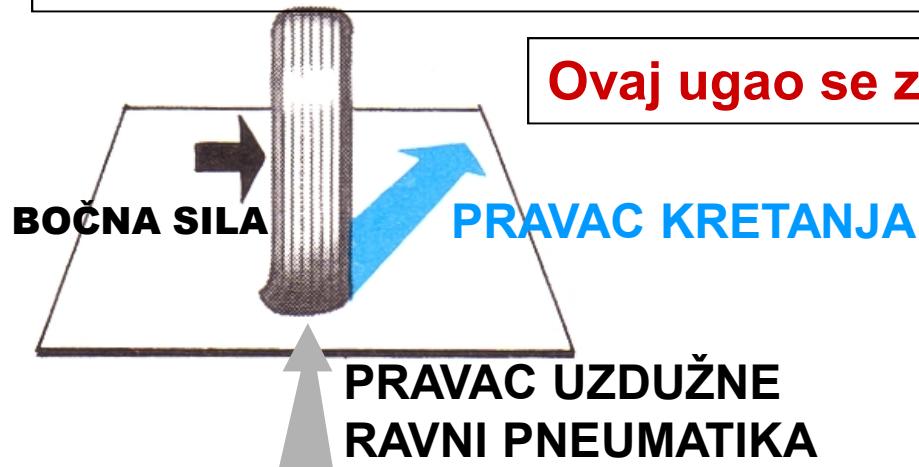


Ponašanje pneumatika pod dejstvom bočne sile

POVOĐENJE TOČKA

Dejstvo bočne sile \Rightarrow pneumatik će se kretati u pravcu koji je pod određenim uglom u odnosu na pravac uzdužne ravni pneumatika



Ovaj ugao se zove UGAO POVOĐENJA, δ

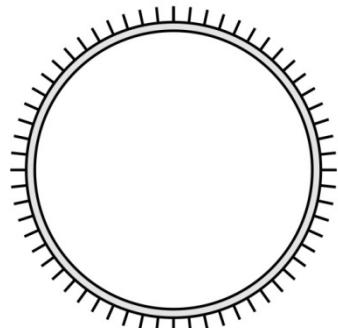
Povođenje je skretanje točka pod dejstvom bočne sile, usled bočne elastičnosti.

“Bočno klizanje”, ali: posledica elastične deformacije! *Side slip, Seitenschlupf*

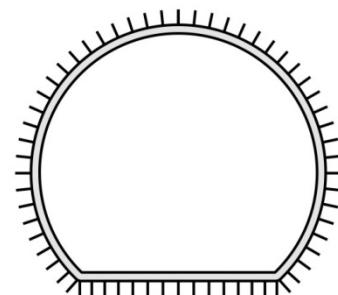
Ponašanje pneumatika pod dejstvom bočne sile

UZROCI POJAVE POVOĐENJA

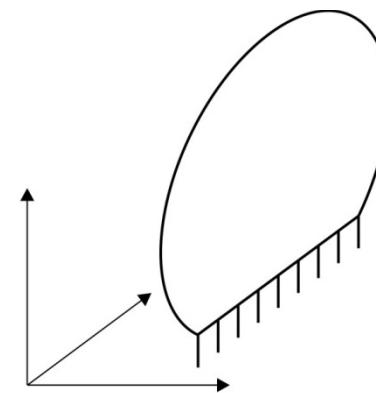
Posmatramo "Brush"-model gazećeg sloja pneumatika:



Slobodan točak



Deformisan pod
dejstvom vertikalne
sile

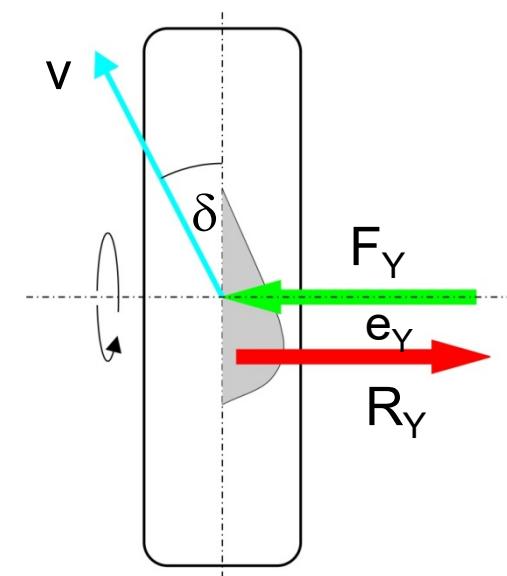
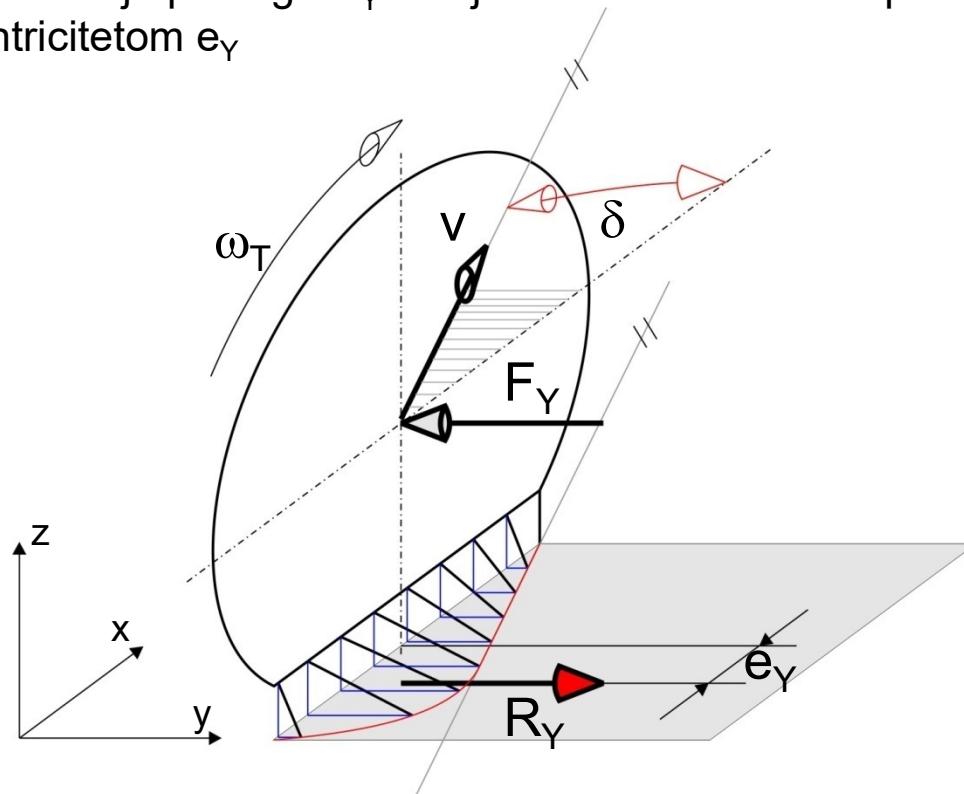


