

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo



Katedra za strojne elemente in razvojna vrednotenja

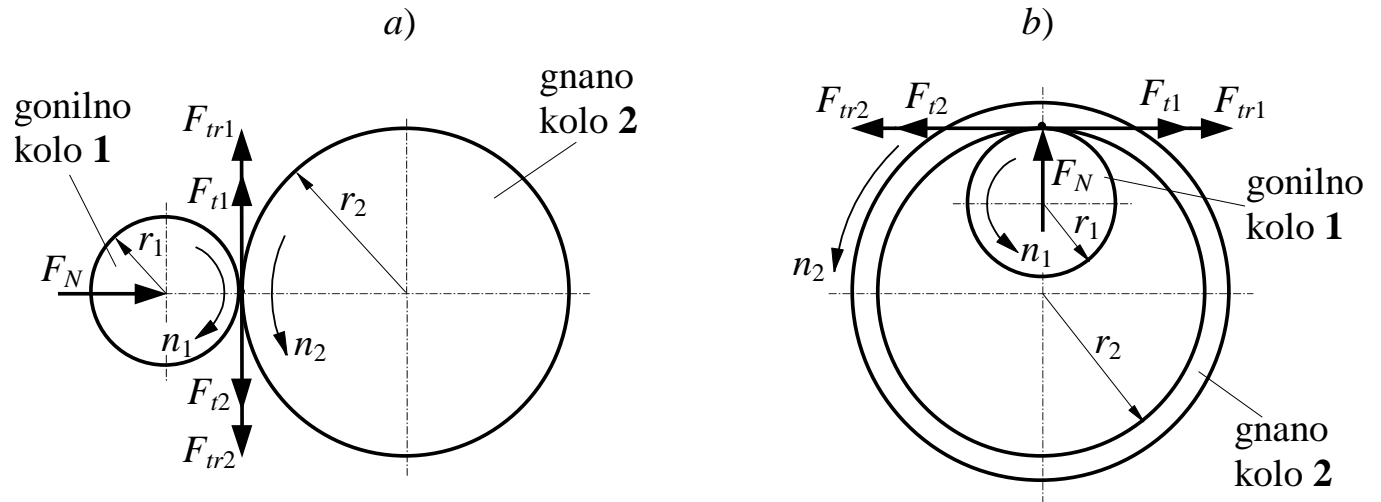


Strojni elementi 2

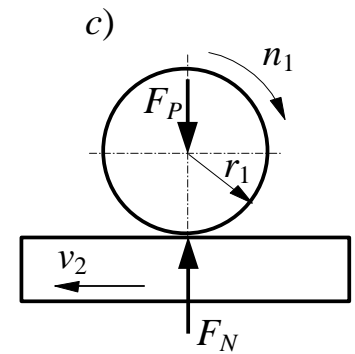
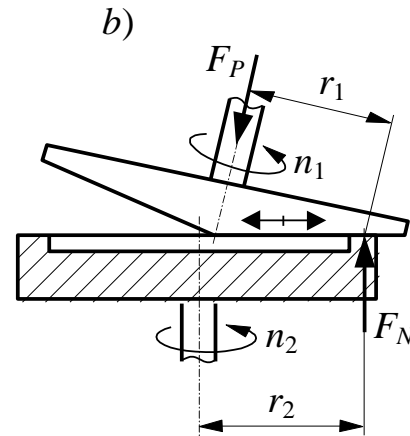
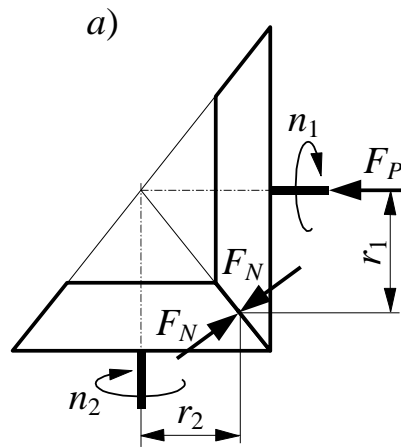
Torna gonila

