

# 02. Mehanički prijenosnici

<b>02. Mehanički prijenosnici.....</b>	<b>1</b>
<b>2.1 Osnove mehaničkih prijenosnika .....</b>	<b>2</b>
2.1.1 Strojevi.....	2
2.1.2 Gibanja.....	5
2.1.3 Prijenosnici .....	8
2.1.4 Osnovne veličine mehaničkih prijenosnika .....	10
2.1.5 Koloturnici.....	12
<b>2.2 Tarenički prijenosnici .....</b>	<b>15</b>
2.2.1 Osnove tareničkih prijenosnika.....	15
2.2.2 Oblikovanje tareničkih prijenosnika .....	19
2.2.3 Proračun tareničkih prijenosnika .....	22
2.2.4 Primjena tareničkih prijenosnika .....	25
<b>2.3 Remeni prijenosnici.....</b>	<b>28</b>
2.3.1 Osnove remenih prijenosnika .....	28
2.3.2 Oblikovanje remenih prijenosnika .....	30
2.3.3 Proračun remenih prijenosnika .....	30
2.3.4 Primjena remenih prijenosnika .....	33
<b>2.4 Lančani prijenosnici .....</b>	<b>33</b>
2.4.1 Osnove lančanih prijenosnika .....	33
2.4.2 Oblikovanje lančanih prijenosnika.....	34
2.4.3 Proračun lančanih prijenosnika.....	34
2.4.4 Primjena lančanih prijenosnika .....	34
<b>2.5 Vijčani prijenosnici.....</b>	<b>35</b>
2.5.1 Osnove vijčanih prijenosnika.....	35
2.5.2 Oblikovanje vijčanih prijenosnika .....	38
2.5.3 Proračun vijčanih prijenosnika .....	38
2.5.4 Primjena vijčanih prijenosnika .....	38
<b>Dodatak.....</b>	<b>39</b>
<b>Literatura .....</b>	<b>44</b>

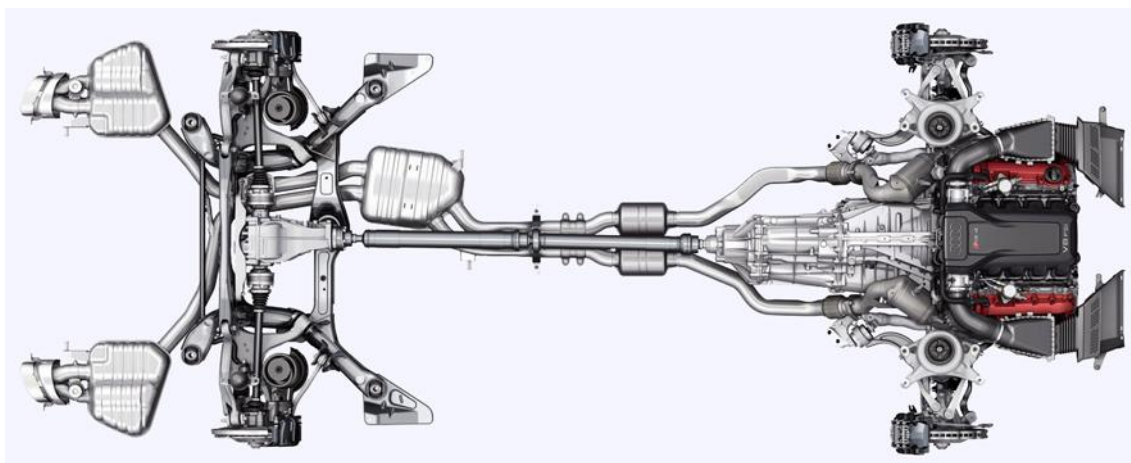
## Ishodi učenja:

- (a) **Usvojena znanja iz osnova prijenosnika** (*strojevi, prijenosnici, veličine gibanja*).
- (b) **Usvojena znanja iz taranih prijenosnika** (*osnove, usvajanje, primjena*).
- (c) **Usvojena znanja iz remenih prijenosnika** (*osnove, usvajanje, primjena*).
- (d) **Usvojena znanja iz lančanih prijenosnika** (*osnove, usvajanje, primjena*).
- (e) **Usvojena znanja iz vijčanih prijenosnika** (*osnove, usvajanje, primjena*).

## 2.1 Osnove mehaničkih prijenosnika

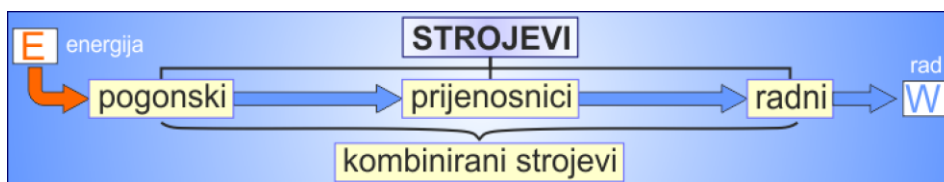
### 2.1.1 Strojevi

**Stroj** – skup prikladno oblikovanih i uzajamno spojenih elemenata namijenjenih korištenju različitih oblika pojavljivanja energije (*kemijska, unutarnja, električna, mehanička*) za izvršavanje postavljenih zadataka, najčešće, obavljanje specifičnog mehaničkog rada (*S-02.01*).

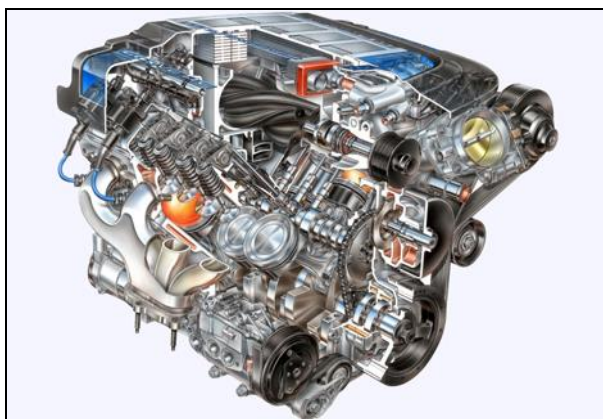


Slika 02.01 Pogon motornog vozila (*Audi RS4 Avant Quattro*)

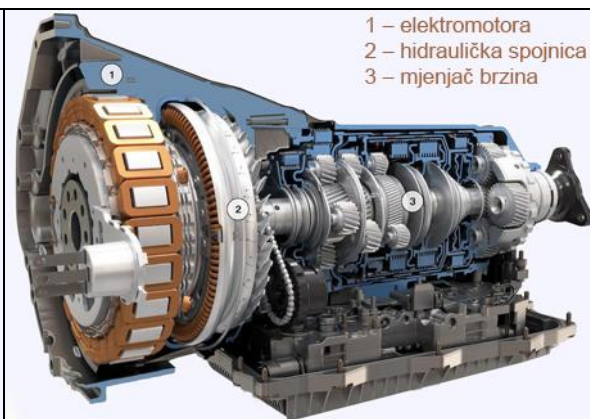
Uobičajena je podjela u tri osnovna tipa strojeva:



**Pogonski strojevi** pretvaraju različite oblike pojavljivanja raspoložive energije u prikladnu pretvorbenu ili potrebnu korisnu energiju ili specifični mehanički rad (*S-02.02 i S-02.03*).



Slika S-02.02 Motor s unutarnjim izgaranjem  
(*Chevrolet Corvette LS9 ZR1 6.2L V8 – skoro 500 kW*)



Slika S-02.03 Elektromotor  
(*BMW Activehybrid 7 – elektromotor 15 kW*)

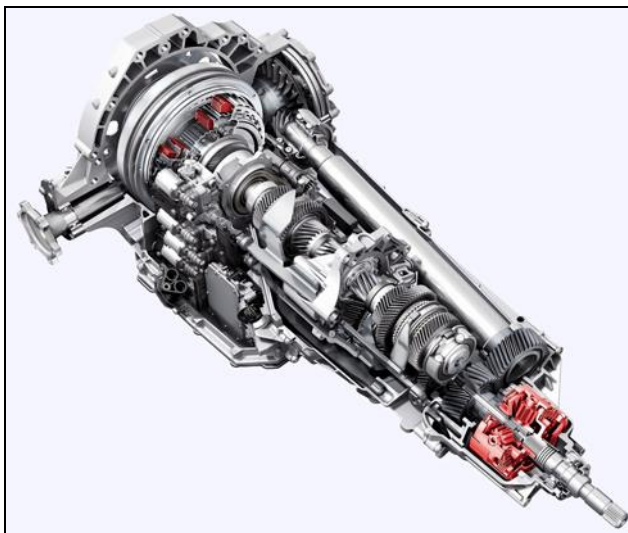
Kod motora s unutarnjim izgaranjem (*motor SUI – S-02.02*) odvija se energetska pretvorba:  
kemijska energija goriva  $\Rightarrow$  mehanički rad

a kod elektromotora (*mjenjač s elektromotorom – S-02.03*):

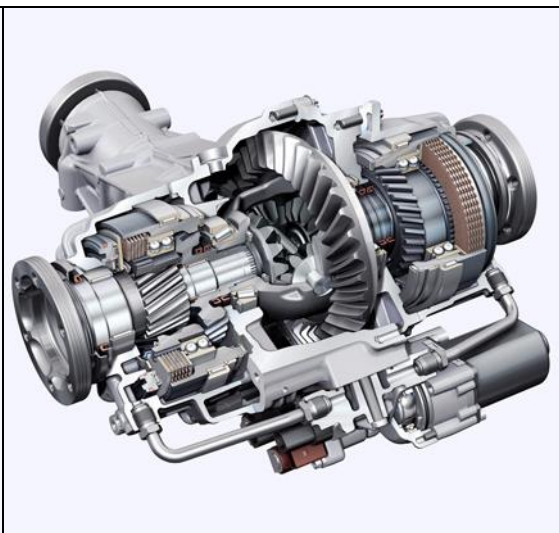
električna energija  $\Rightarrow$  mehanički rad.

**Radni strojevi** koriste mehaničku energiju pogonskog stroja za obavljanje specifičnog mehaničkog rada (*npr. motorna vozila bez motora s unutarnjim izgaranjem, mjenjača i diferencijala; alatni strojevi bez elektromotora i reduktora*).

**Prijenosnici** se upotrebljavaju kao posrednici između pogonskih i radnih strojeva, pri čemu mehaničku energiju i dinamiku gibanja pogonskog stroja prilagođavaju potrebama radnog stroja (*mjenjač motornog vozila s diferencijalom, elektromotor s reduktorom alatnog stroja*).



**Slika 02.04** Mjenjač (*Audio RS4 Avant*)



**Slika 02.05** Diferencijal (*Audio RS4 Avant*)

## Pogonska opterećenja

Koristeći različite oblike pojavljivanja energije, tijekom pogona strojevi obavljaju specifični mehanički rad (*složena gibanja se mogu opisati kombiniranjem jednostavnih gibanja*):

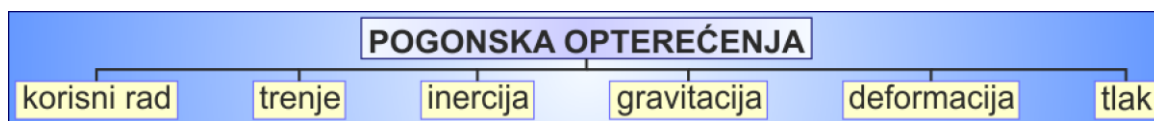
Rad pri pravocrtnom gibanju		Rad pri kružnom gibanju	
$W = F \cdot s$	J	$W = M \cdot \varphi$ ( $W = F \cdot L$ )	J
gdje je: $F$ – sila, N $s$ – put, m		gdje je: $M$ – moment sile, N·m ( $M = F \cdot r$ ) $\varphi$ – kut, rad ( $\varphi = L/r$ )	

savladavajući pri tome pogonska opterećenja:

Sila		Moment	
$F = \frac{P}{v}$	N	$M = \frac{P}{\omega}$	N·m
gdje je: $P$ – snaga, W $v$ – brzina, m/s		gdje je: $\omega$ – kutna brzina, rad/s	

#### 4 Elementi strojeva 2

Prema tome, raspoloživa energija se troši na obavljanje specifičnog korisnog rada (čije je manualno obavljanje nemoguće, nepoželjno i/ili neekonomično) te na savladavanje pratećih otpora.



**Trenje** – otpor uzajamnom gibanju elemenata:

Sila trenja ( <i>pravocrtno gibanje</i> )		Moment trenja ( <i>kružno gibanje</i> )	
$F_T = \mu \cdot F_n$	N	$M_T = F_n \cdot r$	N·m
gdje je: $F_n$ – normalna sila, N $\mu$ – koeficijent trenja, 1		gdje je: $r$ – krak sile, m ( $r$ – najkraće rastojanje od silnice do centra vrtnje)	

**Inercija** – otpor promjeni stanja gibanja elementa (*ubrzanja/usporenja*):

Sila inercije ( <i>pravocrtno gibanje</i> )		Moment inercije ( <i>kružno gibanje</i> )	
$F_{in} = -m \cdot a$	N	$M_{in} = -J \cdot \alpha$	N·m
gdje je: $m$ – masa elementa, kg $a$ – ubrzanje, m/s <sup>2</sup>		gdje je: $J$ – moment inercije, kg·m <sup>2</sup> $\alpha$ – kutno ubrzanje, rad/s <sup>2</sup>	

Pravac djelovanja inercijskih sila/momenta se poklapa s pravcem ubrzanja a znak – je posljedica suprotnog smjera djelovanja inercijskih sila od smjera ubrzanja.