Posmatran
prostorno, fokus na
delu u kontaktu sa
podlogom

Ponašanje pneumatika pod dejstvom bočne sile

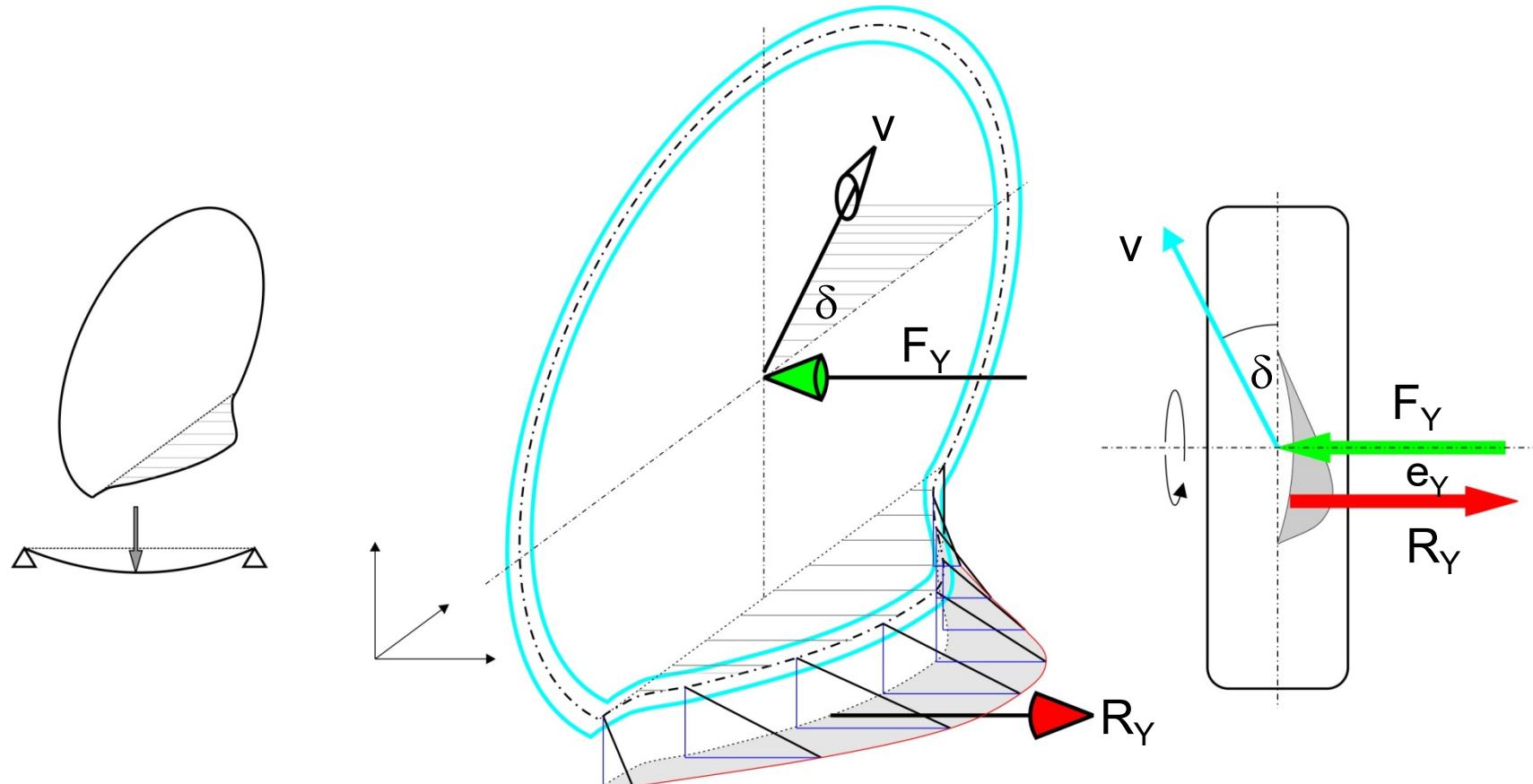
Točku koji se **kotrlja** saopštavamo bočnu silu F_Y :

- Javlja se bočna reakcija podlage R_Y
- Dolazi do bočne deformacije gazećeg sloja usled čega vektor brzine centra točka obrazuje ugao δ u odnosu na x-osi → **δ JE UGAO POVOĐENJA**
- Bočna reakcija podlage R_Y deluje u težištu kontaktne površine, **iza** sredine kontakta – sa ekscentritetom e_Y



Ponašanje pneumatika pod dejstvom bočne sile

- Na složenu konturu kontaktne površine dodatno utiče bočna elastičnost karkase:



Ponašanje pneumatika pod dejstvom bočne sile

- Veličine od interesa - **rezime:**

F_Y – bočna sila kojom vozilo deluje na točak

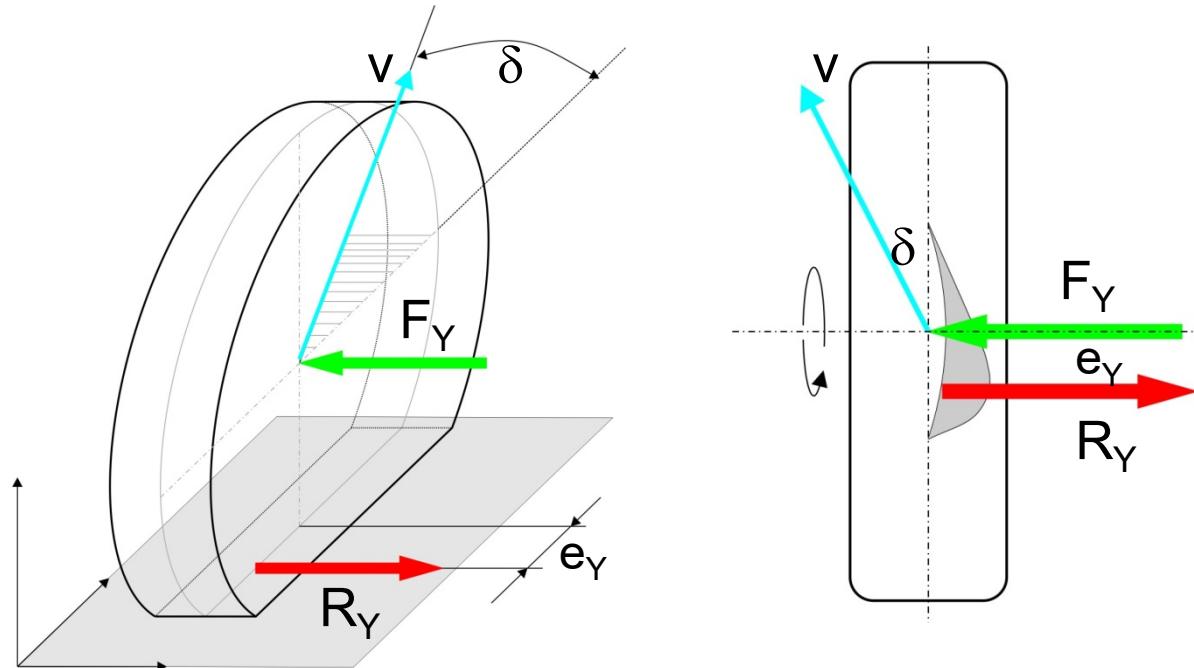
R_Y – bočna reakcija podloge

δ – ugao povođenja

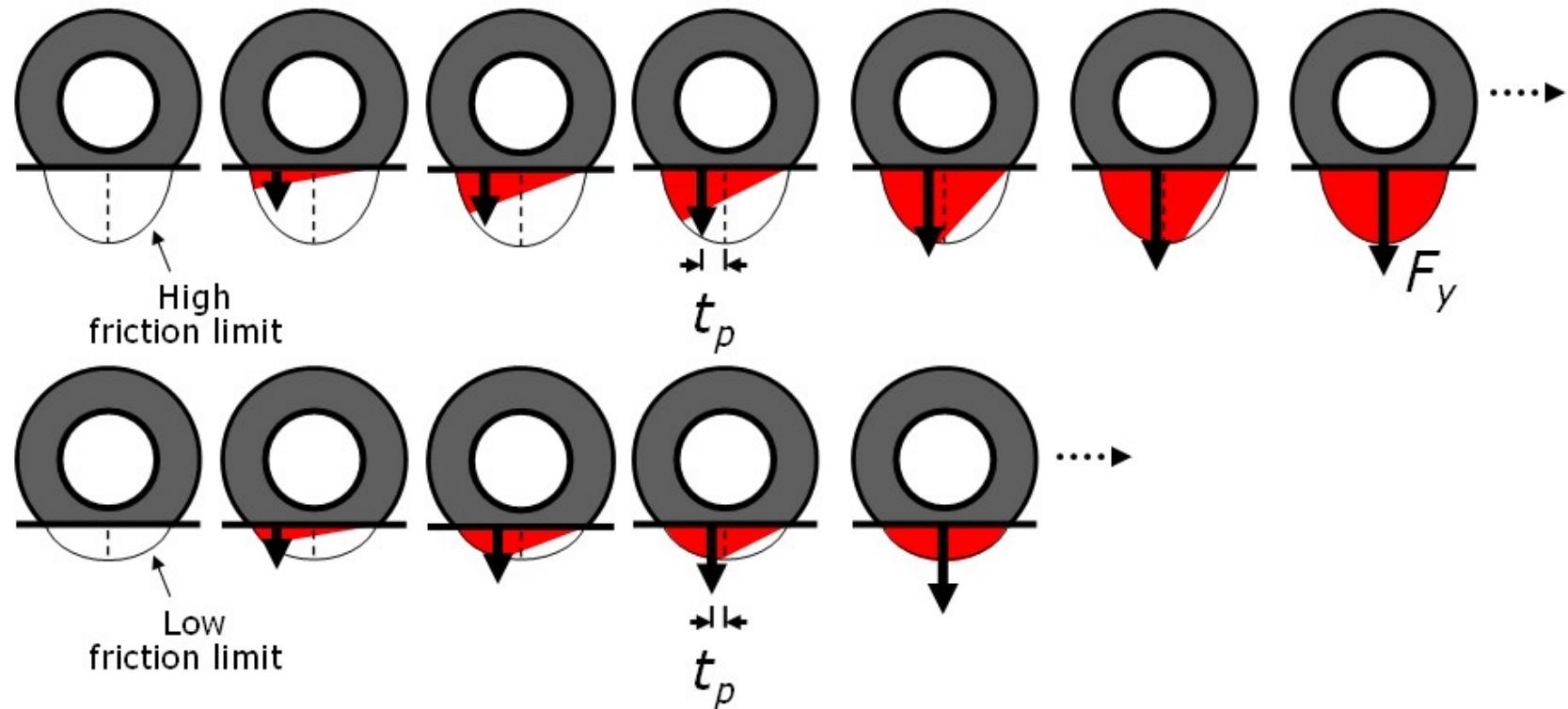
e_Y = “trag skretanja” – ekscentritet bočne reakcije podloge

$M_S = e_Y \cdot R_Y$ – “moment stabilizacije”

$$\left. \begin{array}{l} F_Y \\ R_Y \\ e_Y \end{array} \right\} \text{S.U.R.: } F_Y = R_Y !$$



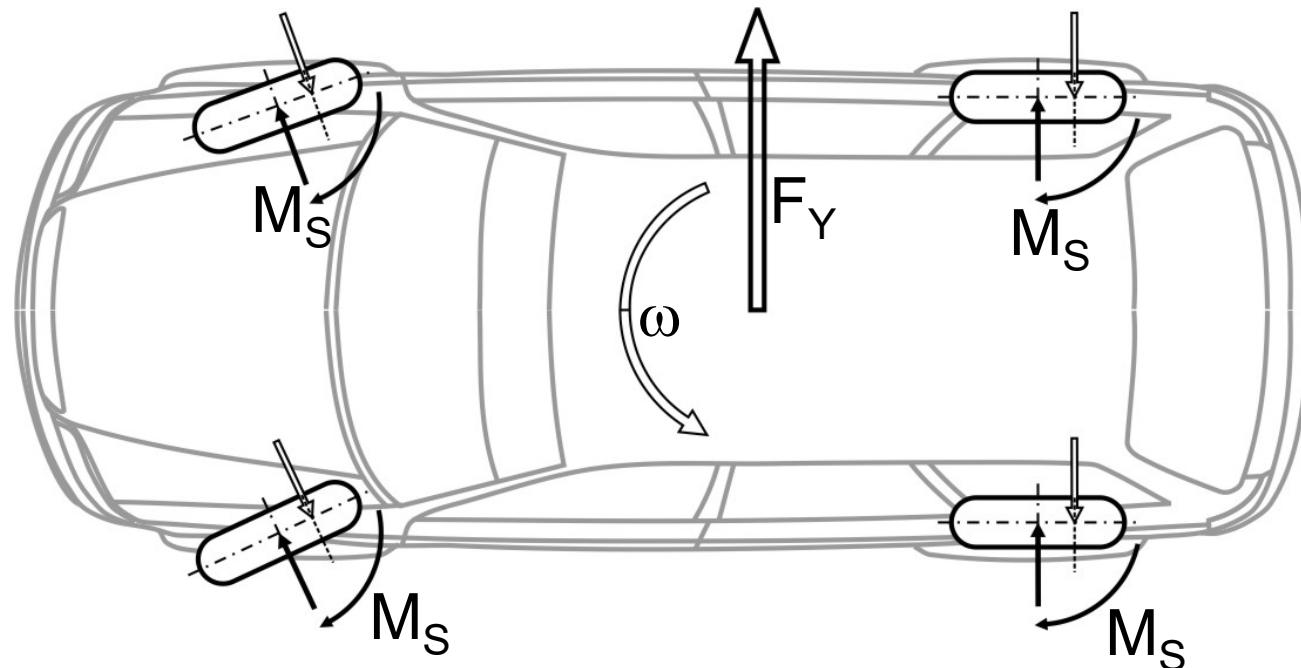
Ponašanje pneumatika pod dejstvom bočne sile