Gorazd Fajdiga, Marko Nagode

Torna gonila



Izvedbe tornih gonil



Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo

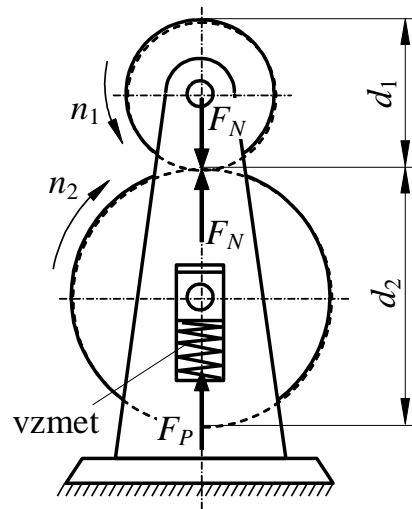


Katedra za strojne elemente
in razvojna vrednotenja



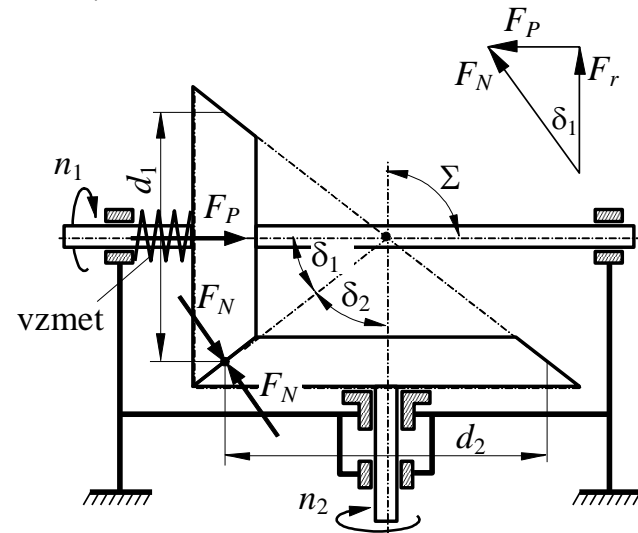
Torna gonila s stalnim prestavnim razmerjem

a) valjasti torni kolesi



$$F_N = F_P$$

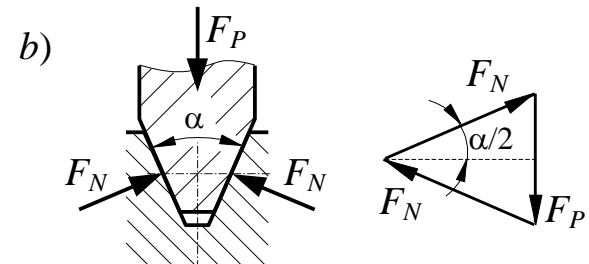
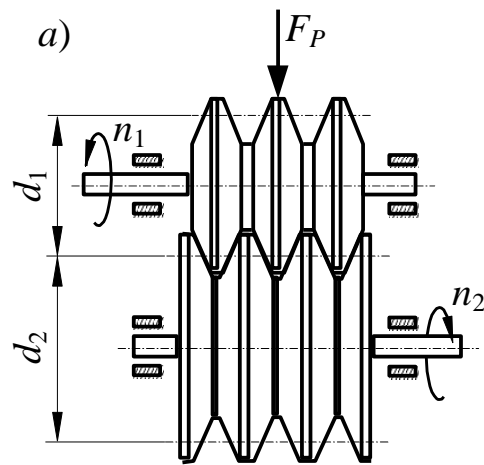
b) stožčasti torni kolesi