Kod kružnog gibanja javlja se i centrifugalna sila ( $F_p$ ):

$$F_{cf} = m \cdot r \cdot \omega^2$$

Pravac djelovanja centrifugalne sile poklapa se s pravcem normale na kružnicu a smjer je djelovanja od centra kružnice k vani.

Uslijed djelovanja gravitacije na hvatište ovjesa ili na podlogu djeluje težina ( $G$ ):

$$G = m \cdot g$$

gdje je:  $g$  – ubrzanje zemljine teže  $\approx 9,8$  m/s<sup>2</sup>.

Elementi se opterećuju i uslijed promjena dimenzija:

- silom **elastične deformacije** ( $F_{ed}$ ):

$$F_{ed} = E \cdot A \cdot \frac{\Delta L}{L}$$

gdje je:  $E$  – modul elastičnosti, N/mm<sup>2</sup>  
 $A$  – površina poprečnog presjeka, mm<sup>2</sup>  
 $\Delta L$  – promjena duljine elementa, mm  
 $L$  – početna duljina elementa, mm

- silom **termičke deformacije** ( $F_{td}$ ):

$$F_{td} = E \cdot A \cdot \alpha \cdot \Delta \vartheta$$

gdje je:  $\alpha$  – koeficijent toplinskog linearnog rastezanja, (°C)<sup>-1</sup>  
 $\Delta \vartheta$  – promjena temperature, °C

Kada na površinu elementa djeluje **tlak** fluida javlja se pritisak ( $F_p$ ):

$$F_p = p \cdot A$$

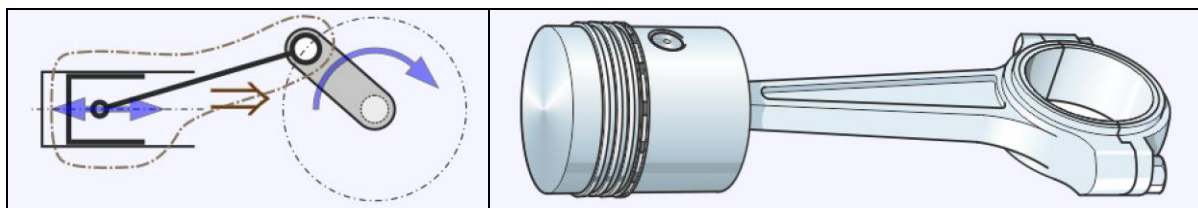
gdje je:  $p$  – tlak fluida, N/m<sup>2</sup>  
 $A$  – površina na koju djeluje fluid, m<sup>2</sup>

### 2.1.2 Gibanja

Pri pogonu strojeva, manji ili veći dio ugrađenih elemenata giba se na različite načine (*promjene u prostoru*), različitim dinamikama (*promjene tijekom vremena*). Mogu se razlikovati dva osnovna tipa gibanja:



**Stapni mehanizam** – pretvaranje pravocrtnog gibanja stapa motora s unutarnjim izgaranjem (*u cilindru*) u kružno gibanje koljenastog vratila. (*zamašnjak, spojka, mjenjač, diferencijal, kotači*)



Pravocrtno gibanje			Kružno gibanje		
put	$s$	m	kut	$\varphi$	rad
brzina	$v$	m/s	kutna brzina	$\omega$	rad/s
ubrzanje	$a$	m/s <sup>2</sup>	kutno ubrzanje	$\alpha$	rad/s <sup>2</sup>
masa	$m$	kg	moment inercije	$I$	kg·m <sup>2</sup>
jednadžba gibanja	$F = m \cdot a$	N	moment sile	$M = I \cdot \alpha$	N·m
količina gibanja	$p = m \cdot v$	kg·(m/s)	zamah	$L = I \cdot \varphi$	kg·(m <sup>2</sup> /s)
rad	$W = F \cdot s$	J	rad	$W = M \cdot \varphi$	J
kinetička energija	$E_k = \frac{m \cdot v^2}{2}$	J	kinetička energija	$E_k = \frac{I \cdot \omega^2}{2}$	J
snaga	$P = F \cdot v$	W	snaga	$P = I \cdot \omega$	W

Oznaka jedinice za kut, radijan (*rad*), često se izostavlja, što ponekad dovodi do zabune – da li 1/s znači jedan radijan u sekundi ili jedan okretaj ( $\pi \cdot rad$ ) u sekundi.

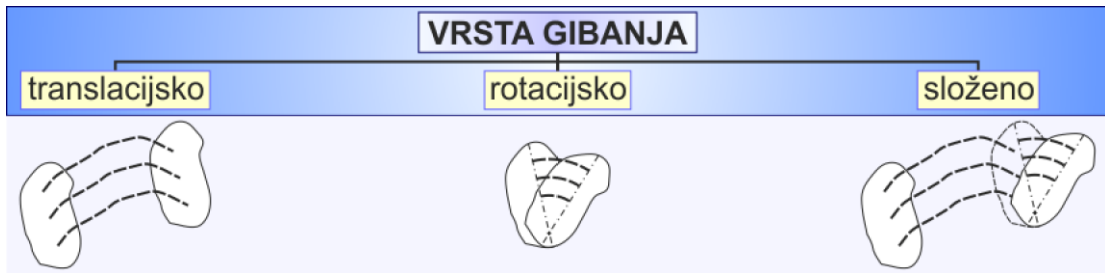
Krivocrtno gibanje (*s izuzetkom kružnog gibanja*), u pravilu, opisuje se indirektno – rezultatima obrade malih pravocrtnih pomaka uz korištenje infinitezimalnog (*diferencijalnog i integralnog*) računa. Na primjer, pri gibanju u ravnini:

$$dW = F \cdot ds \quad \Rightarrow \quad \partial W_x = F_x \cdot \partial x \quad , \quad \partial W_y = F_y \cdot \partial y$$

Matematički jednostavno izraženo, za praktičnu primjenu često iznimno složeno.



Prema putanji tijela razlikuju se:

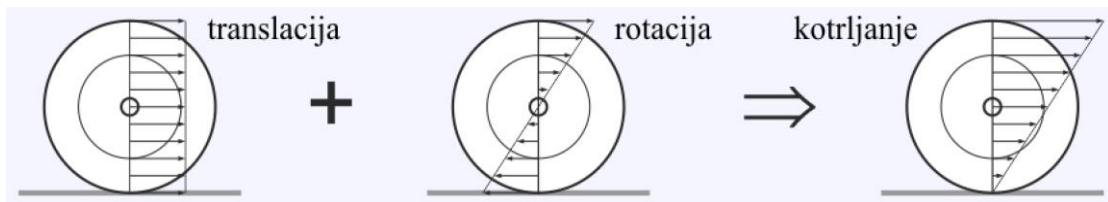


**Translacijsko gibanje krutog tijela** – sve točke krutog tijela imaju podudarne putanje, te je dovoljno opisati gibanje samo jedne točke tijela. Putanje translacijskog gibanja mogu biti krivocrtne i pravocrtne.

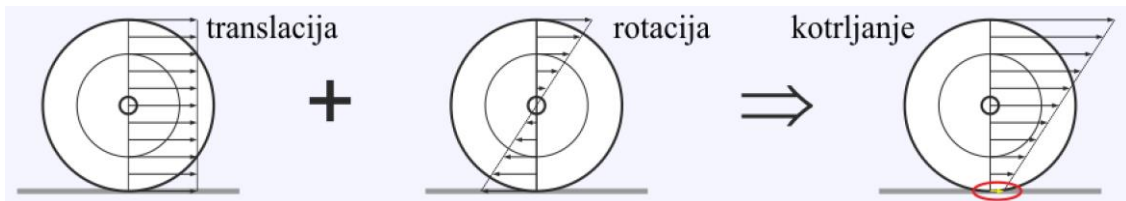
**Rotacijsko gibanje krutog tijela** – u tijelu ili izvan tijela postoji pravac – **os rotacije**, na kojem sve točke miruju tijekom gibanja tijela. Sve ostale točke tijela se kreću po kružnicama u ravninama okomitim na os rotacije, sa središtem na osi rotacije.

**Složeno gibanje krutog tijela** – može se opisati kombiniranjem translacijskog i rotacijskog gibanja, na primjer:

- **kotrljanje:**



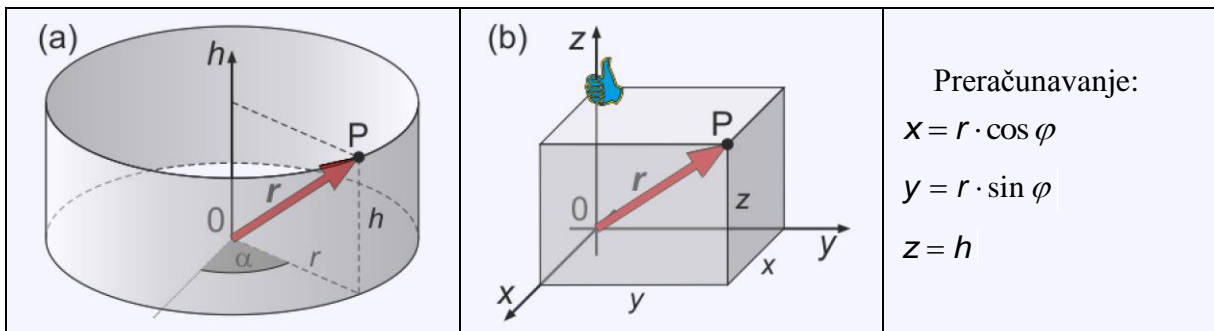
- **valjanje:**



## Jednoliko kružno gibanje

**Jednoliko kružno gibanje** – točka se giba konstantnom brzinom po kružnici (*najjednostavnije krivocrtno gibanje*).

Za analizu kružnog gibanja (*vrtnja, rotacija*) pogodniji je cilindrični koordinatni sustav, s koordinatama  $r, \varphi, h$  (S-04.02 – a) od ravninskog, s koordinatama  $x, y, z$  (S-04.02 – b).



Preračunavanje:

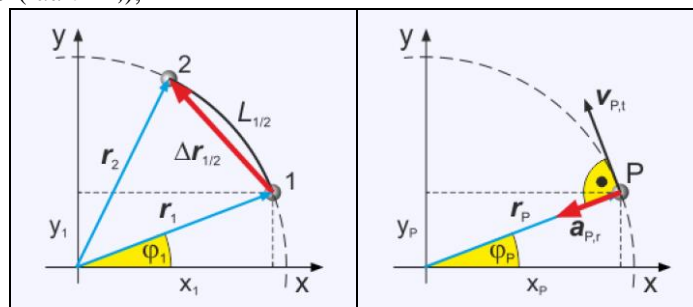
$$x = r \cdot \cos \varphi$$

$$y = r \cdot \sin \varphi$$

$$z = h$$

Veličine su vrtnje:

- **radijus vektor**,  $r$ , m,
- **kut**,  $\varphi$ , rad ( $\text{rad } 0 \equiv 1$ ),



Oznaka jedinice za kut, radijan (*rad*), često se izostavlja, što ponekad dovodi do zabune – da li 1/s znači jedan radijan u sekundi ili jedan okretaj ( $\pi \cdot \text{rad}$ ) u sekundi.