Izvor: stanford.edu

Ponašanje pneumatika pod dejstvom bočne sile

Dejstvo momenta stabilizacije:

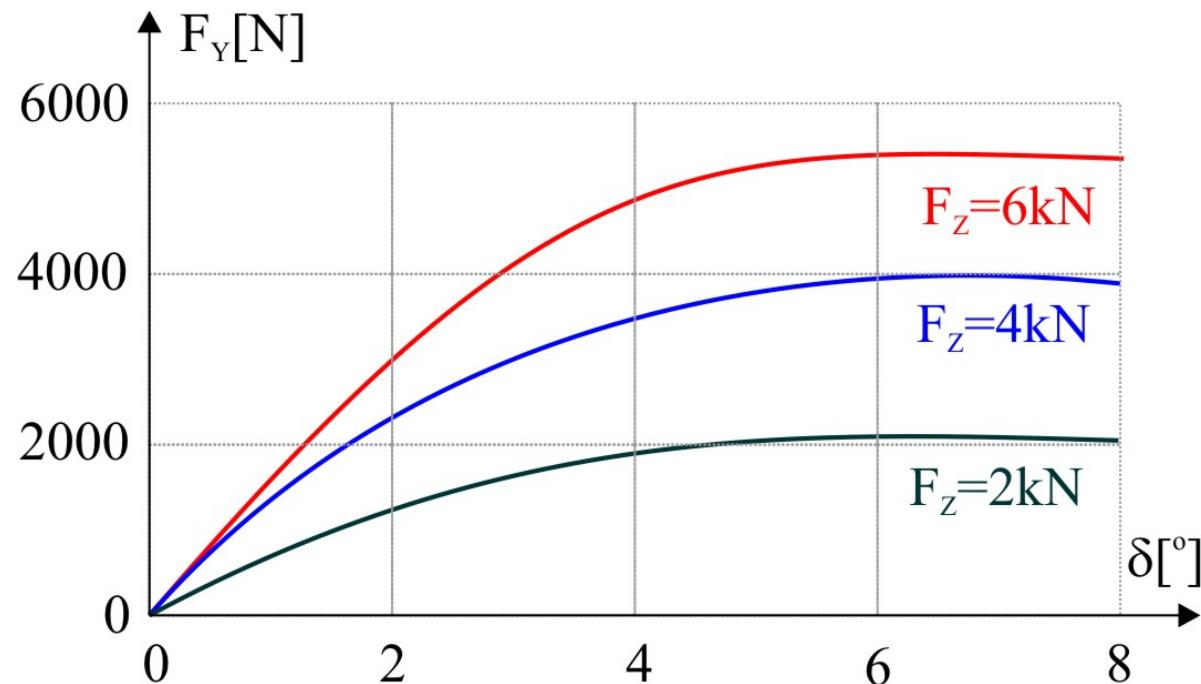


Moment sile R_Y usled ekscentriciteta e_Y po smeru se suprotstavlja pojavi koja ga prouzrokuje – ugaonoj brzini vozila ω .

Moment stabilizacije teži da ravan točka dovede u pravac vektora brzine.
(☞ skicirati)

Ponašanje pneumatika pod dejstvom bočne sile

Zavisnost između bočne sile i ugla povođenja

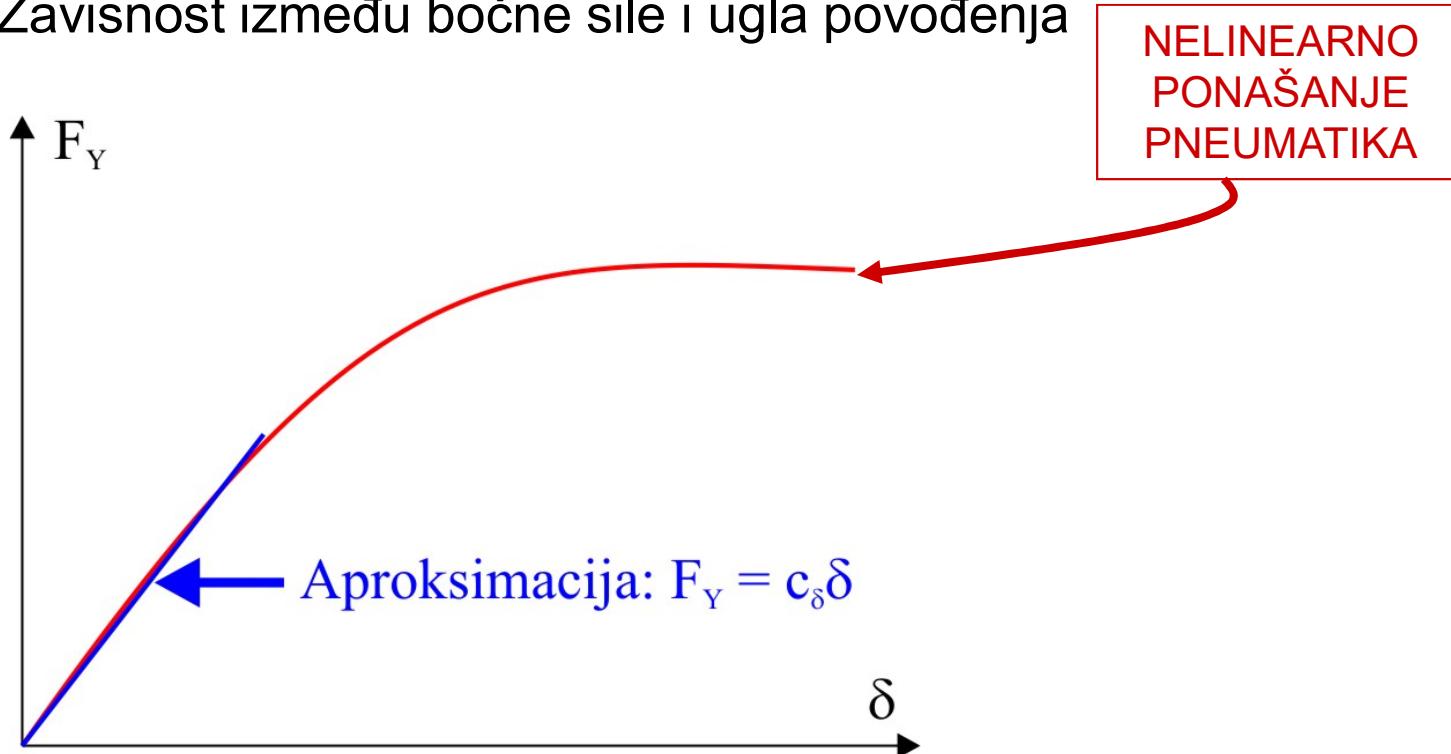


Analogija sa
uzdužnim
klizanjem!