$$F_N = F_P / \sin \delta_1$$



Torna gonila s stalnim prestavnim razmerjem

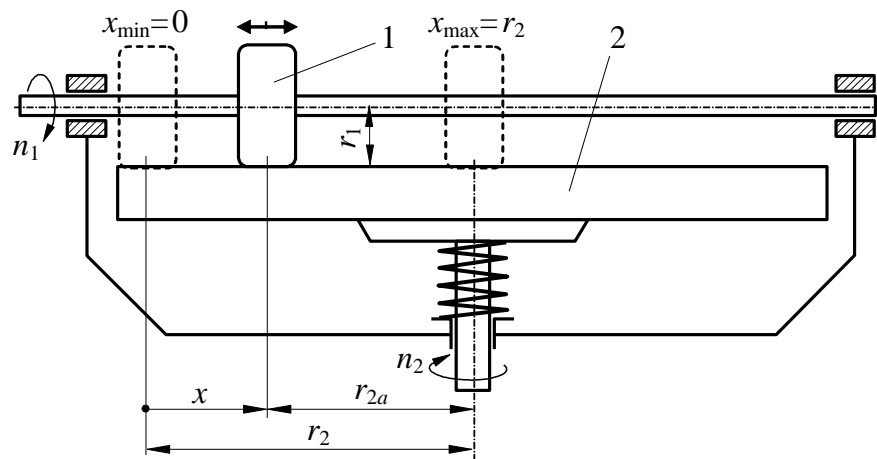


$$F_N = \frac{F_P}{2 \cdot \sin \alpha / 2}$$

$$F_{tr} = 2 \cdot F_N \cdot \mu = \frac{F_P \cdot \mu}{\sin \alpha / 2}$$

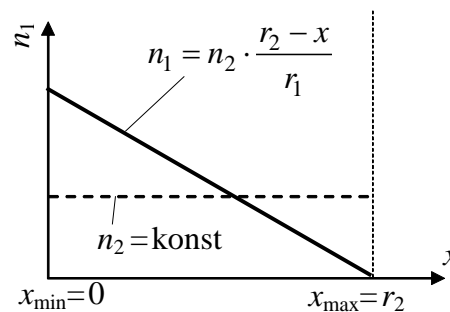
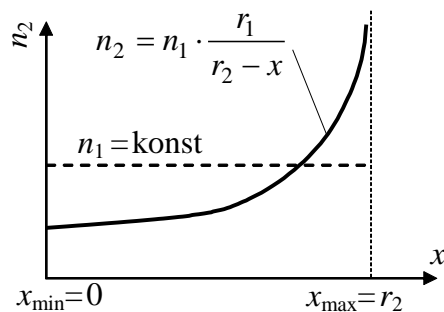


Torna gonila z brezstopenjskim spreminjanjem prestavnega razmerja (*torni variatorji*)



a)

b)

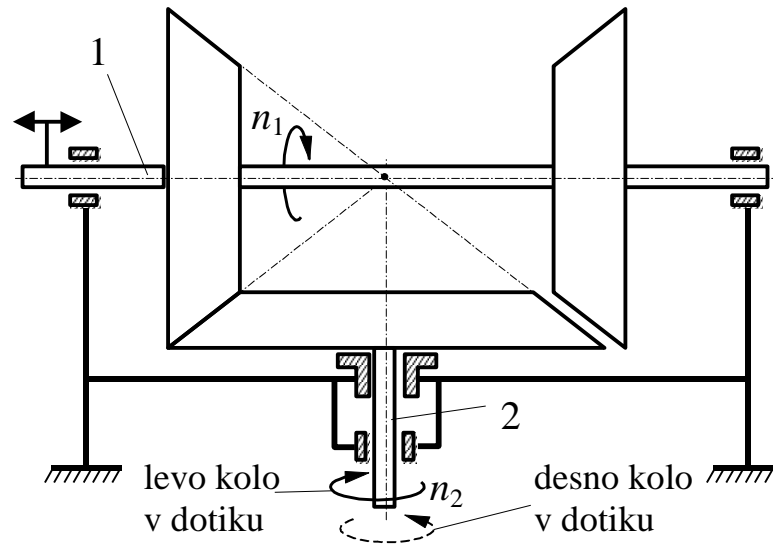


Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo



Katedra za strojne elemente
in razvojna vrednotenja

Povratna torna gonila



Gradiva za torna kolesa

Zahteve:

- velika površinska trdnost in odpornost proti obrabi
- velik koeficient trenja
- velik modul elastičnosti

Izbira ustreznega gradiva:

- konstrukcijske izvedbe gonila (gonilo s stalnim ali spreminjajočim prestavnim razmerjem),
- zahtevane življenjske dobe,
- prenosne moči,
- cene gonila itd.