Točka P giba po kružnom luku :

- radijus vektor:

$$\mathbf{r} \neq \text{const}$$

- intenzitet radijus vektor:

$$|\mathbf{r}| = r = \text{const} \quad [r] = \text{m}$$

- put točke:

$$L = r \cdot \varphi \quad [\varphi] = \text{rad} \quad [L] = \text{m}$$

jednolikom obodnom brzinom:

- vektor obodne brzine:

$$\mathbf{v} \neq \text{const}$$

- intenzitet vektora obodne brzine:

$$|\mathbf{v}| = v = \text{const} \quad [v] = \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

što podrazumijeva:

- vektor obodnog ubrzanja:

$$\mathbf{a} = 0$$

- intenzitet vektora obodnog ubrzanja:

$$|\mathbf{a}| = a = 0 \quad [v] = \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$$

**Kutna brzina:**

$$\omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \text{const} \quad [\omega] = \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

**Frekvencija** – broj događaja,  $N$  (*obilazaka opsega kružnice*) u jedinici vremena:

$$v = \frac{N}{t} = \frac{\varphi}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{1}{t} = \frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot t \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{1}{t} = \frac{1}{T} \quad [v] = \frac{[N]}{[t]} = \frac{\text{događaja}}{\text{s}} = \%/\text{s}$$

U strojarskoj se tehnici u pravilu koristi broj oobrta:

$$\{n\} \cdot \frac{0}{\text{min}} = \{v\} \cdot \frac{0}{\text{s}} \cdot 60$$

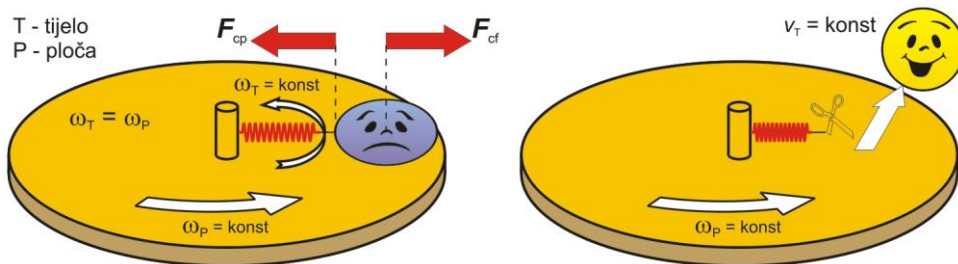
**Kutno ubrzanje:**

$$\alpha = \frac{\omega}{t} = 0 \quad [\alpha] = \frac{[\omega]}{[t]} = \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

Nejednoliko kružno gibanje je složenije za matematičku obradu jer je:

$$v \neq \text{const} \quad a = \text{const} \quad \omega \neq \text{const} \quad \alpha = \text{const}$$

U slučaju kružnog gibanja inercijalna sila se naziva **centrifugalnom silom** ( $F_{cf}$ ), koja je u slučaju jednolikog kružnog gibanja jednakog intenziteta i pravca, te različitog smjera od **centripetalne sile** ( $F_{cp}$ ). Centripetalna i centrifugalna sila nemaju isto hvatište. U trenutku prekida opruge obje se sile gube i tijelo se nastavlja gibati jednoliko u pravcu tangente.

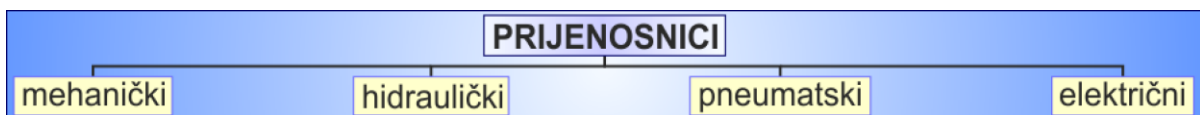


- ⇒ centripetalna sila je njutnovska (*ima protusilu*) – povlači tijelo k centru vrtnje, te se ono giba po kružnici
- ⇒ centrifugalna sila je nenjutnovska – inercijalna je i nema protusilu
- ⇒ centrifugalna sila zateže oprugu ?
- ⇒ u trenutku prekida opruge obje se sile gube i tijelo se nastavlja gibati jednoliko u pravcu tangente

### 2.1.3 Prijenosnici

**Prijenosnici** prenose energiju (*snagu*) od pogonskih do radnih strojeva, sa ili bez prilagodbe karakteristika izlaza pogonskog stroja potrebama ulaza radnog stroja.

Prema fizičkoj prirodi funkcioniranja prijenosnika mogu se razlikovati:



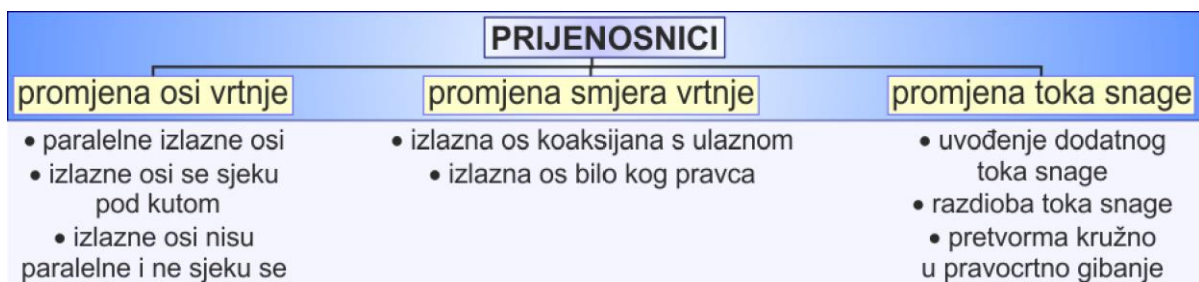
U *Strojarskim elementima 2* su obrađeni mehanički prijenosnici.



**Mehanički prijenosnici** prenose energiju (*snagu*) kružnim (*linearnim, translacijskim*) gibanjem krutih strojnih elemenata, pri čemu, po potrebi, dinamike korištenja mehaničke energije i gibanja izlaznog vratila pogonskog stroja prilagođavaju potrebama radnog stroja. Tipičan je prijenosnik mjenjač motornog vozila (*zupčani reduktor/multiplikator*). Koriste se u slučajevima:

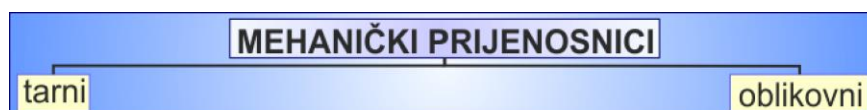
- za potrebe radnog stroja prevelika je brzina vrtnje izlaznog vratila pogonskog stroja – primjenjuju se reduktori,
- za potrebe radnog stroja premala je brzina vrtnje izlaznog vratila pogonskog stroja – multiplikatori,
- osi vrtnji izlaznog vratila pogonskog stroja i ulaznog vratila radnog stroja nisu kolinearne,
- smjer vrtnje izlaznog vratila pogonskog stroja je suprotan od potrebnog smjera vrtnje ulaznog vratila radnog stroja nisu kolinearne,
- za jedan radni stroj potrebno je više pogonskih strojeva,
- jedan pogonski stroj namijenjen pogonu više radnih strojeva.

Prema tome, pored osnovne funkcije (*prenos energije/snage pogonski/radni stroj*), po potrebi, prijenosnici obavljaju i sporedne funkcije (*S-01.06*).

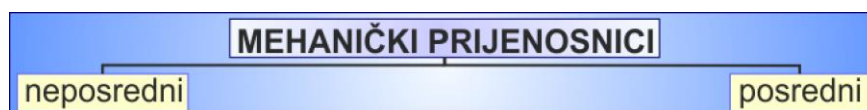


**Slika 01.06** Sporedne funkcije mehaničkih prijenosnika

Ovisno o mehanizmu prijenosa razlikuju se:



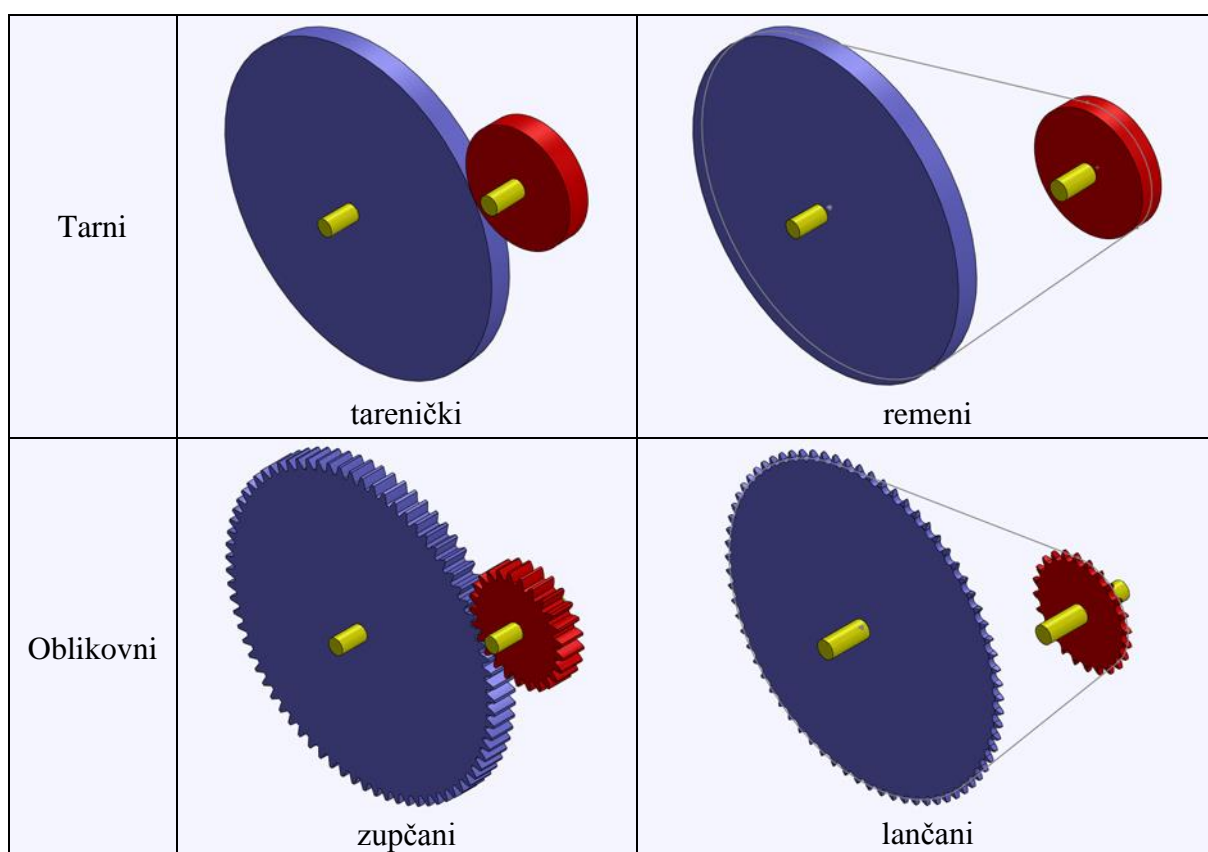
a prema prirodi kontakta pogonskog i gonjenog elementa:



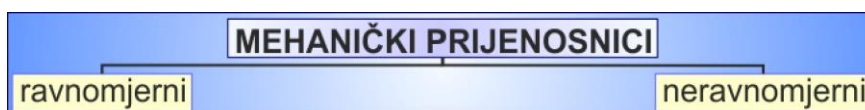
Najčešće sretane vrste mehaničkih prijenosnika prikazani su slikovito u **T-02.01**.

**Tabela 02.01** Vrste mehaničkih prijenosnika

	Neposredni	Posredni
--	------------	----------



Prema dinamici gibanja ulaza (*kontrolirana ili nekontrolirana promjene režima rada pogonskog stroja*) i izlaza (*kontrolirana ili nekontrolirana promjene režima rada ranog stroja*) razlikuju se:

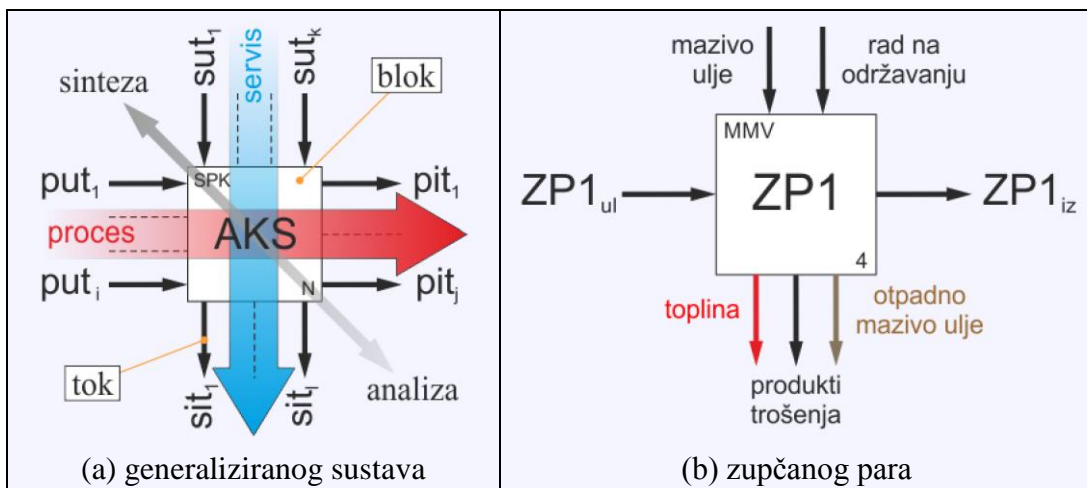


a prema mogućnostima prilagodbe (*kontrolirane promjene režima rada prijenosnika*) razlikuju se:

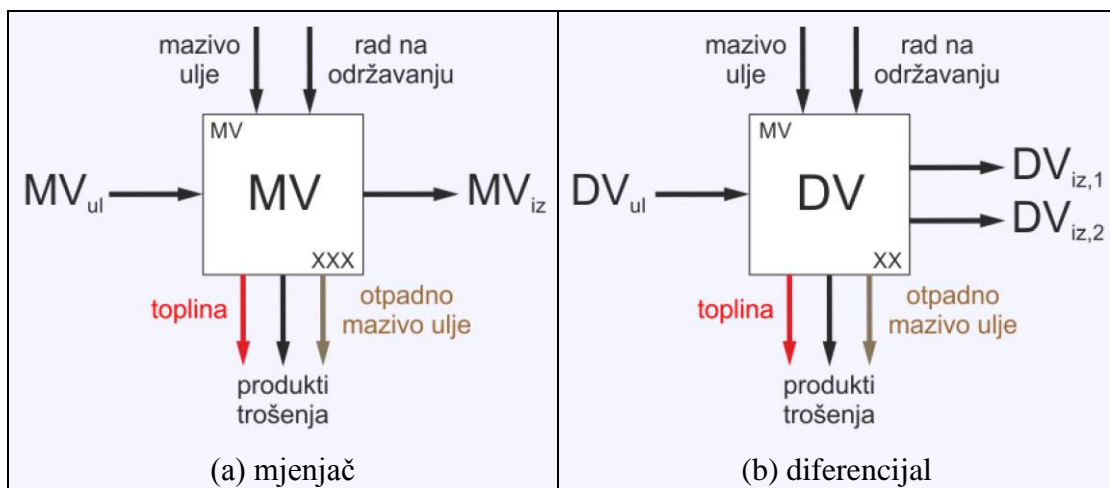


### 2.1.4 Osnovne veličine mehaničkih prijenosnika

Za potrebe sistemske analize prijenosnika može se primijeniti generalizirana blok shema sustava (*S-02.07, (a)*). Na taj se način analizom dolazi do blok sheme, na primjer, zupčanog para – *S-02.07, (b)*, te sintezom dolazi do blok shema komponenata cestovnog vozila *S-02.08: (a)* mjenjača i (b) diferencijala.