Izvor: *Chassis
Handbook H&E*

Ponašanje pneumatika pod dejstvom bočne sile

Zavisnost između bočne sile i ugla povođenja



Linearna aproksimacija $F_Y = c_\delta \cdot \delta$ važi za male uglove δ (obično do ~nekoliko°)

$C_\delta = \text{const}$ – bočna krutost pneumatika

Ponašanje pneumatika pod dejstvom bočne sile

Zavisnost između bočne sile i ugla povođenja

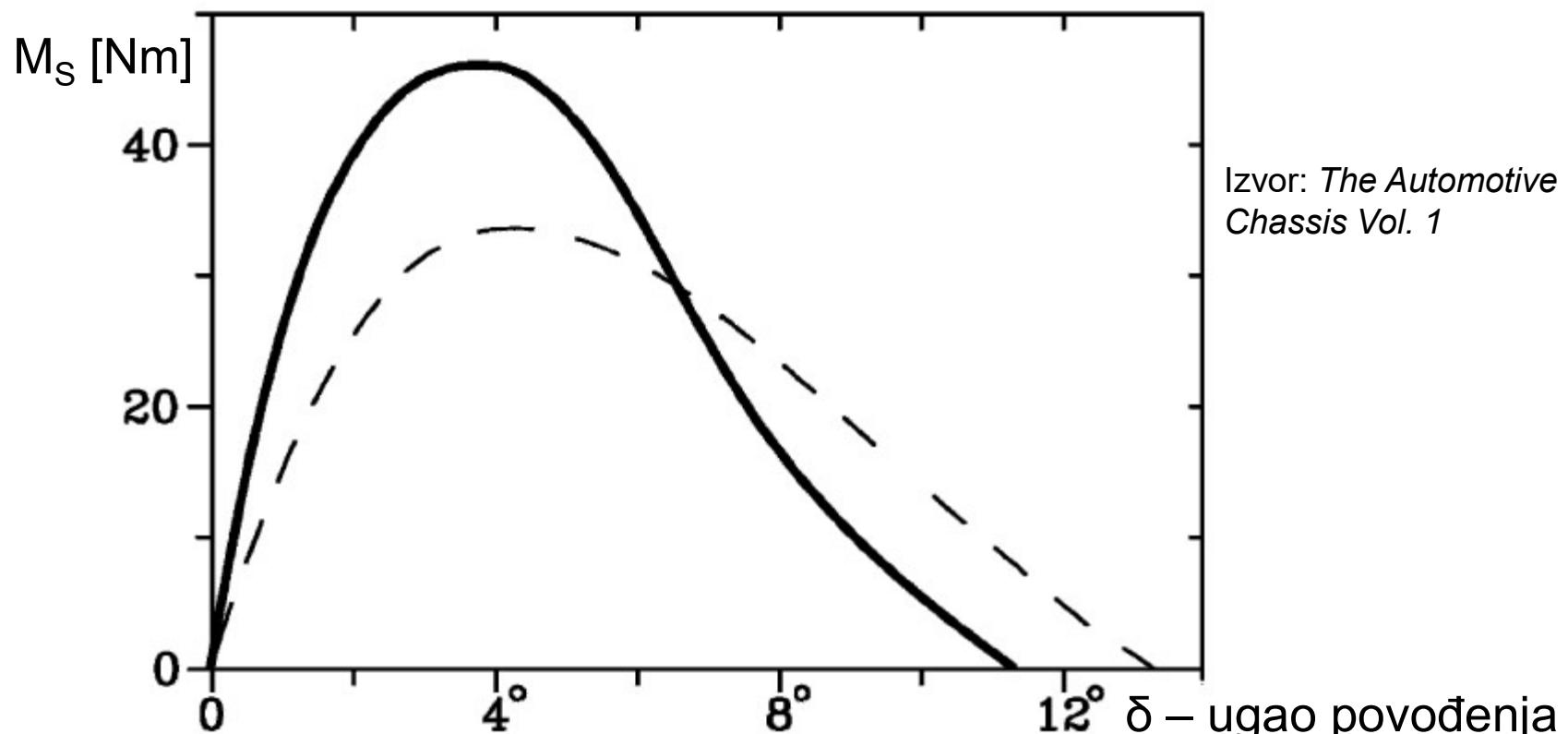
PRIMER: VREDNOSTI ZA C_δ (kolika bočna sila izaziva skretanje od 1°)

Bočna krutost degresivno raste sa povećanjem vertikalnog opterećenja točka

VERTIKALNO OPTEREĆENJE TOČKA (daN)	$C_\delta = \frac{F_Y}{\delta}$ - bočna krutost (daN / °)
100	30
200	54
300	76
400	100
500	114
600	133

Ponašanje pneumatika pod dejstvom bočne sile

Moment stabilizacije



Trag skretanja opada sa porastom δ

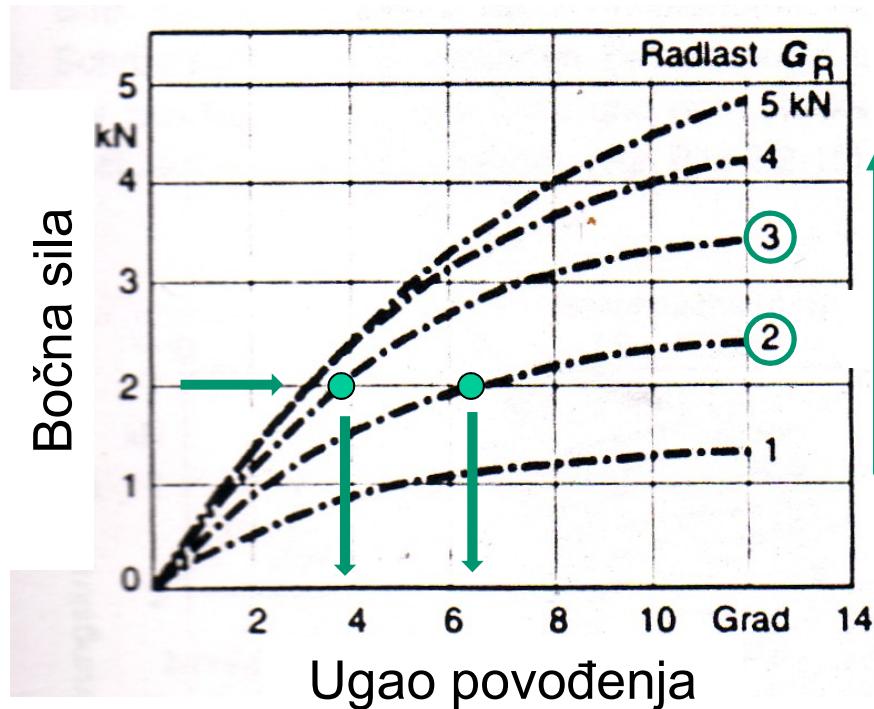
Ponašanje pneumatika pod dejstvom bočne sile