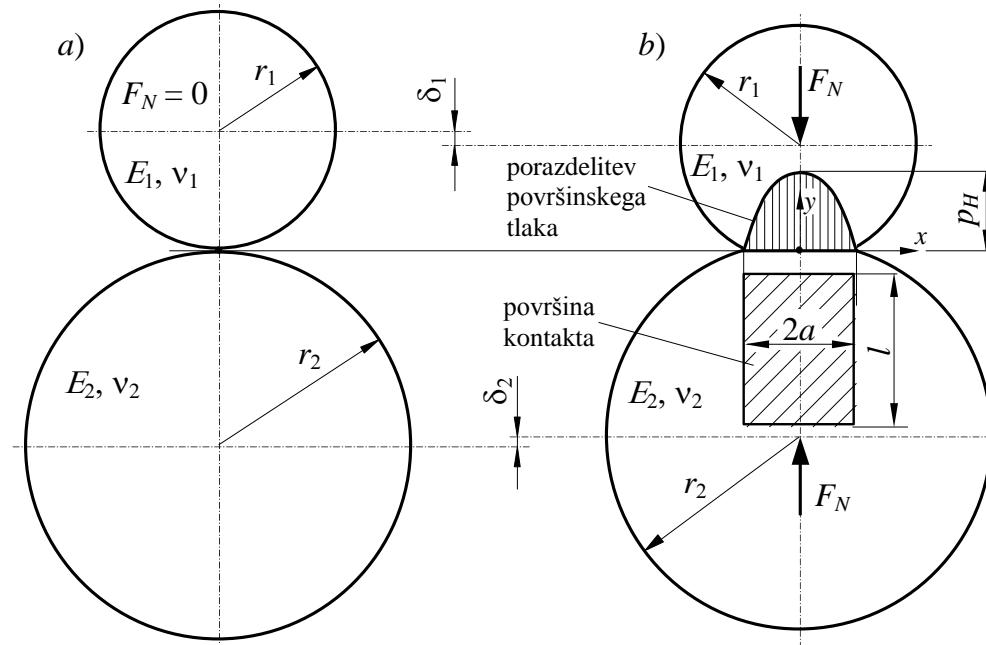
Najpogostejše kombinacije gradiv:

- kaljeno jeklo / kaljeno jeklo
- jeklo, siva litina / jeklo
- trde tkanine / jeklo, siva litina
- guma / jeklo, siva litina, aluminij



Kontakt tornih koles

Linijski kontakt dveh valjev



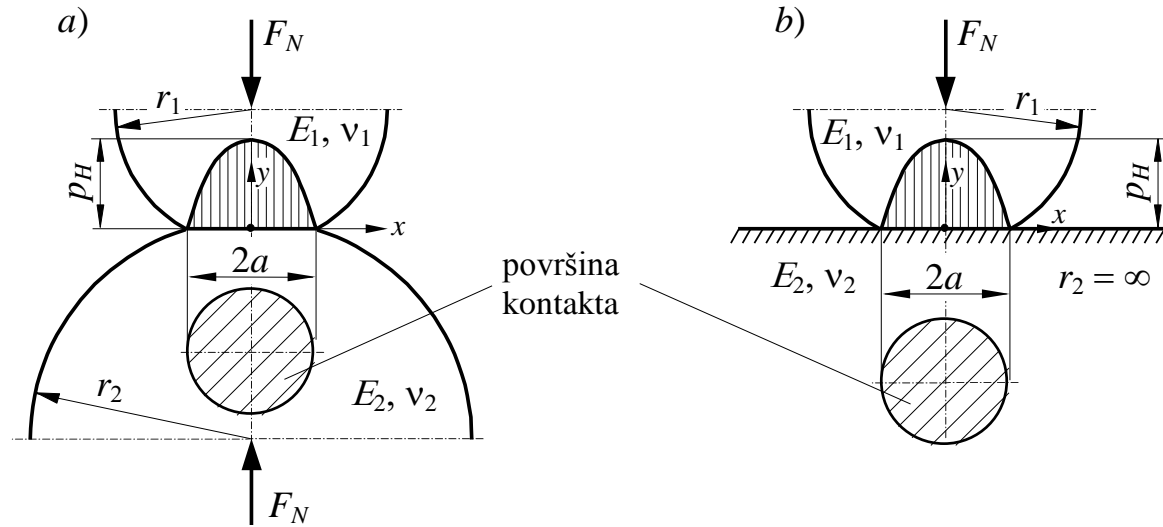
Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo



Katedra za strojne elemente
in razvojna vrednotenja

Kontakt tornih koles

Točkovni kontakt

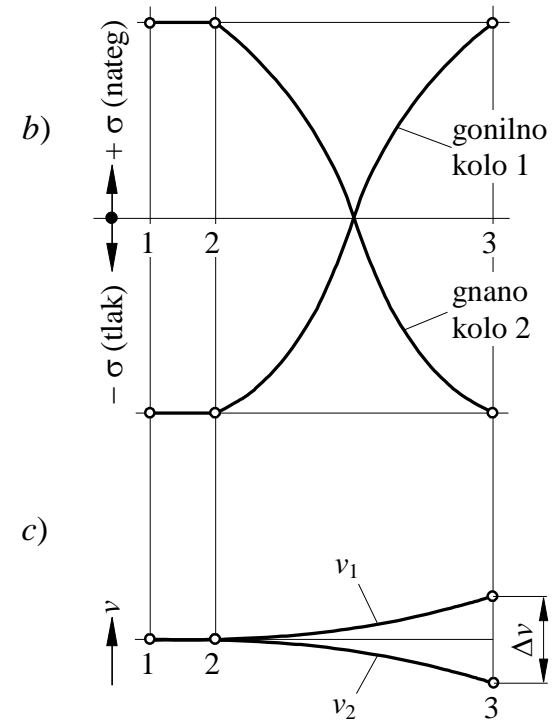
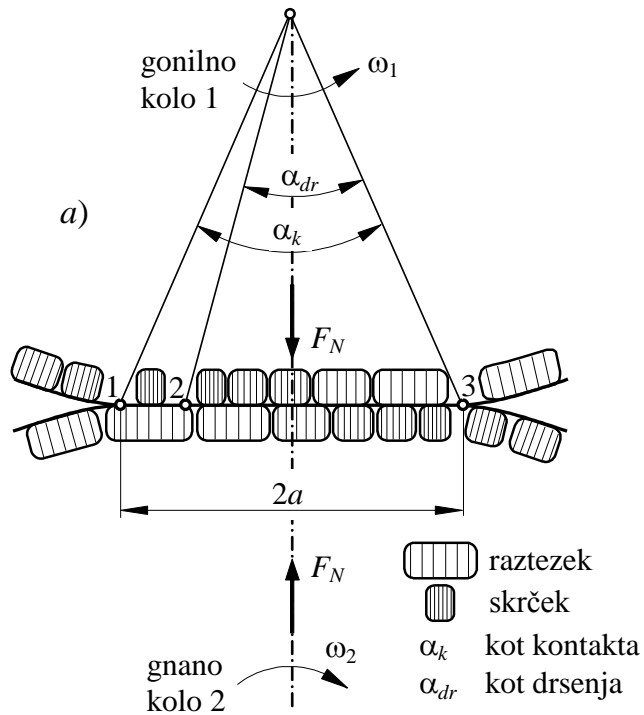


Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo

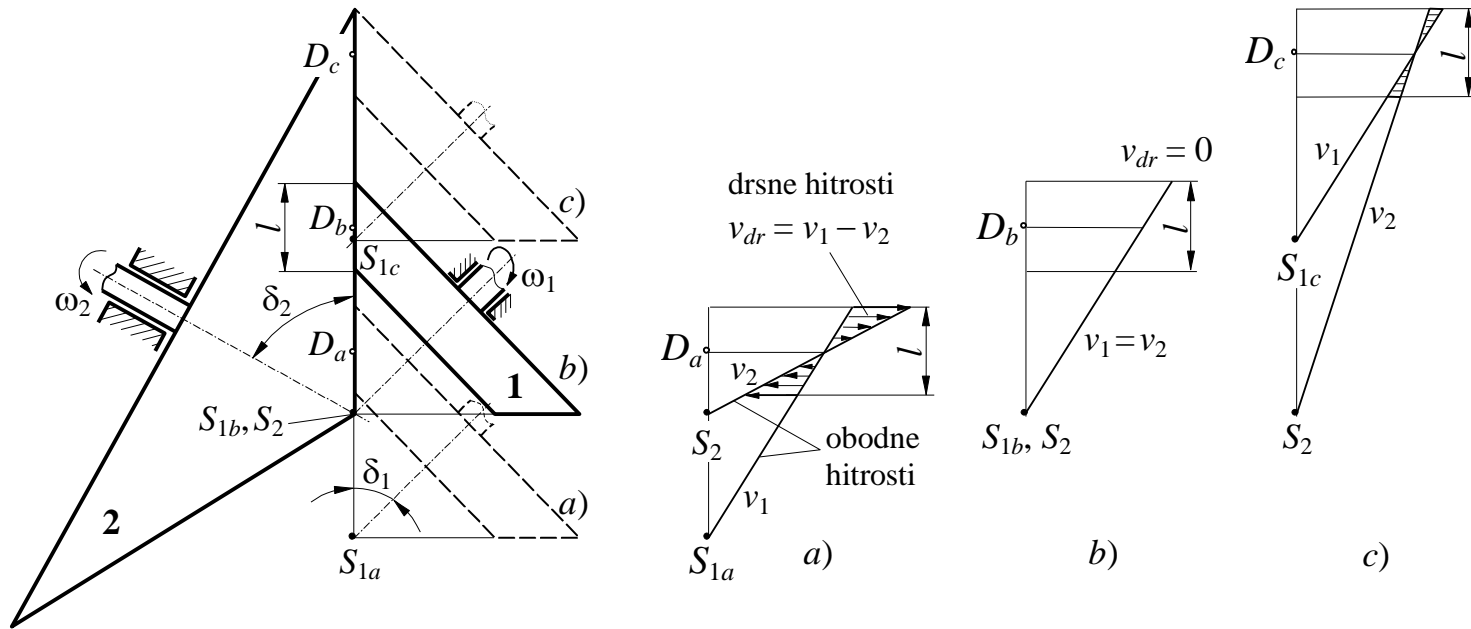


Katedra za strojne elemente
in razvojna vrednotenja

Elastično polzenje-specifični zdrs (slip)



Diferenčni zdrs



Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo



Katedra za strojne elemente
in razvojna vrednotenja

LABORATORIJ ZA VREDNOTENJE KONSTRUKCIJ

Dimenzioniranje tornih gonil

Trdnostna kontrola

- kontrola površinskega tlaka

- kontaktne obremenitve \rightarrow manjše od dopustnih.
- normalna sila \rightarrow površinski tlaki \rightarrow če so ti večji od kontaktne trdnosti \rightarrow jamičenje