Slika 01.07 Blok shema



Slika 01.08 Blok shema komponenta cestovnog vozila

Veličine kojima se najčešće opisuju ulazi i izlazi prijenosnika su:

- $d$  – promjer vratila, mm,
- $\omega$  – kutna brzina, rad/s,
- $n$  – broj okretaja u minuti, 1/min,
- $P$  – snaga, kW,
- $M$  – okretni moment, N·m

dok se prijenosna funkcija prijenosnika najčešće opisuje s veličinama:

- $i$  – prijenosni omjer, 1,
- $\eta$  – koeficijent korisnog djelovanja, 1.

**Prijenosni omjer:**

$$i = \frac{n_{\text{izlaz}}}{n_{\text{ulaz}}}$$

**Stupanj korisnog djelovanja:**

$$\eta = \frac{P_{\text{izlaz}}}{P_{\text{ulaz}}}$$

Kod prijenosnik s više stupanja (*S-01.09*) ukupni je prijenosni omjer:

$$i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 = \frac{n_{\text{iz},1}}{n_{\text{ul},1}} \cdot \frac{n_{\text{iz},2}}{n_{\text{ul},2}} \cdot \frac{n_{\text{iz},3}}{n_{\text{ul},3}}$$

a kako spojno vratilo može imati samo jedan broj okretaja u minuti ( $n_{\text{vratila}}$ ):

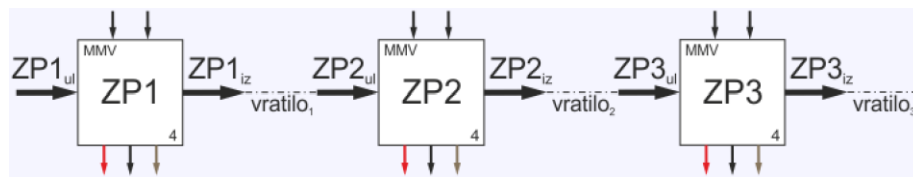
$$n_{\text{iz},1} = n_{\text{ul},2} \quad n_{\text{iz},2} = n_{\text{ul},3}$$

po skraćivanju slijedi:

$$i = \frac{n_1}{n_3} \Rightarrow i = \frac{n_{\text{izlaz}}}{n_{\text{ulaz}}}$$

Ukupni je stupanj korisnog djelovanja:

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3$$



Slika 01.09 Prijenosnik s više stupanja

### 2.1.5 Koloturnici

U prijenosnike se mogu svrstati i koloturnici (*S-01.10*) čija je najčešća funkcija smanjenje sile potrebne za dizanje tereta. U pravilu se opisuju s korisnošću i učinkovitošću.



Slika 01.10 Koloturnici

**Korisnost** koloturnika – pokazatelj mjere smanjenja sile potrebne za dizanje tereta:

$$K = \frac{F_{\text{tereta}}}{F_{\text{napora}}} \geq 1$$

gdje je:  $F_{\text{tereta}}$  – sila kojom teret opterećuje koloturnik, N,  
 $F_{\text{napora}}$  – napor (sila) kojim se djeluje na koloturnik, N.

Treba imati na umu da prethodna jednadžba vrijedi samo u slučaju paralelnih (vertikalnih) sila (u slučaju odstupanja primjeni jednadžbe prethodi vektorski račun). Koloturnik s  $K = 1$  se koristi za skraćivanje puta i/ili lakše podizanje tereta većih dimenzija.

**Učinkovitost** koloturnika je pokazatelj mjere korištenja uloženog rada:

$$\eta = \frac{|W_{\text{izvršeni}}|}{|W_{\text{uloženi}}|} = \frac{F_{\text{tereta}} \cdot s_{\text{tereta}}}{F_{\text{napora}} \cdot s_{\text{napora}}} \leq 1$$

gdje je:  $W_{\text{izvršeni}}$  – izvršeni rad, J,  
 $W_{\text{uloženi}}$  – uloženi rad, J.

Uzrok  $\eta < 1$  su elastične (plastične) deformacije koloturnika i trenje. Naime, pri podizanju, do trenutka odvajanja tereta od podloge (uspostavljanja ravnoteže s užetom pod punim opterećenjem) uložen je rad u rastezanje užeta. Trenja (a) osovina/provrt i (b) uža/žlijeb koloturnika u pravilu su zanemariva.

	<p>Dizanje tereta odozdo</p> <p>Ravnoteža sila:</p> $F_{\text{tereta}} = G \quad F_1 = G$ $F_{\text{napora}} = F$ <p>Ravnoteže momenata:</p> $G \cdot D - F \cdot D = 0$ $G = F$ $K = \left  \frac{G}{F} \right  = 1$		<p>Dizanje tereta odozgo</p> <p>Ravnoteža sila:</p> $-G + F_1 = 0$ $-F_1 + 2 \cdot F_2 = 0$ $F_1 = 2 \cdot F_2$ $F = F_2$ $G = 2 \cdot F$ $K = \left  \frac{G}{F} \right  = \left  \frac{2 \cdot F}{F} \right  = 2$
	$-G + 2 \cdot F_1 = 0$ $G = 2 \cdot F_1 \quad F = F_1$ $K = \left  \frac{G}{F} \right  = \left  \frac{2 \cdot F_1}{F_1} \right  = 2$ <p>Zakon održanja energije:</p> $G \cdot H = F \cdot s$ $2 \cdot F_1 \cdot H = F_1 \cdot s$ $s = 2 \cdot H$		$-G + 3 \cdot F_1 = 0$ $G = 3 \cdot F_1 \quad F = F_1$ $K = \left  \frac{G}{F} \right  = \left  \frac{3 \cdot F_1}{F_1} \right  = 3$ <p>Zakon održanja energije:</p> $G \cdot H = F \cdot s$ $3 \cdot F_1 \cdot H = F_1 \cdot s$ $s = 3 \cdot H$

## Vitlo

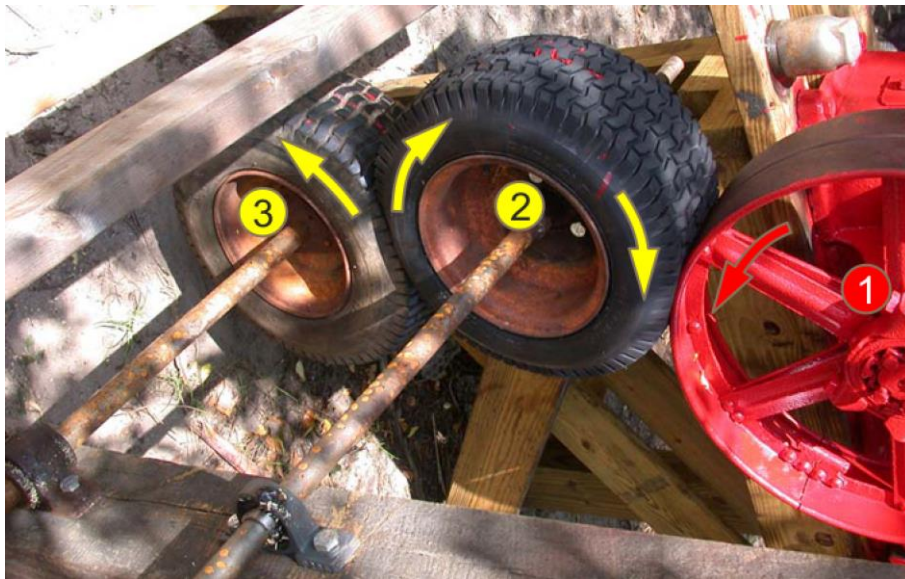
<p>VITLO</p>	<p>Ravnoteža sila:</p> $-G + F_1 = 0 \quad F_1 = G$ <p>Ravnoteže momenata:</p> $F_1 \cdot d - F \cdot D = 0$ $F = G \cdot \frac{d}{D} = F_1 \cdot \frac{d}{D}$ $K = \left  \frac{G}{F} \right  = \left  \frac{F_1 \cdot D}{F_1 \cdot d} \right $
--------------	--



## 2.2 Tarenički prijenosnici

### 2.2.1 Osnove tareničkih prijenosnika

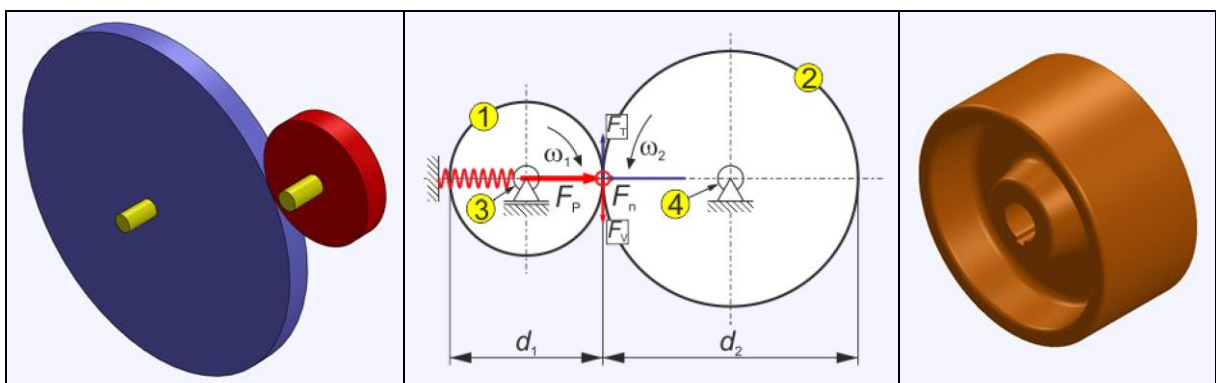
Usljed trenja, dva diska (*tarenice*) pritisnuta jedan na drugi dovoljnom silom prenose okretni moment s jednog vratila na drugo vratilo (*tarenički prijenosnik*) – **S-02.11**. Smjerovi vrtnji vratila tareničkog para su suprotni. Prema tome, vratila 1 i 3 (**S-02.11**) vrte se u istom smjeru, suprotnom od smjera vrtnje vratila 2.



**Slika 02.11** Tarenički prijenosnik s jednim pogonskim i dva gonjena vratila

**Tarenički prijenosnik** – sustav za neposredni tarni prijenos okretnog momenta.

Najjednostavniji tarenički prijenosnik sastoji se od dvije cilindrične tarenice (**S-02.12**). Za prijenos okretnog momenta (*položaja, vrtnje, energije, snage*) s pogonskog (3) na gonjeno (4) vratilo koristi se trenje – u neposrednom kontaktu (*pod pritiskom*), kružno gibanje pogonske tarenice (1) prenosi se na kružno gibanje gonjene tarenice (2).



1 – pogonska tarenica, 2 – gonjena tarenica, 3 – pogonsko vratilo 4 – gonjeno vratilo

**Slika 02.12** Tarenički prijenosnik s dvije cilindrične tarenice

## 16 Elementi strojeva 2

Kako bi se postigla dovoljno velika sila trenja  $F_T (= 0 \text{ N, dok se ne pojavi vučna sila})$  između dodirnih površina tarenica, pomoću opruge (S-02.12) izaziva se pritisak  $F_P$  (jednak elastičnoj sili opruge  $F_0$ ) pogonske tarenice (1) na gonjenu tarenicu (2). Sila je statičkog trenja (neposredno pije početka vrtnje):

$$F_T = F_n \cdot \mu_{kt,st} \quad \text{N}$$

Vrtnjom pogonske tarenice uspostavlja se vučna sila  $F_V$  koja ima za posljednicu vrtnju gonjene tarenice. Po uspostavljenoj dinamičkoj ravnoteži (*ubrzanje = 0*) sila je dinamičkog trenja:

$$F_T = F_n \cdot \mu_{kt,dn} \quad \text{N}$$

Naravno, za prijenos okretnog momenta s pogonskog vratila (S-02.12 – 3) na gonjeno (4) potrebno je spriječiti uzajamno okretanje u spojevima: (a) pogonsko vratilo (3) / pogonska tarenica (1) i (b) pogonska tarenica (1) / gonjeno vratilo (4).