Na karakter zavisnosti između ugla povođenja i bočne reakcije podloge R_Y utiču:

- Konstruktivne karakteristike pneumatika i uslovi prijanjanja širi / veći pneumatik, niži profil → veća bočna krutost
- Pritisak u pneumatiku
- Vertikalno opterećenje točka
- Prisustvo bočnog nagiba
- Prisustvo uzdužne sile na točku

Ponašanje pneumatika pod dejstvom bočne sile

Uticaj vertikalnog opterećenja



Izvor: Wallentowitz

Rast vertikalnog opterećenja

$Rast G_T \Rightarrow$ duža kontaktna površina \Rightarrow veća bočna sila za isti ugao povođenja

Za istu bočnu silu ugao povođenja opada sa porastom vertikalnog opterećenja.

“Upravljanje prebacivanjem opterećenja” – promena karakteristika upravljivosti promenom preraspodele opterećenja napred / nazad

Ponašanje pneumatika pod dejstvom bočne sile

Uticaj pritiska u pneumatiku

Izvor: *Gillespie*

Porast pritiska:

- povećava se krutost karkase (porast bočne krutosti)
- smanjuje se kontaktna površina (tendencija za povećanjem povođenja)

Ne postoji generalni zaključak

Uobičajena tendencija: povođenje se smanjuje sa porastom pritiska – do određene granice

Napomena / podsetnik:

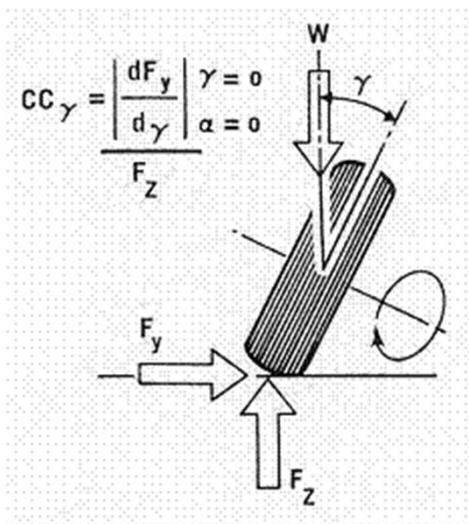
Za otpor kotrljanja \rightarrow porast $G_T \approx$ sniženje pritiska, i obrnuto

Za povođenje ova analogija ne važi!

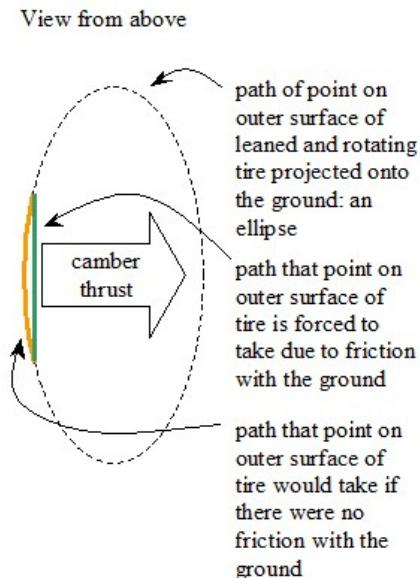
Ponašanje pneumatika pod dejstvom bočne sile

Uticaj bočnog nagiba na bočnu silu

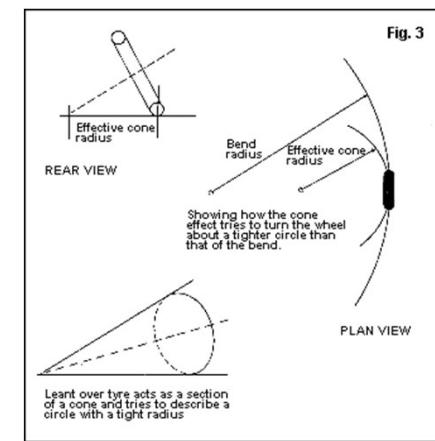
Pri pravolinijskom kotrljanju bočno nagnutog točka, usled tendencije točka za rotacijom oko zase nastaje bočna sila; vrednosti bočne sile ~10-tak puta manje nego kod povođenja; uticaj bočne sile pri bočnom nagibu se superponira sa bočnom silom usled povođenja!



Dejstvo



Mehanizam nastanka



Vizuelizacija za lakše pamćenje – nije povezana sa mehanizmom nastanka

Ponašanje pneumatika pod dejstvom bočne sile

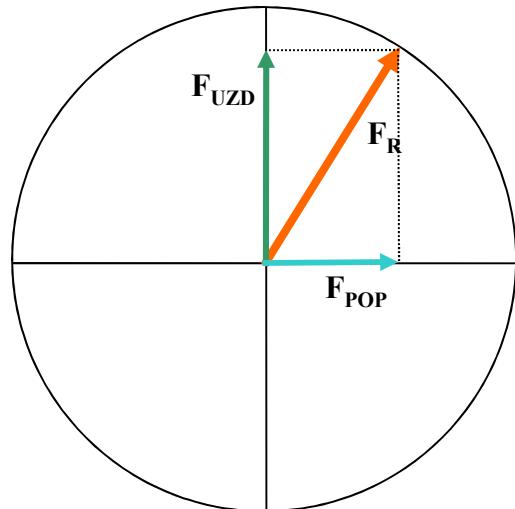
Uticaj prisustva uzdužne sile

Pojednostavljeno razmatranje: Kamov krug prijanjanja

$$\vec{F}_R = \vec{F}_X + \vec{F}_Y \quad F_R^2 = F_X^2 + F_Y^2$$

$$F_{RMAX} = G_T \cdot \varphi_{MAX}$$

$$F_X^2 + F_Y^2 = (G_T \cdot \varphi_{MAX})^2 = \text{const} \rightarrow \text{jednačina kružnice}$$