- kontrola obrabe

- elastično polzenje, diferenčni zdrs \rightarrow obraba tornih koles

- kontrola segrevanja

- trenje \rightarrow toplota \rightarrow prekomerno segrevanje tornih koles



Kontrola površinskega tlaka

- torna kolesa iz kovinskih gradiv

$$p_H \cdot \sqrt{K_A} \leq p_{Hdop}$$

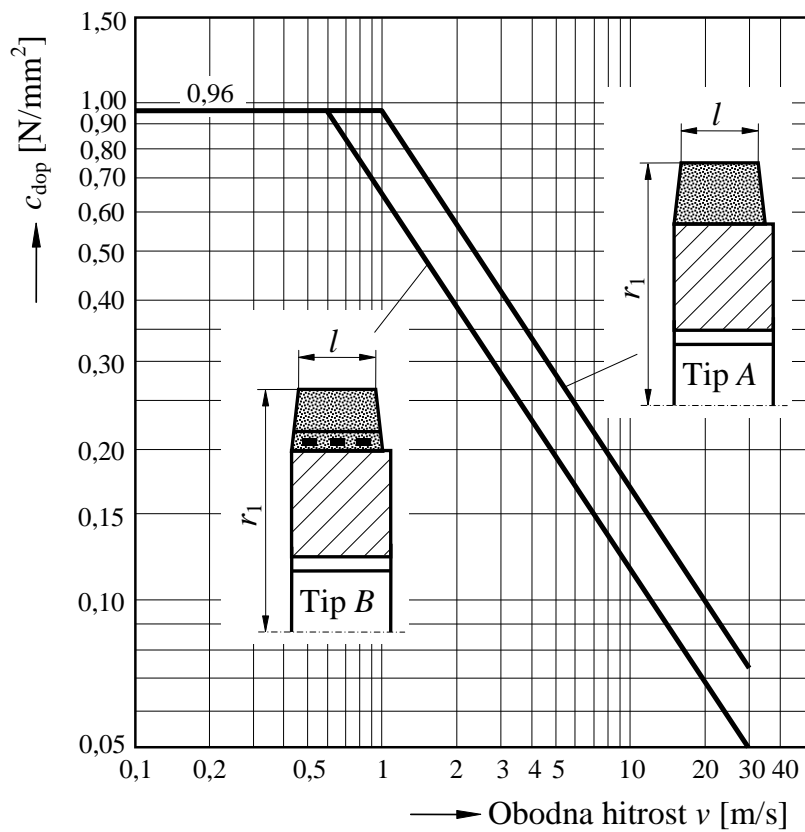
Gradivo tomih koles	Mazanje	Koeficient trenja	Koeficient kotalnega trenja	Dopustni površinski tlak	Koeficient obrabe	Nadomestni modul elastičnosti	
		μ	μ_k	p_{Hdop} [N/mm ²]	K_O [mm ³ /Wh]	E^* [N/mm ²]	
Kotaljeno jeklo / kotaljeno jeklo	Mineralna olja na bazi parafina	$\omega_{dp}/\omega_k = 0$	0,02...0,04	$\frac{0,005 \dots 0,01}{r_1 \cdot \text{mm}^{-1}}$	2500 ... 3000	$0,55 \cdot 10^{-3}$	$2,31 \cdot 10^5$
		$\omega_{dp}/\omega_k = 1$	0,02...0,03		2000 ... 2500		
		$\omega_{dp}/\omega_k = 10$	0,01...0,03		300 ... 800		
	Mineralna olja na bazi naftalina	$\omega_{dp}/\omega_k = 0$	0,03...0,05		2500 ... 3000		
		$\omega_{dp}/\omega_k = 1$	0,02...0,04		2000 ... 2500		
		$\omega_{dp}/\omega_k = 10$	0,01...0,03		300 ... 800		
	Sintetična olja	$\omega_{dp}/\omega_k = 0$	0,05...0,08		2500 ... 3000		
		$\omega_{dp}/\omega_k = 1$	0,04...0,07		2000 ... 2500		
		$\omega_{dp}/\omega_k = 10$	0,02...0,04		300 ... 800		
Jeklo / jeklo	brez	St52/St70	0,1 ... 0,15 za suhe površine	$\frac{0,3 \dots 0,5}{r_1 \cdot \text{mm}^{-1}}$	530 ... 650	Določimo s preskusi	
		St60/St70			530 ... 700		
		GS-45/St50			500		
		GS-52/St50			540		
		GS-60/St60			570		
		GS-70/St70			620		
Siva litina /jeklo	brez	0,1 ... 0,15	$\frac{0,05 \dots 0,5}{r_1 \cdot \text{mm}^{-1}}$	320 ... 400	Določimo s preskusi	$1,50 \cdot 10^5$	
Trde tkanine / jeklo, siva litina	brez	0,15 ... 0,35	$\frac{0,15}{r_1 \cdot \text{mm}^{-1}}$	–	0,4	–	
Guma / jeklo, siva litina	brez	0,5 ... 0,8	$\frac{0,2}{r_1 \cdot \text{mm}^{-1}}$	–	0,02	–	
r_1 [mm]	polmer gonilnega tomega kolesa						
ω_{dp}/ω_k	razmerje kotnih hitrosti pri drsenju in kotaljenju tomih koles, enačba (2.24)						