Prijenosni je omjer para tarenica:

$$i = \frac{n_1}{n_2} \quad [i] = 1$$

gdje je:  $n$  – broj okretaja, okretaja/minut = o/min,  
1 i 2 – oznake za pogonsku i gonjenu tarenicu.

Kutna je brzina tarenica:

$$\omega = \frac{\varphi}{t} \quad [\omega] = \frac{\text{radijan}}{\text{sekunda}} = \text{rad/s}$$

gdje je:  $\varphi$  – kut koji opiše tarenica pri vrtnji, rad,  
 $t$  – vrijeme, s.

Kako pri jednom okretaju tarenica opiše kut od  $2 \cdot \pi \cdot \text{rad}$ , pri  $n$  okretaja će opisati:

$$\{\omega\} \cdot \frac{\text{rad}}{\text{s}} = \{n\} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot \text{rad}}{60 \cdot \text{s}} \quad \omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}$$

Obodna je brzina tarenica:

$$v = r \cdot \omega \quad [v] = \text{m} \cdot \frac{\text{rad}}{\text{s}} = \text{m/s}$$

Matematički se može dokazati da je  $\text{rad} = 1$ . S „rad“ se samo ukazuje na gibanje po kružnici. U literaturi se navodi da je „rad poseban naziv za broj 1“ i u pravilu se izostavlja.

Kada se vrtnja tarenica odvija bez proklizavanja (*jednake su obodne brzine pogonske i gonjene tarenice*):

$$v_1 = v_2 \quad r_1 \cdot \omega_1 = r_2 \cdot \omega_2 \quad \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

te se lako izvodi formula za prijenosni omjer:

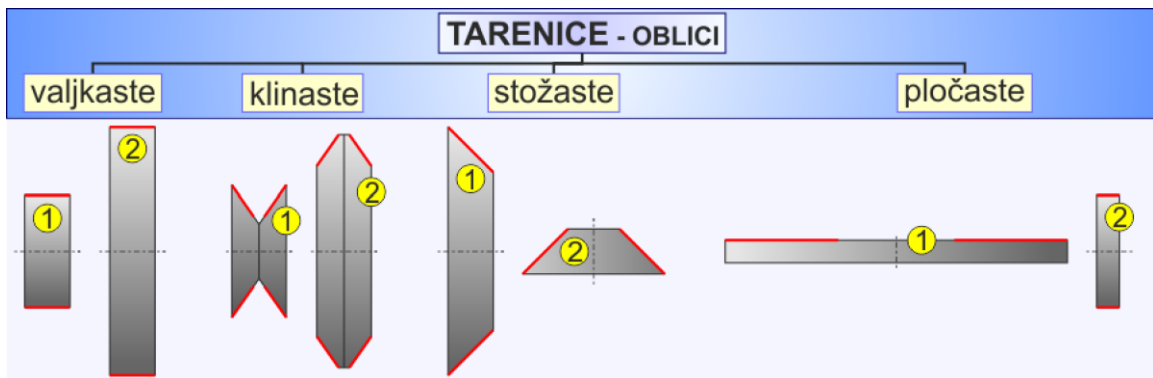
$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{d_2}{d_1}$$

Tarenički par je:

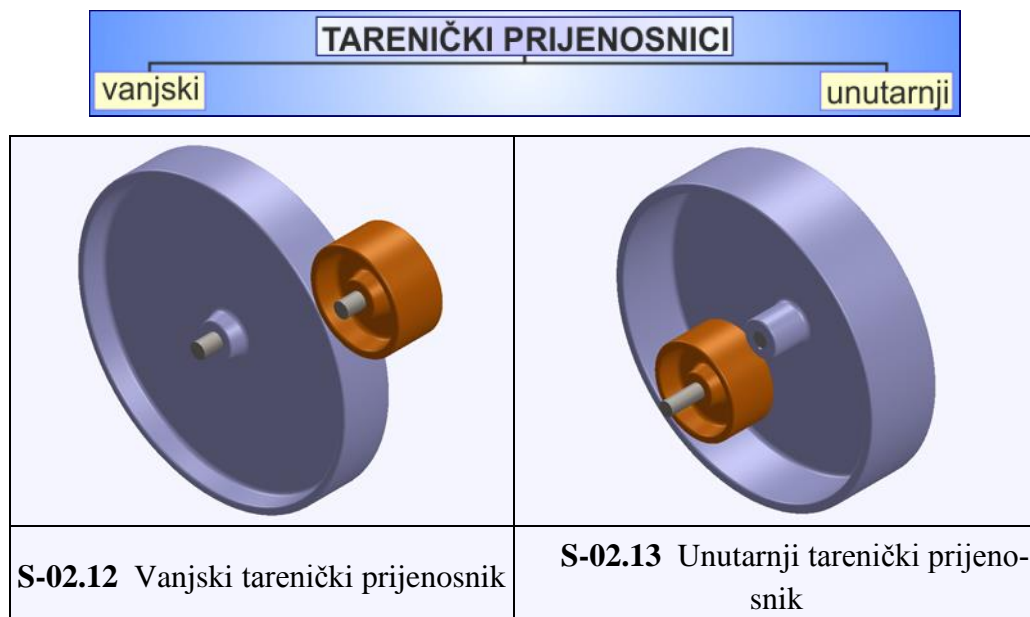
- (a) **reduktor**,  $i > 1$ , kada je brzina vrtnje gonjenog vratila manja od brzine vrtnje pogonskog vratila ( $\omega_2 < \omega_1$ ), te
- (b) **multiplikator**,  $i < 1$ , kada je brzina vrtnje gonjenog vratila veća od brzine vrtnje pogonskog vratila ( $\omega_2 > \omega_1$ ).

### Vrste tareničkih prijenosnika

Prema obliku obodnih površina razlikuju se tarenice:

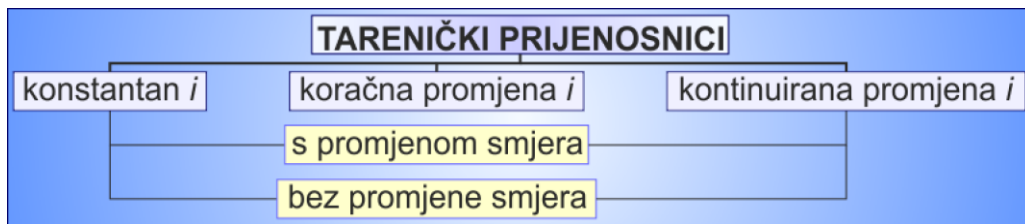


Ovisno o uzajamnom položaju razlikuju se:



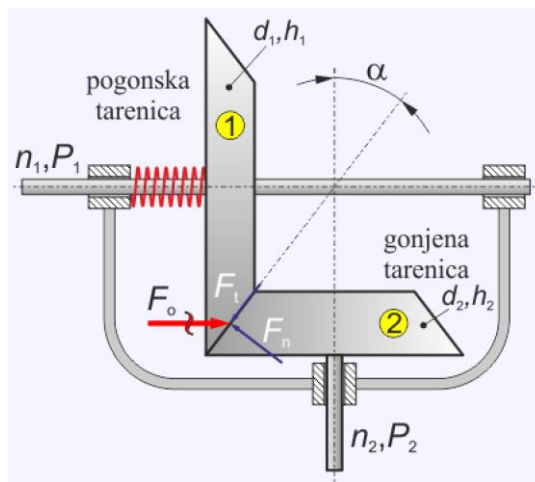
Unutarnji tarenički prijenosnici su kompaktne izvedbe i s njima se mogu postići veliki prijenosni omjeri.

Prema mogućnostima promjena prijenosnog omjera ( $i$ ) i smjera vrtnje mogu se razlikovati:



### *Tarenički prijenosnici s konstantnim prijenosnim omjerom*

Tarenički prijenosnik s konstantnim prijenosnim omjerom, sa stožastim tarenicama, prikazan je na **S-02.14**. Osi pogonskog i gonjenog vratila se sjeku pod kutom od  $90^\circ$ .



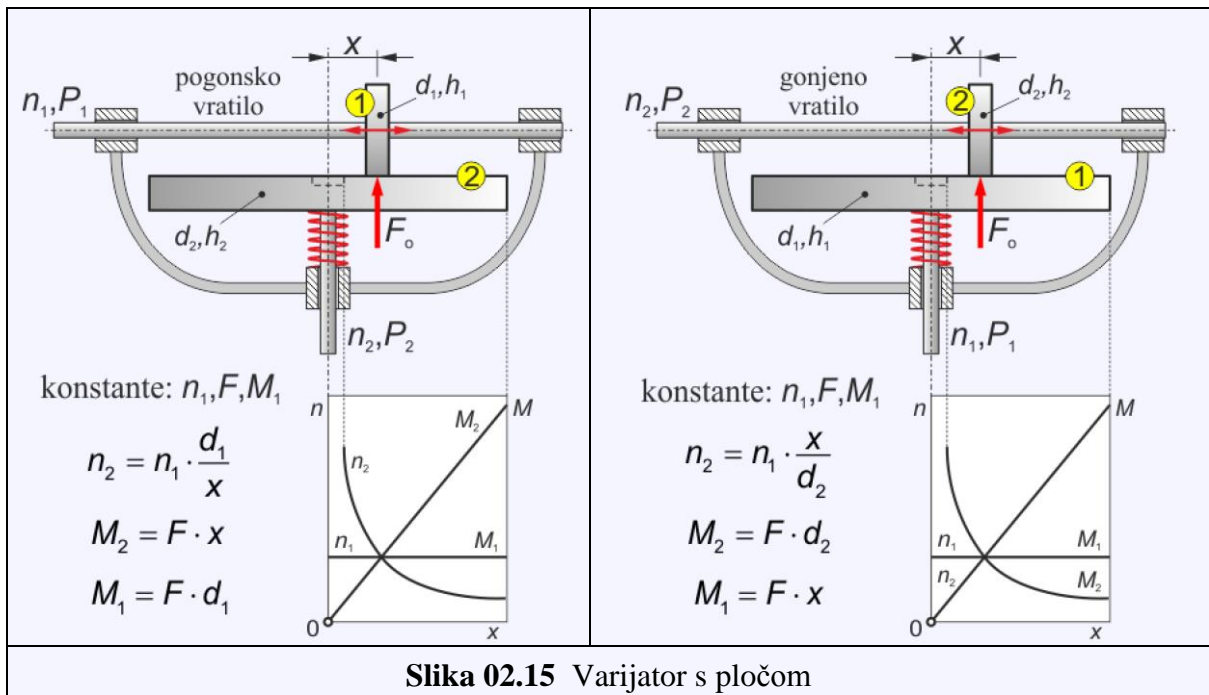
**Slika 02.14** Tarenički prijenosnik s konstantnim  $i$

### *Tarenički prijenosnici s koračnom promjenom prijenosnog omjera*

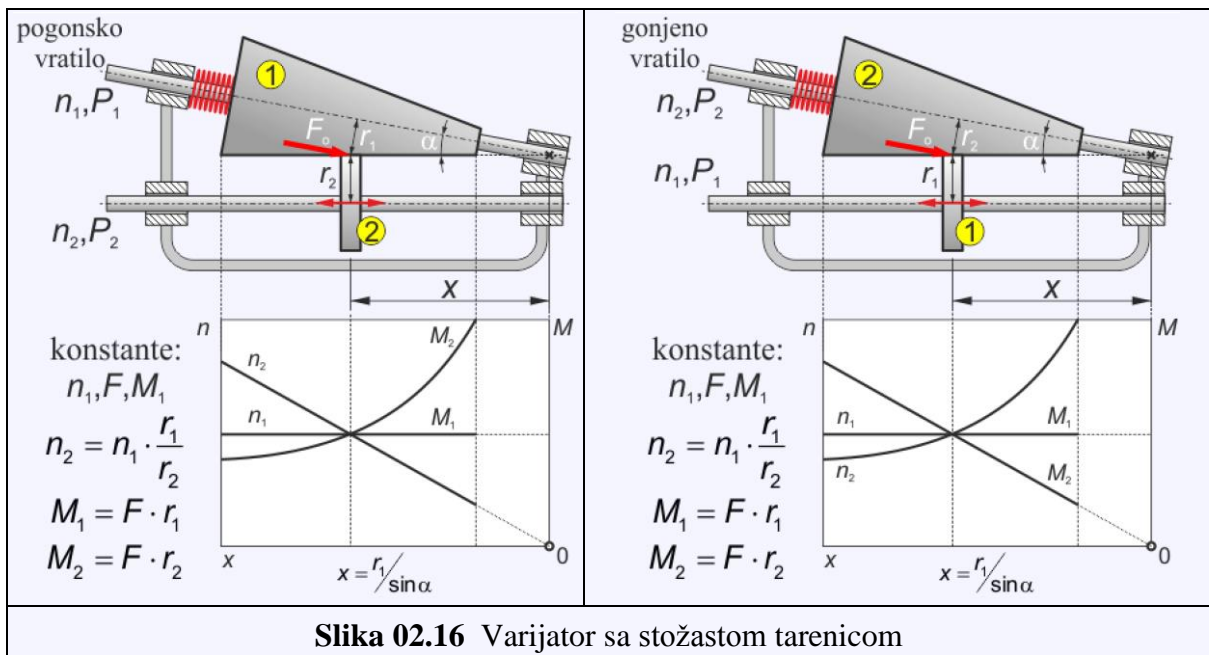
### *Tarenički prijenosnici s kontinuiranom promjenom prijenosnog omjera*

Tarenički prijenosnici s mogućnošću kontinuirane promjene prijenosnog omjera nazivaju se **varijatori**. Kod varijatora, pri konstantnoj brzini vrtnje pogonskog stroja mogu se postavljati različite brzine vrtnje radnog stroja.