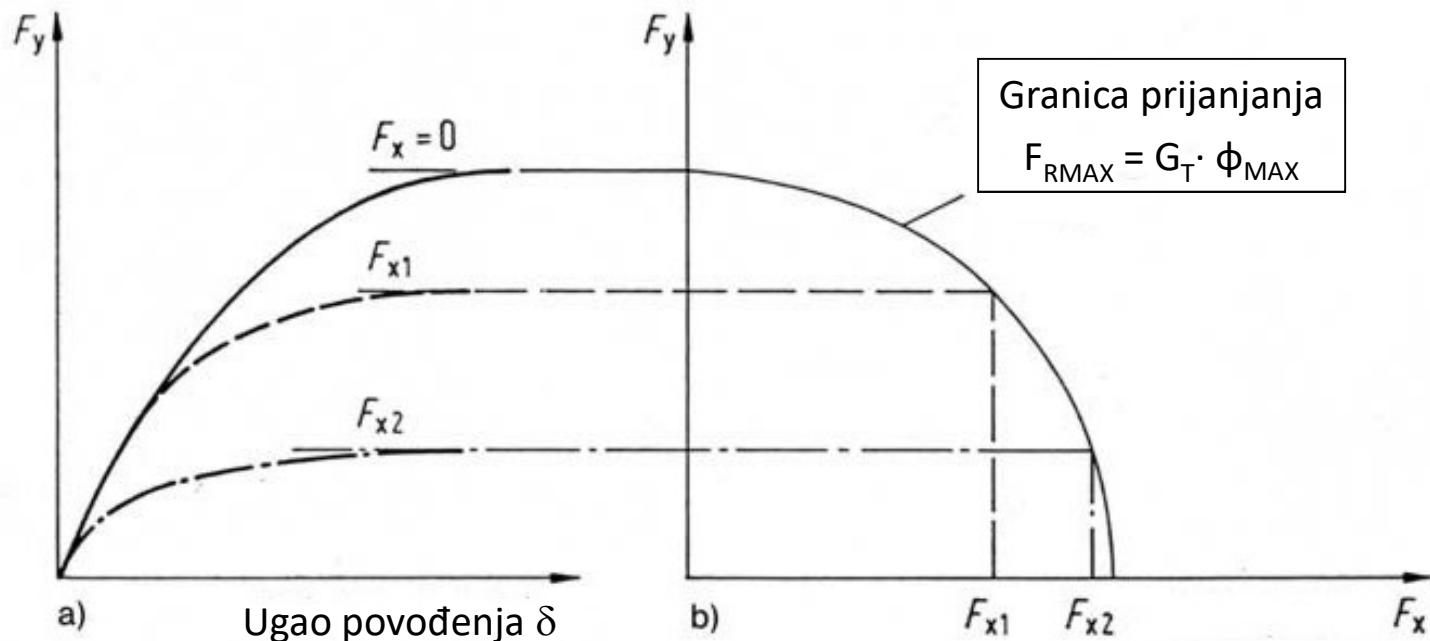


Što je veće F_X , manje prijanjanja ostaje za realizaciju F_Y , i obrnuto!

Ponašanje pneumatika pod dejstvom bočne sile

Uticaj prisustva uzdužne sile

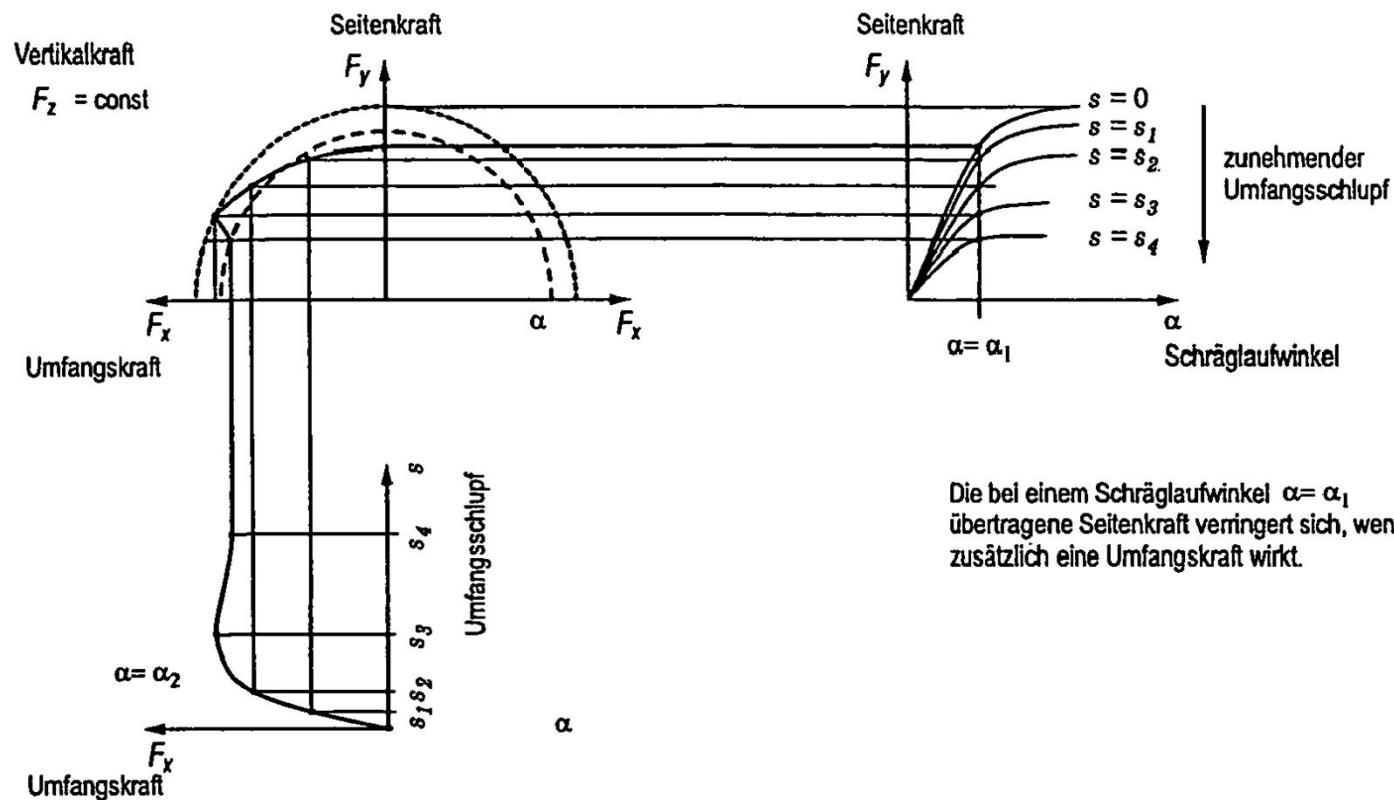
Za istu vrednost bočne sile, istovremeno prisustvo uzdužne sile povećava povođenje;
Uticaj izraženiji u uslovima graničnog iskorišćenja prijanjanja (veliko povođenje i/ili veliko uzdužno klizanje)



Ponašanje pneumatika pod dejstvom bočne sile

Uticaj prisustva uzdužne sile

Za istu vrednost bočne sile, istovremeno prisustvo uzdužne sile povećava povođenje;
Uticaj izraženiji u uslovima graničnog iskorišćenja prijanjanja (veliko povođenje i/ili veliko uzdužno klizanje)

