"Točak" ⇒ "OSOVINA"

Vertikalne sile:
 G_P, G_Z – osovinske reakcije
 $F_{L,P}, F_{L,Z}$ – aerodin. sile izdizanja

JEDNAČINA KRETANJA VOZILA U UZDUŽNOJ DINAMICI

Pristup sa δ nas "spasava"
potrebe za dekompozicijom

Prema Drugom Njutnovom zakonu za
uzdužni pravac važi:

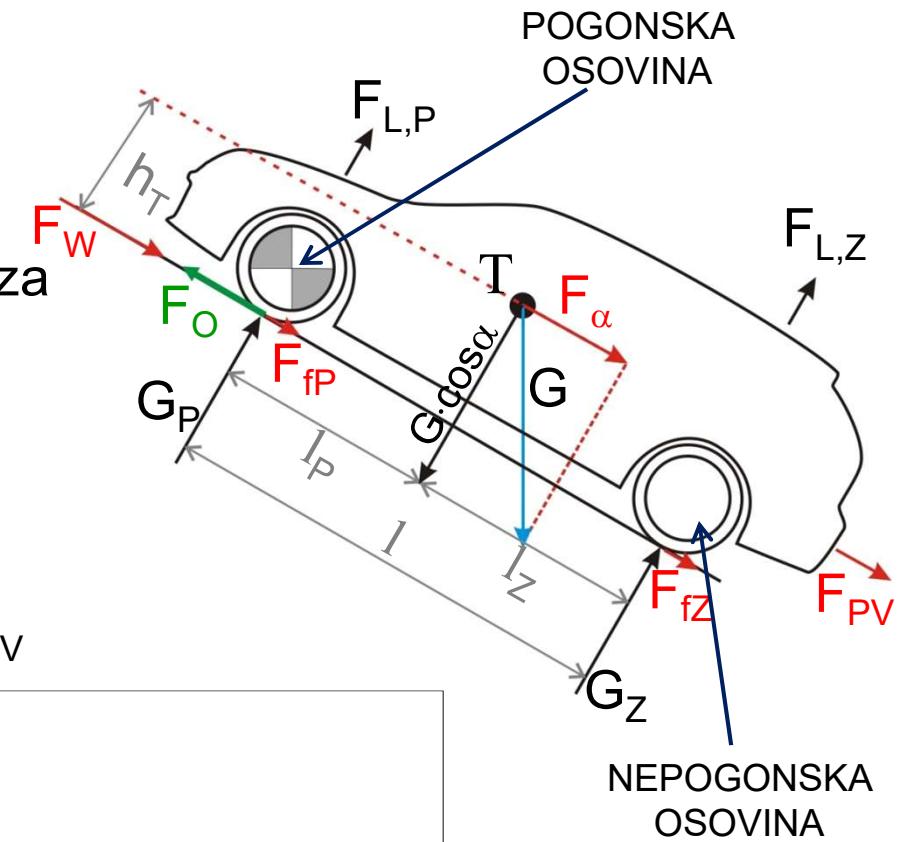
$$\delta \cdot m \cdot a = F_O - F_{fP} - F_{fZ} - F_W - F_\alpha - F_{PV}$$

tj.

$$\delta \cdot m \cdot a = F_O - (F_{fP} + F_{fZ}) - F_W - F_\alpha - F_{PV}$$

Dalje znamo da je:

- $F_{fP} = f \cdot G_P$
- $F_{fZ} = f \cdot G_Z$
- $F_{fP} + F_{fZ} = f \cdot (G_P + G_Z) = f \cdot G \cdot \cos\alpha = F_f$
– ukupna sila otpora kotrljanja za vozilo



JEDNAČINA KRETANJA VOZILA U UZDUŽNOJ DINAMICI

$$\delta \cdot m \cdot a = F_O - (F_{fP} + F_{fZ}) - F_W - F_\alpha - F_{PV} = F_O - F_f - F_W - F_\alpha - F_{PV}$$