Dvije izvedbe varijatora prikazane su na **S-02.15** i **S-02.16**.



Slika 02.15 Varijator s pločom



Slika 02.16 Varijator sa stožastom tarenicom

## 2.2.2 Oblikovanje tareničkih prijenosnika

### Materijali za izradu tareničkih prijenosnika

Za izradu tarenica koriste se parovi:

(a) točkasti dodir tarnih površina:

- otvrdnuti čelik / otvrdnuti čelik, sa podmazivanje mineralnim (*naftenska baza*) ili sintetičkim mazivom za tarenice,

(b) točkasti dodir tarnih površina:

- sivi lijev / čelik, GG 26 – St 70, sa podmazivanjem mineralnim mazivom (*parafinska baza*),
- sivi lijev / čelik, GG 21 – St 70 ili GG 18 – St 50, bez podmazivanja,
- guma / guma, bez podmazivanja,
- naprešana obloga, bez podmazivanja,
- plastične mase, bez podmazivanja.

Tablica s materijalima i svojstvima materijala korištenih za izradu tareničkih prijenosnika dana je u **DT-02.xx**.

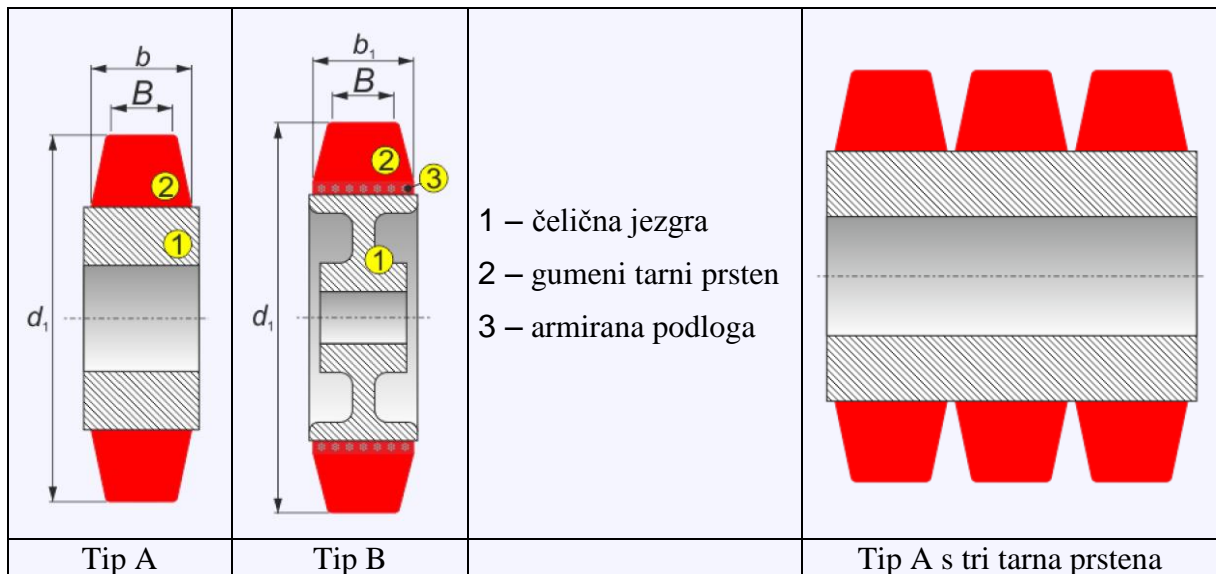
**Čelici** – zbog niskih koeficijenata trenja ( $\mu = 0,015 \div 0,08$ ), za postizanje dovoljno velikih sila trenja potrebno je uspostavljanje visokih pritisaka što dovodi do visokih opterećenja ležajeva vratila. Male hrapavosti (*strojna obrada*) i visoke tvrdoće (*toplinska obrada*) površina tarenica omogućavaju prijenos velikih snaga uz male gubitke i dug vijek trajanja. Najčešće se koriste za izradu tareničkih prijenosnika s mogućnošću kontinuirane promjene prijenosnog omjera. Pri višim diferencijalnim puzanjima tarenice se podmazuju uljem.

**Sivi ljevovi** – dopušteni su pritisci manji od dopuštenih pritisaka za čelike. Koriste se za izradu velikih tarenica kompliciranih oblika. Najčešće se koriste u kombinaciji s gumom ili prešanom plastičnom masom.

**Guma** – tarenice od gume sparene s čelikom ili sivim lijevom imaju vrlo visok koeficijent trenja ( $\mu = 0,6 \div 0,8$ ) te za postizanje dovoljno velikih sila trenja pritisci mogu biti niski. Međutim, zbog velikih deformacija (*povećavaju se s povećanjem pritiska*) tarenice od gume se jako zagrijevaju te je pritisak ograničen maksimalnom dozvoljenom radnom temperaturom gume ( $\vartheta_{Max} = 60 \div 70 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Guma koja se upotrebljava u izradi tarenica tvrdoće je 80  $\div$  90 Shorea, mora biti otporna na trošenje i postojana prema temperaturi i starenju. Tarenički parovi guma/čelik i guma / sivi lijev rade vrlo tiho ali je zbog malog dozvoljenog pritiska za gumu (*time i relativno malih sila trenja*) veličina prenesene snage u velikoj mjeri ograničena. [Decker (1987), str. 439]

Dvije uobičajene izvedbe tarenica s gumom prikazane su na **S-02.xx** (DIN 8220). Na metalnoj jezgri je gumeni prsten izveden kod oblika A ( $d_1 = 40 \div 160 \text{ mm}$ ) vulkanizacijom dok je kod oblika B ( $d_1 = 180 \div 1000 \text{ mm}$ ) naprešan zajedno s podlogom armiranom metalnom žicom. Omjer dimenzija širina/debljina gumenog prstena se eksperimentalno određuje na temelju maksimalizacije odvođenja topline. Ako je za prijenos snage potrebna veća širina usvaja se više prstena, koji su raspoređeni jedan do drugog, kod tipa A na metalnoj jezgri, a kod tipa B na zajedničku podlogu.

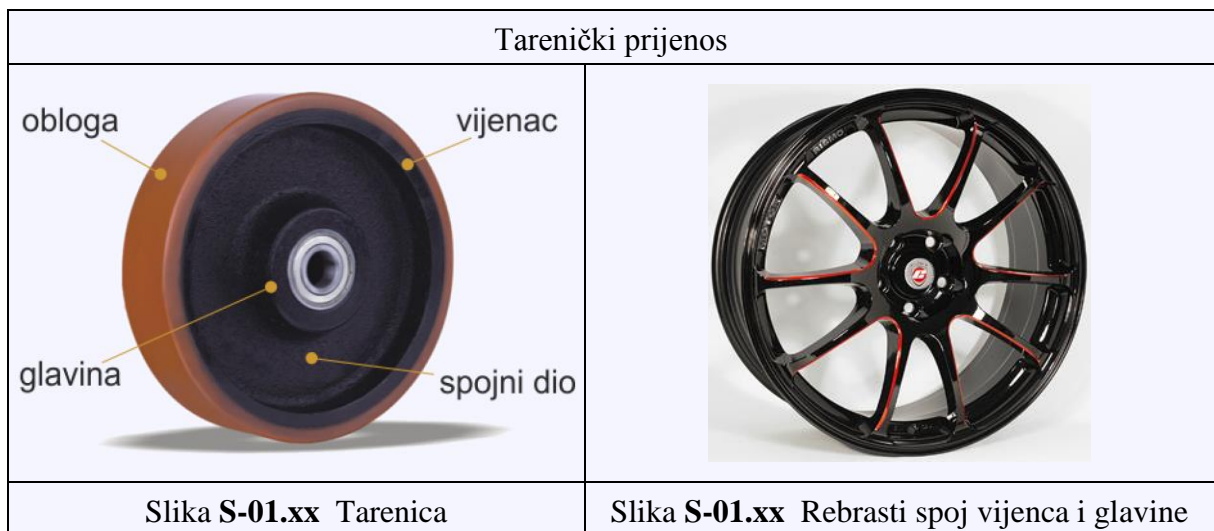




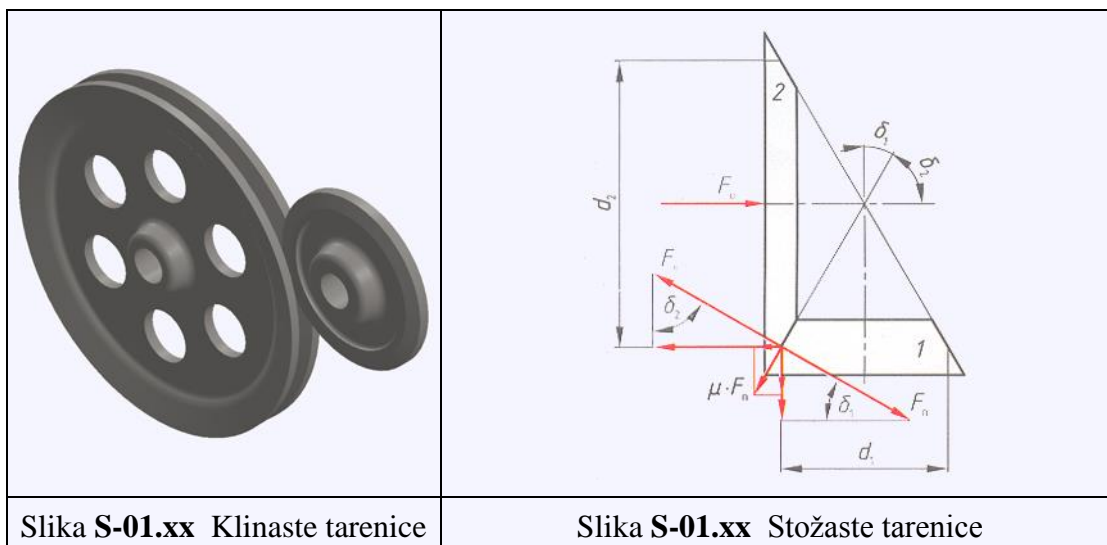
Slika 02.xx Tarenice s tarnim gumenim prstenima

**Plastične mase** – koeficijenti trenja mekših plastičnih masa su  $\mu \approx 0,45$ , a tvrdih  $\mu \approx 0,4$ . Upotrebljavaju se za izradu prijenosnika s konstantnim prijenosnim omjerom te prijenosnika s kontinuiranom promjenom prijenosnog omjera.

Tarenice se sastoje od vijenca, glavine i spojnog dijela koji spaja vijenac i glavinu (S-02.xx). Vijenci tarenica se oblažu materijalima s većim koeficijentima trenja. Većim tarenicama se smanjuje masa spajanjem vijenca i glavina rebrima.



Za prijenos okretnog momenta između paralelnih vratila najčešće se koriste valjkaste tarenice. Kako bi se smanjilo opterećenje ležajeva izrađuju se klinaste tarenice s kutevima bokova klinova između  $30^\circ$  i  $40^\circ$  – S-02.xx.



Stožaste tarenice, rjeđe i pločaste tarenice, koriste se kod prijenosnika s vratilima pod različitim kutovima.

### 2.2.3 Proračun tareničkih prijenosnika

kinematika je prethodno obrađena

U pogonu tareničkog prijenosnika:

$$F_V \leq F_T = \mu \cdot F_N$$

Kada je vučna sila manja od sile trenja ležaji tarenica su izloženi većem opterećenju (*normalnom silom*) od potrebnog, a kada je vučna sila veća od sile trenja dolazi do proklizavanja. Kako bi se osigurao rad tareničkog prijenosnika bez proklizavanja usvaja se faktor sigurnosti od proklizavanja ( $S_{PK}$ ):

$$S = \frac{F_T}{F_V} = 1,25 \div 2,5$$

Prema tome, vučna je sila:

$$F_V = \frac{\mu \cdot F_N}{S} \quad \text{N}$$

Kako uzajamni pritisak tarenica ne bi premašio dozvoljenu vrijednost potrebna je širina tarenica:

$$b = S \cdot \frac{F_N}{2 \cdot \mu \cdot r_e \cdot p_d} \quad \text{mm}$$

gdje je:  $r_e$  – ekvivalentni polumjer, mm,  
 $p_d$  – dopušteni tlak, N/mm<sup>2</sup>.