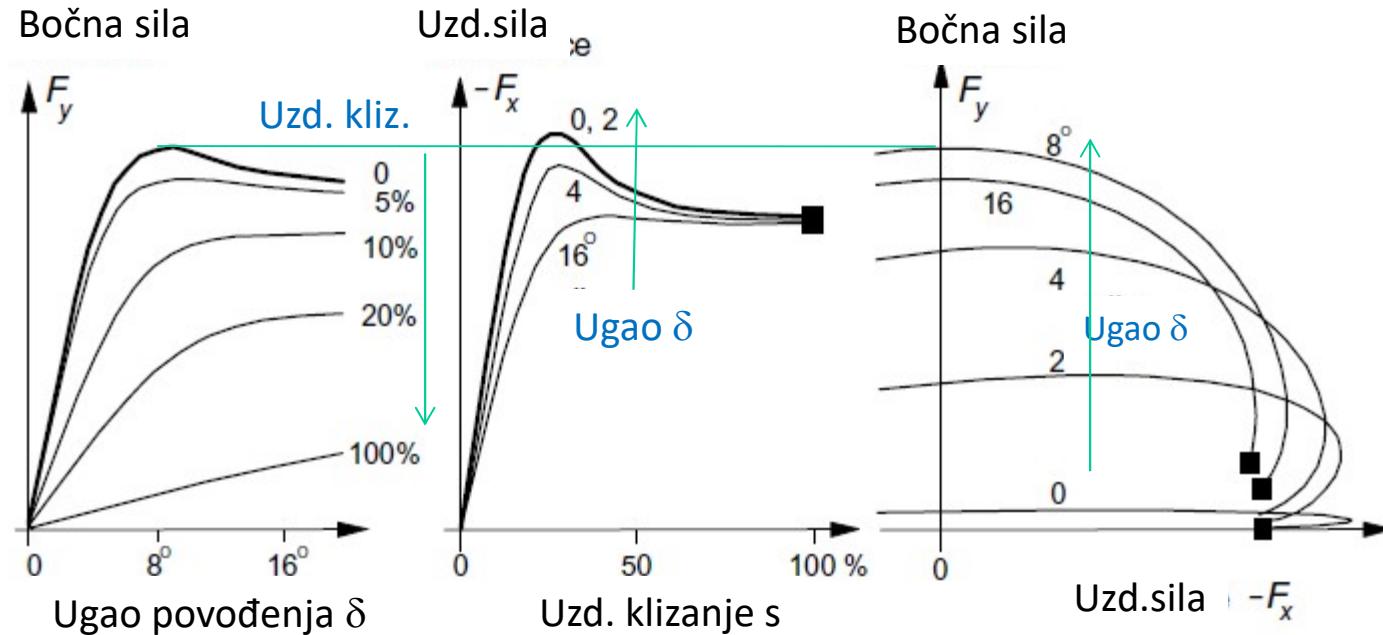


Linie mit konstantem Schräglauwinkel im Umfangskraft-Seitenkraft-Kennfeld

Ponašanje pneumatika pod dejstvom bočne sile

Uticaj prisustva uzdužne sile

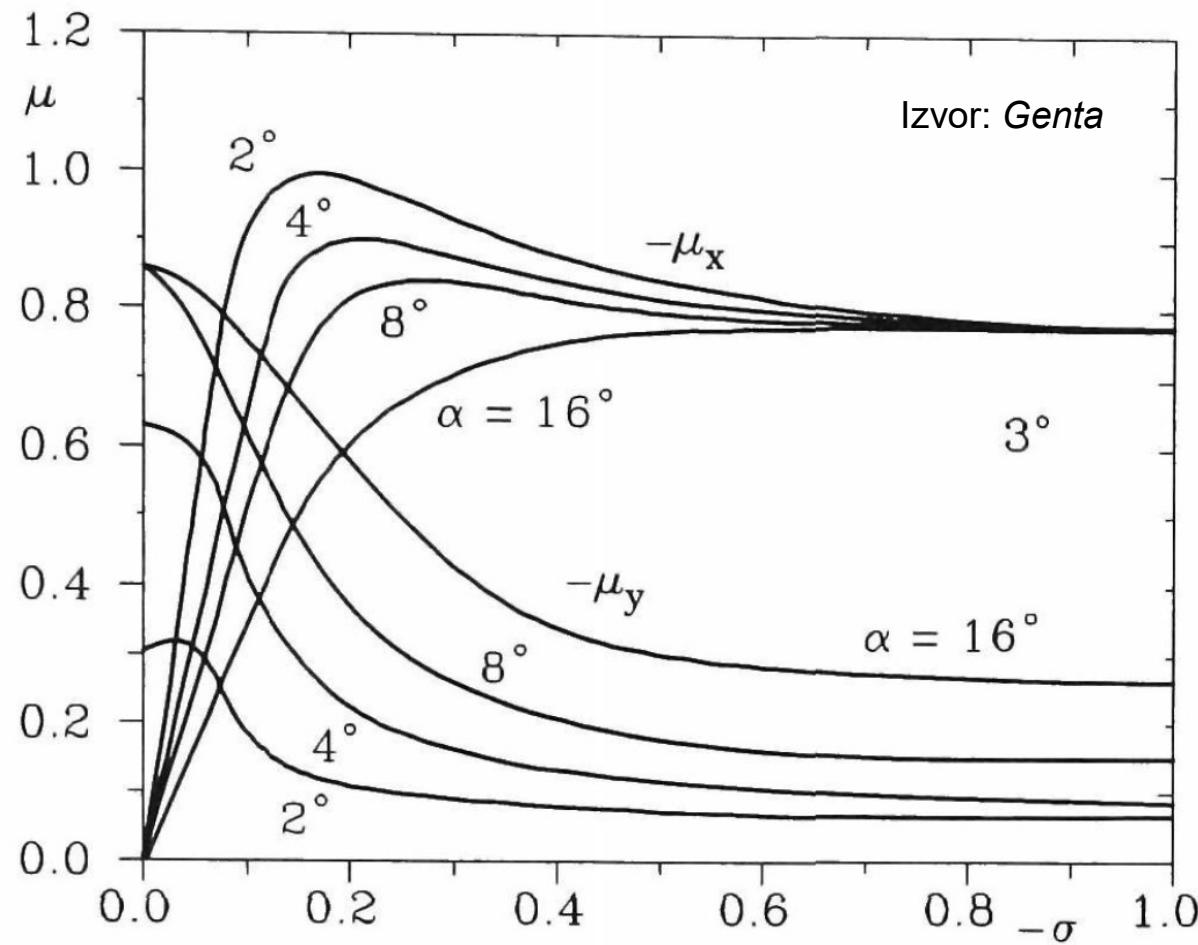
Za istu vrednost bočne sile, istovremeno prisustvo uzdužne sile povećava povođenje;
Uticaj izraženiji u uslovima graničnog iskorišćenja prijanjanja (veliko povođenje i/ili veliko uzdužno klizanje)



Izvor: Pacejka

Ponašanje pneumatika pod dejstvom bočne sile

Uticaj prisustva uzdužne sile



Kotrljanje elastičnog točka pod dejstvom bočne sile

Pacejka – model pneumatika