Kontrola površinskega tlaka

- torņa kolesa iz gume

$$F_N \cdot K_A \leq F_{Ndop} = r_1 \cdot l \cdot c_{dop}$$



Kontrola obrabe

- obratovanje → obraba kontaktnih površin → tanjšanje površinskega sloja

- pri kontroli obrabe izhajamo iz izgube moči na kontaktnih površinah tornih koles P_{izP} in koeficienta obrabe K_O

$$P_{izP} = P_k + P_{el} + P_{dr}$$

P_{izP}	[W]	izguba moči na kontaktnih površinah tornih koles
P_k	[W]	izguba moči pri kotaljenju tornih koles
P_{el}	[W]	izguba moči pri elastičnem polzenju tornih koles
P_{dr}	[W]	izguba moči pri diferenčnem zdrsu tornih koles

- izkustvena enačba za določitev debeline obrabljenega sloja po določenem času obratovanja:

$$\Delta\delta = \frac{P_{izP} \cdot K_O \cdot t_h}{A} \leq \Delta\delta_{dop}$$

$\Delta\delta$	[mm]	debelina obrabljenega sloja
P_{izP}	[W]	izguba moči na kontaktnih površinah tornih koles, enačba (2.25)
K_O	[mm ³ /Wh]	koeficient obrabe tornih koles, tabela 2.4
t_h	[h]	čas obratovanja v urah
A	[mm ²]	tekalna površina tornega kolesa s polmerom r
$\Delta\delta_{dop}$	[mm]	dopustna debelina obrabljenega sloja $\Delta\delta_{dop} = (0,66 \dots 0,75) \cdot h$ za gumijaste torne obloge debeline h $\Delta\delta_{dop} \leq 0,5$ mm za kovinska torna kolesa brez oblog

- če izhajamo iz dopustne debeline obrabljenega sloja kontaktne površine je življenjska doba tornih koles

$$L_h = \frac{\Delta\delta_{dop} \cdot A}{P_{izP} \cdot K_O}$$

L_h	[h]	življenjska doba v urah obratovanja; običajno 100 ... 10000 ur
-------	-----	--



Kontrola segrevanja

Teoretično je pri kontroli segrevanja tornih gonil treba upoštevati celotno izgubljeno moč

- poenostavitev: izgube v ležajih P_{izL} in izgube v prostem teku P_{izT} so običajno zelo majhne → pri kontroli segrevanja upoštevamo le izgube na kontaktnih površinah P_{izP}
- pri tem mora biti izpolnjen pogoj:

$$P_Q \approx P_{izP} \leq P_{Qodv}$$

- v suhem oziroma ko se mazalno sredstvo dodatno ne hladi, poteka odvod toplote iz tornega gonila v okolico v glavnem s prestopom toplote preko ohišja:

$$P_{Qodv} = \alpha \cdot A_o \cdot (\vartheta_{mej} - \vartheta_o)$$