Prijenosni je omjer:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{r_2}{r_1} \quad 1$$

Ako je vučna sila jednaka sili trenja (*maksimalni*  $\eta$ ) okretni momenti su:

$$T_1 = F_V \cdot r_1 \quad T_2 = F_T \cdot r_2 \quad \text{N}\cdot\text{m}$$

te je, prema tome,

$$\frac{T_1}{r_1} = \frac{T_2}{r_2} \quad \Rightarrow \quad \frac{T_2}{T_1} = \frac{r_2}{r_1}$$

Iz prethodnog se može zaključiti: što je gonjena tarenica veća od pogonske ( $r_2 > r_1$ ) to će se sporije vrtiti (*manje*  $\omega_2$  u odnosu na  $\omega_1$ ), ali i moći prenijeti veći okretni momenat (*veće*  $T_2$  u odnosu na  $T_1$ ). Predhodne jednadžbe se mogu koristiti samo u odsutnosti proklizavanja ( $F_V < F_T$ ).

Snaga je prijenosnika:

$$P = F_V \cdot v \quad \text{W}$$

gdje je:  $P$  – snaga tareničkog prijenosnika, W,  
 $v$  – obodna brzina,  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Kad nema proklizavanja jednake su obodne brzine obe tarenice.

$$v_2 = r_2 \cdot \omega_2 = v_1 = r_1 \cdot \omega_1 \quad \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

pri čemu su jedinice:  $[r] = \text{m}$ ,  $[\omega] = \text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Stupanj korisnog djelovanja:

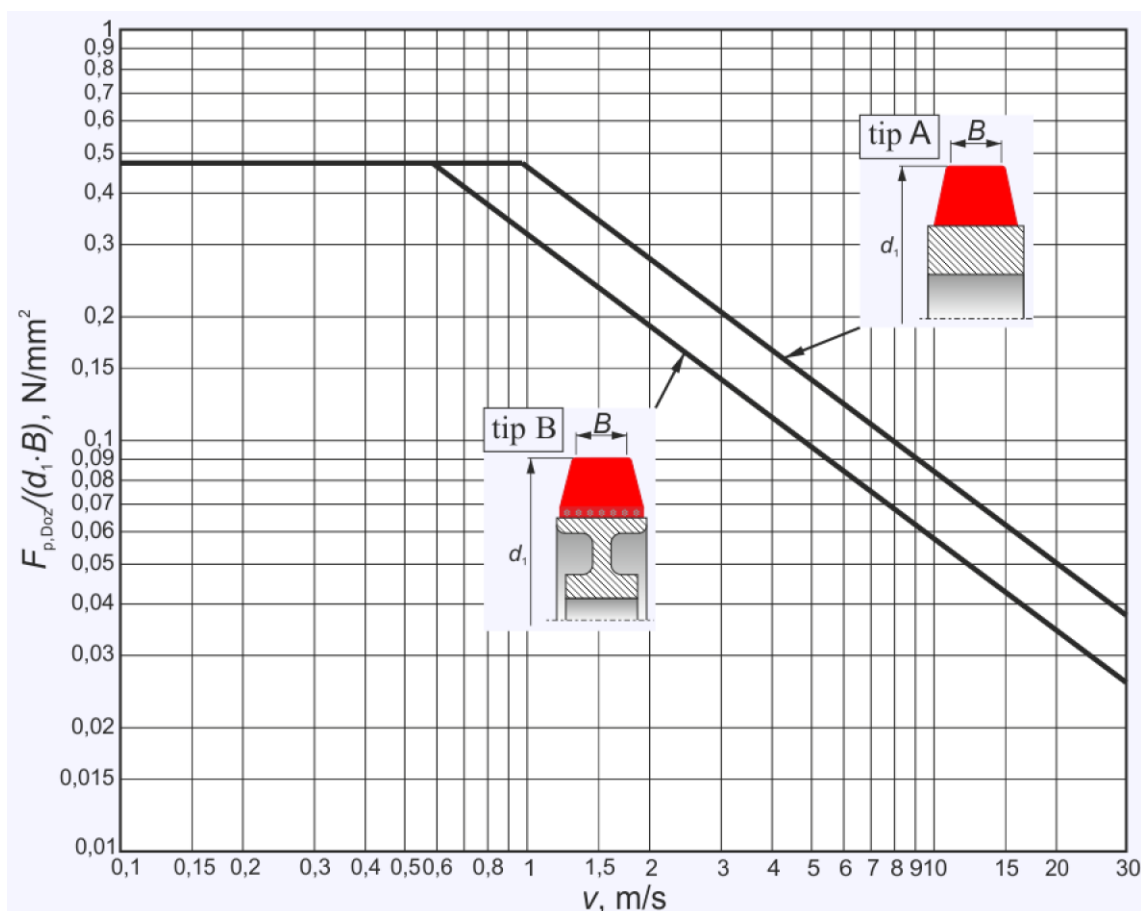
$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{M_2 \cdot \omega_2}{M_1 \cdot \omega_1} = \frac{P_1 - P_g}{P_1}$$

Jedan dio uložene snage troši se na elastično deformiranje površina tarenica (*diferencijalno pužanje*) a drugi na proklizavanje te je stupanj korisnog djelovanja tareničkih prijenosnika  $\eta = 0,75 \div 0,95$  [Vitas (1978), str. 15].

Proračuni tareničkih prijenosnika detaljnije su obrađeni u literaturi [Decker (1987), str. 433 ÷ 438; Lingaiah (2004), str. 1019 ÷ 1027].

## Tarenice s gumom

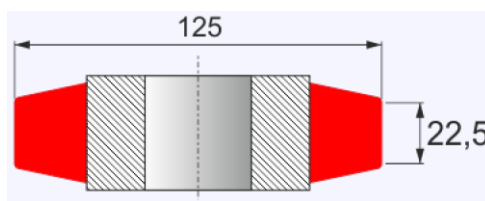
Ovisnost dozvoljenog pritiska  $F_{p, \text{doz}}$  (prema podacima proizvođača), svedenog na jedinicu projicirane površine  $A = B \cdot d_1$ , o obodnoj brzini  $v$  dana je na **S-02.xx**.



Slika 02.xx Dozvoljeno opterećenje tarenice s gumenim tarnim prstenom

### Primjer proračuna

**Primjer 02.01** Koliko opterećenje može prenijeti tarenica s gumenim prstenom tipa A dimenzija danih na skici? [Haberhauer (2011), str. 582÷583]



Podaci:  $n = 1500 \text{ }^\circ/\text{min}$ ,  $\mu = 0,7$ ,  $S_{PKI} = 1,5$

Rješenje:

$$\{\omega\} \cdot \frac{\text{rad}}{\text{s}} = \{n\} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot \text{rad}}{\text{min}} \quad \{\omega\} \cdot \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 1500 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot \text{rad}}{60 \cdot \text{s}} \quad \{\omega\} = 50 \cdot \pi$$

$$\omega = 157 \text{ rad/s}$$

$$\{v\} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} = \{r\} \cdot \text{mm} \cdot \{\omega\} \cdot \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad \{v\} \cdot \frac{1000 \cdot \text{mm}}{\text{s}} = \{r\} \cdot \text{mm} \cdot \{\omega\} \cdot \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\{v\} \cdot 1000 = \{r\} \cdot \{\omega\} \cdot \text{rad} \quad \{v\} = 62,5 \cdot 157 \cdot \text{rad} \quad \{v\} = 9,81 \cdot \text{rad}$$

$$v = 9,81 \text{ m/s}$$

Sa  $v = 9,81 \text{ m/s}$  se iz dijagrama prikazanog na **S-02.xx**, za tarenicu s gumenim prstenom tipa A dobiva:

$$\frac{F_{n,Doz}}{d_1 \cdot B} = 0,085 \text{ N/mm}^2$$

iz čega slijedi:

$$F_{n,Doz} = 0,085 \cdot d_1 \cdot B = 0,085 \cdot 125 \cdot 22,5 = 239 \text{ N}$$

Proračunska je sila trenja:

$$F_T = \frac{\mu \cdot F_{n,Doz}}{S_{Pkl}} = \frac{0,7 \cdot 239}{1,5} = 112 \text{ N}$$

te je proračunski okretni moment:

$$\{M\} \cdot N \cdot m = \{F_T\} \cdot N \cdot \left\{ \frac{d_1}{2} \right\} \cdot \text{mm} \quad \{M\} \cdot N \cdot 1000 \cdot \text{mm} = \{F_T\} \cdot N \cdot \left\{ \frac{d_1}{2} \right\} \cdot \text{mm}$$

$$M = 112 \cdot \frac{62,5}{1000} = 7,01 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Prema tome, proračunska je snaga:

$$\{P\} \cdot W = \{M\} \cdot N \cdot m \cdot \{\omega\} \cdot \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad \{P\} \cdot W = \{M\} \cdot \{\omega\} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}}$$

$$P = 7,01 \cdot 157 = 1100 \text{ W} = 1,1 \text{ kW}$$

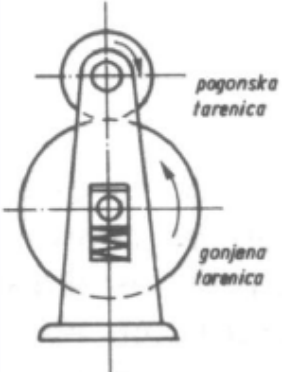
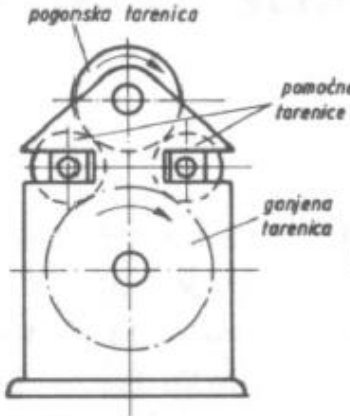
## 2.2.4 Primjena tareničkih prijenosnika

Upotrebljavaju se za manje okretne momente i prijenosne omjere, kod obradnih, alatnih i građevinskih strojeva.

Prednosti	Nedostaci
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lako pretvaranje kružnog gibanja u pravocrtno (<i>kotači vozila</i>).</li> <li>• Moguće postizanje velikih prijenosnih omjera.</li> <li>• Moguće stalan ili kontinuirano promjenljiv prijenosnih omjera (<i>i</i>).</li> <li>• Kompaktni su – bez posrednih elemenata.</li> <li>• Spontana zaštita od preopterećenja proklizavanjem.</li> <li>• Miran i tih rad.</li> <li>• Jednostavna i jeftina izvedba.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manji koeficijenti korisnog djelovanja od oblikovnih prijenosnika.</li> <li>• Velika opterećenja vratila i ležajeva (<i>zagrijavanje</i>).</li> <li>• Puzanje materijala.</li> <li>• Proklizavanje tarenica.</li> <li>• Zagrijavanje tarnih površina.</li> <li>• Trošenje tarnih površina.</li> </ul>

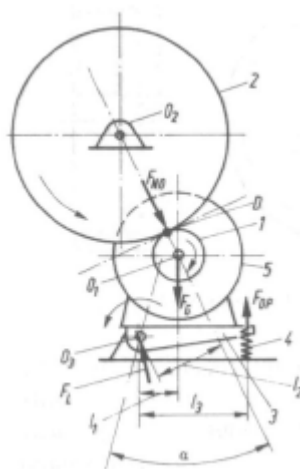
## Primjeri tareničkih prijenosnika

Tarenički prijenosnici

		
<b>S-02.xx</b> Cilindrične tarenice		<b>S-02.xx</b> Pomoćne tarenice

Kod tareničkih prijenosnika prikazanih na **S-02.xx** i **S-02.xx** uzajamni pritisak tarenica se postiže djelovanjem prikazanih opruga (*ležaj jedne tarenice je pomičan*), dok se kod tareničkog prijenosnika prikazanog na slici na **S-02.xx** uzajamni pritisak postižu posredstvom pomoćnih tarenica (*s pomičnim ležajima koji omogućavaju primicanje osi*).

Kod tareničkog prijenosnika prikazanog na **S-02.xx** uzajamni se pritisak tarenica spontano prilagođava prenošenoj snazi (*samo pri vrtnji pogonske tarenice u smjeru strijelice*). Elektromotor s pogonskom tarenicom je postavljen na okretno postolje. [Decker 1987, str. 420]



**S-02.xx** Tarenički prijenosnik s dvije cilindrične tarenice

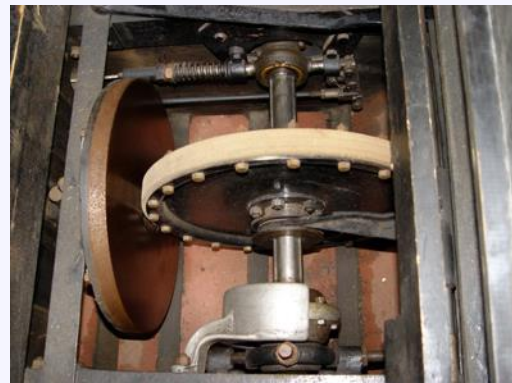
Suvremene konstrukcije omogućuju da se sile pritiska tarenica automatski prilagođuju visini snage koju treba prenijeti (sl. 413). Motor 5 zajedno sa pogonskom tarenicom 1 smješten je na postolje 3 okretno oko točke  $O_3$ . Na drugom slobodnom kraju djeluje nastavljiva opruga 4. Dano rješenje vrijedi samo za naznačeni smjer vrtnje. Položaj okretišta  $O_3$  treba birati tako da kut (vidi sl. 413) dobiven spojnicom  $DO_3$  i  $O_2O_1$  bude veći od kuta trenja  $\varrho$  (kod tarenica s gumenim vijencem  $\alpha \approx 42$  do  $45^\circ$ ).