$F_f = f \cdot G \cdot \cos\alpha$

$\delta \cdot m \cdot a = F_{IN} \rightarrow$ Dalamberov princip

$$\sum F_i = 0 \Rightarrow F_O - F_{IN} - F_f - F_W - F_\alpha - F_{PV} = 0$$

$$F_O = \frac{M_T}{r_D}$$

$$F_O = F_f + F_W + F_\alpha + F_{IN} + F_{PV}$$

$$F_f = f \cdot G \cdot \cos\alpha$$

$$F_W = c_W \cdot A \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$

$$F_\alpha = G \cdot \sin\alpha$$

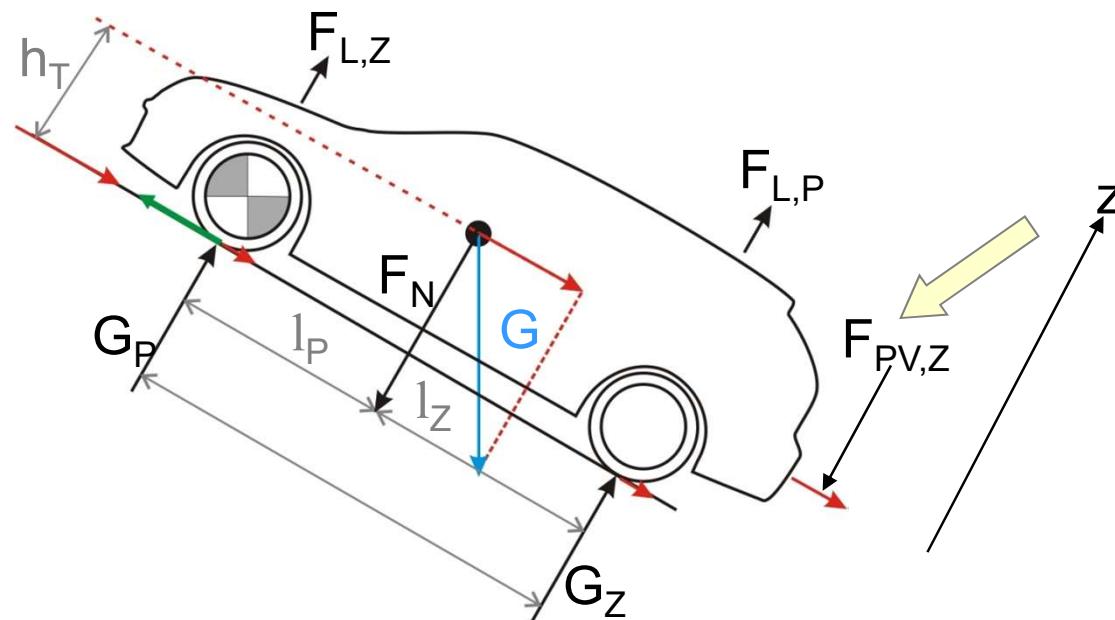
$$F_{IN} = \delta \cdot m \cdot a$$

SILE U VERTIKALNOM PRAVCU – STATIKA VOZILA

PODSETNIK:

$$z \text{ osa: } F_N = G_P + G_z + F_{L,P} + F_{L,Z} (+ F_{PV,Z})$$

Za uzdužnu dinamiku je od interesa kada je neophodno poznavanje osovinskih opterećenja (prijanjanje – analiza vučnih i kočnih performansi vozila)



POJAM POTREBNE I RASPOLOŽIVE SILA NA TOČKU

Potrebna sila: sila koju je potrebno realizovati da bi se savladali otpori kretanja

$$F_O^{\text{POTR}} = F_f + F_W + F_\alpha + F_{\text{IN}} + F_{\text{PV}}$$

Raspoloživa sila: sila koja može da se ostvari:

- a) za date karakteristike pogonskog motora i transmisije
- b) za date uslove prijanjanja pogonskih točkova za podlogu

Slučaj a)

$$F_O = \frac{M_T}{r_D}$$

$$F_O^{\text{RASP}} = \frac{M_{\text{mot}} \cdot i_{\text{TR}} \cdot \eta_{\text{TR}}}{r_D}$$

Slučaj b)

$$F_O^{\text{RASP}} = \varphi_{\text{MAX}} \cdot G_\varphi$$

φ_{MAX} – maksimalna vrednost koeficijenta prijanjanja
 G_φ - vertikalno opterećenje pogonske osovine

☞ DETALJNIJE U POGLAVLJU O PRIJANJANJU

BILANS SNAGA

Obično se koristi za izračunavanje maksimalne brzine u nekim posmatrаниm uslovima $\rightarrow v = v_{MAX} = \text{const}$, $F_{IN} = 0$
Ako se eliminiše i uticaj priključnog vozila $\rightarrow F_{PV} = 0$

$$F_O = F_f + F_w + F_\alpha$$



$$P_T = P_f + P_w + P_\alpha$$

Snaga koju je **potrebno** dovesti točku radi savlađivanja otpora kretanja u nekom posmatranom režimu kretanja jednaka je sumi svih parcijalnih snaga otpora kretanja vozila koji deluju u tom režimu.

$$P_T^{\text{POTR}} = P_f + P_w + P_\alpha \rightarrow \text{POTREBNA SNAGA NA POGONSKOM TOČKU}$$

$$P_T^{\text{RASP}} = \eta_{TR} \cdot P_{\text{mot}} \rightarrow \text{RASPOLOŽIVA SNAGA NA POGONSKOM TOČKU}$$

BILANS SNAGA

Parcijalne snage potrebne za savlađivanje otpora kretanja:

$$P_f = F_f \cdot v$$

$$P_w = F_w \cdot v$$

$$P_\alpha = F_\alpha \cdot v$$

$$P \rightarrow [kW]$$

$$v \rightarrow [km/h]$$

$$P_f = F_f \cdot v / 3600$$

$$P_w = F_w \cdot v / 3600$$

$$P_\alpha = F_\alpha \cdot v / 3600$$