U početku rada (sl. 414a) raste obodna sila motora  $F_{MOT}$  polagano, nastojeći da dosegne veličinu obodne sile potrebne za savladavanje otpora gonjenog stroja  $F_{OTP}$  ( $F_{NO} \ll F_{OTP}$  odnosno sile prijanjanja kod stavljanja u pogon  $F_{RO}$ ). U tom periodu kada  $F_{MOT}$  mora najprije doseći silu otpora  $F_{OTP}$  nastojat će *pogonska tarenica* 1 da se nekako popne na gonjenu tarenicu, koja još stoji. To će dovesti do nagibanja okretnog postolja u smjeru strelice, oko okretišta  $O_3$  (sl. 413). Ovom gibanju doprinosi i *moment statora elektromotora* suprotan u početku gibanja *momentu rotora*. U početku stoji na raspolaganju sila trenja  $F_{RO} = F_{NO} \cdot \mu$ . Spomenutim nagibanjem postolja povećava se sila pritiska tarenica, odnosno sila trenja  $F_R = \mu (F_N + F_{NO})$ , dok ne dosegne  $F_{MOT} = F_{OTP} \leq F_R$  (sl. 414b).



Slika S-02.xx Varijator automobila

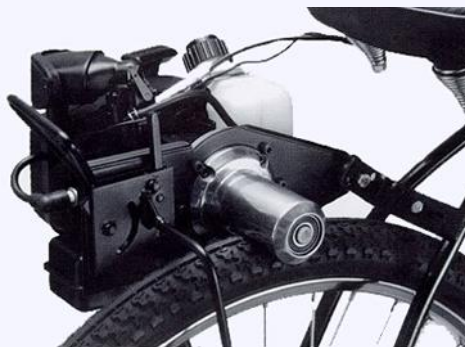


Slika S-02.xx Varijator poljoprivrednog stroja

## Tarenički prijenosnik



Slika S-02.xx Teleskop



Slika S-02.xx Bicikl



Slika S-02.xx Ko-lica



Slika S-02.xx Kotač – Ferrari



Slika S-02.xx Kotač – Lamborghini



Slika S-02.xx Kotač automobila s pneumaticima

## 2.3 Remeni prijenosnici

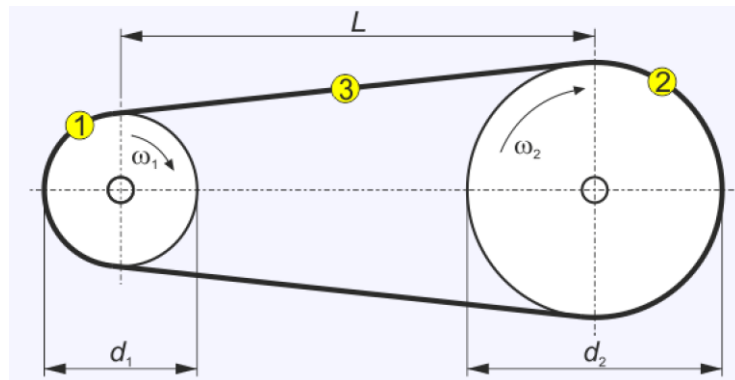
### 2.3.1 Osnove remenih prijenosnika

Riemengetriebe sind Zugmittelgetriebe, bei denen das biegeeweiche elastische Zugmittel „Riemen“ rein reibschlüssig (bei z. B. Flach-, Keil- und Keilrippenriemen) oder mit zusätzlichem Formschluss (bei z. B. Synchronriemen<sup>1)</sup>) die Umfangskraft als Zugkraft von der Antriebs- zur Abtriebswelle überträgt (*Funktion*); die Lage der Wellen kann parallel oder unter beliebigem Winkel im größeren Abstand zueinander sein. Außer zur Leistungsübertragung werden vorwiegend die Flachriemen auch als Transportgurte zum Weiterleiten von Schütt- und Stückgütern eingesetzt.

[Wittel (2011), str. 583-612]

### Struktura

Kod remenih prijenosnika se za posredni prijenos energije (*okretnog momenta, snage*) s pogonskog na gonjeni stroj koristi trenje. Najjednostavniji remeni prijenosnik (S-02.xx) sastoji se od dvije cilindrične remenice (1 i 2) i plosnatog remena (3). kružno gibanje pogonskog remena prenosi se posredno, preko remena, na kružno gibanje gonjenog remena.



S-02.xx Remeni prijenosnik

Prijenosni je omjer:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

Ovisno o uzajamnom položaju razlikuju se.

### REMENI PRIJENOSNICI

zatvoreni

križani

polukrižani

Remeni prijenosnici		
S-02.xx Zatvoreni	S-02.xx Križani	S-02.xx Polukrižani

Smjerovi su vrtnje remenih prijenosnika:

- zatvoreni – vratila su paralelna, a obje se remenice vrte u istim smjerovima,
- križani – vratila su paralelna, a remenice se vrte u suprotnim smjerovima (*koriste se za obodne brzine do 15 m/s*),

## 30 Elementi strojeva 2

- polukrižani – vratila su pod kutom od  $90^\circ$  ili nekim drugim kutom (*razmak vratila mora biti  $L_{min} > D_2$* ).

### Vrste i materijali remena

Prema poprečnom presjeku remena razlikuju se:

#### REMENI PRIJENOSNICI

s plosnatim remenom

s klinastim remenom

Značaj remenih prijenosnika se smanjuje s razvojem masovne proizvodnje elektromotora i smanjenjem cijene automatske regulacije broja okreta motora.

### Materijali

Remeni prijenosnici s plosnatim remenom

\$\$\$

Remeni prijenosnici s klinastim remenom

\$\$\$

Remeni – materijali i spajanje

\$\$\$

Usvajanje remenih prijenosnika

\$\$\$

Primjena remenih prijenosnika

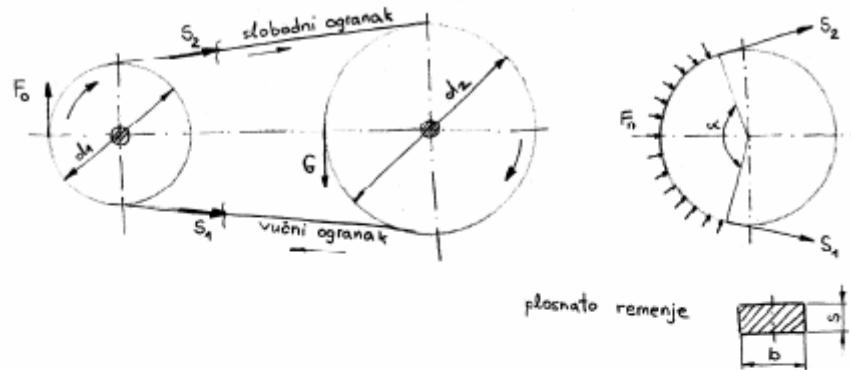
\$\$\$

Primjeri remenih prijenosnika

*2.3.2 Oblikovanje remenih prijenosnika*

*2.3.3 Proračun remenih prijenosnika*

Princip rada remenskog prijenosa i sile



Remenski prijenos radi na principu trenja. Remenica (1) je pogonska i opterećena je silama  $S_1$  i  $S_2$  ( $S_1 > S_2$ ). Rezultantu ovih sila prihvaćaju ležajevi, a remen na remenicu djeluje tlačnim silama  $F_n$ , pa se javlja i sila trenja  $\mu F_n$ . Rezultanta svih sila trenja je  $\sum \mu F_n = F_{tr} = F_0$ .

Ravnoteža prijenosa

$$F_0 \frac{d_1}{2} - G \frac{d_2}{2} = 0$$

Prijenosni omjer

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2 + \frac{s}{2}}{d_1 + \frac{s}{2}} \approx \frac{d_2}{d_1}$$

Ravnoteža pogonske remenice

$$F_0 \frac{d_1}{2} + S_2 \frac{d_1}{2} - S_1 \frac{d_1}{2} = 0 \Rightarrow F_0 = S_1 - S_2$$

Odnos sila u remenu u vučnom i slobodnom ogranaku poznat je kao Eytelweinova jednadžba:

$$S_1 = S_2 e^{\mu \alpha}$$



gdje je:

$e$  – baza prirodnog logaritma

$\mu$  – faktor trenja

$\alpha$  – obuhvatni kut (u lučnoj mjeri)

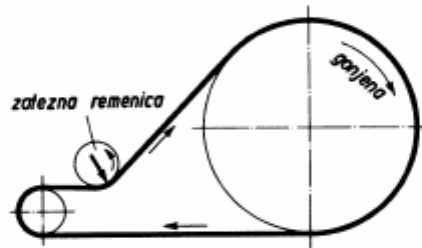
Uvrštavanjem u prethodne izraze:

$$F_0 = S_2 e^{\mu\alpha} - S_1 = S_2 (e^{\mu\alpha} - 1) \Rightarrow$$

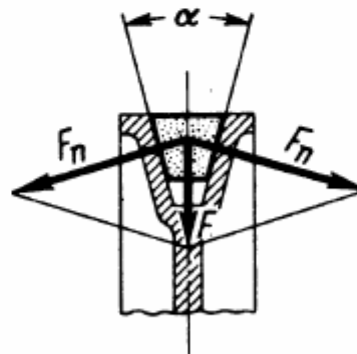
$$\Rightarrow S_2 = \frac{F_0}{e^{\mu\alpha} - 1}, \quad S_1 = F_0 \frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha} - 1}$$

Osim opterećenja zbog prikazanih sila, remen je opterećen i naprezanjem zbog djelovanja centrifugalnih sila i naprezanjem zbog savijanja.

U slučaju kada je manji osni razmak, a veći prijenosni omjer, tada remenski prijenos zbog premalog obuhvata remenica ne bi zadovoljio, npotrebljava se remenski prijenos pomoću zatezne remenice. Zatezna remenica se uvijek postavlja na slobodni ogranak remena, te vlastitom težinom ili oprugama zateže remen pa na taj način povećava obuhvatni kut kod obje remenice.



Klinasti remen



Prednosti:

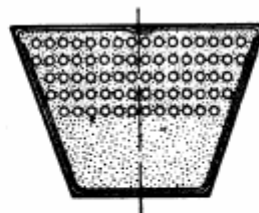
Zbog svog oblika, klinasto remenje pri istoj radijalnoj sili (koja opterećuje ležajeve) ima gotovo tri puta veću sposobnost prijenosa momenta.

Manjih je dimenzija

Može raditi s manjim obuhvatnim kutom

Može se postaviti više remena na istu remenicu.

Materijal od kojeg se izrađuju remeni je guma protkana tekstilnim vlaknima.



Izrađuje se kao beskonačno remenje u standardnim veličinama, pa je potrebno voditi računa o standardnom osnom razmaku i veličini remenica.

Zbog navedenih karakteristika, klinasto remenje prevladava u strojogradnji.



## 2.3.4 Primjena remenih prijenosnika

### Primjeri remenih prijenosnika

U usporedbi s drugim prijenosnicima, prednosti su i nedostaci remenih prijenosnika:

Prednosti	Nedostaci
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prijenos gibanja pri većim razmacima vratila.</li> <li>• Jednostavna izrada i niska cijena.</li> <li>• Miran i tih rad.</li> <li>• Spontana zaštita od preopterećenja (<i>proklizavanje</i>).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uske granice promjena prijenosnog omjera (<i>i</i>).</li> <li>• Velika opterećenja vratila i ležajeva.</li> <li>• Centriranje ravnog remena.</li> <li>• Proklizavanje.</li> <li>• Plastična deformacija remena tijekom vremena.</li> </ul>

*Vorteile gegenüber Zahnrad- und Kettengerieben:* elastische Kraftübertragung; geräuscharmer, stoß- und schwingungsdämpfender Lauf; einfacher, preiswerter Aufbau; Überbrückung größerer Wellenabstände (Wellenmittenabstände); keine Schmierung erforderlich; kein bzw. geringer Wartungsaufwand; größere Übersetzungen in einer Stufe realisierbar; geringes Leistungsgewicht; hohe Umfangsgeschwindigkeiten.

*Nachteile gegenüber Zahnrad- und Kettengerieben:* der durch die Dehnung des Riemens bedingte Schlupf bei Flachriemen, Keil- und Keilrippenriemen lässt keine konstante Übersetzung zu; größere Wellenbelastung; größerer Platzbedarf gegenüber leistungsmäßig vergleichbaren Zahnradgetrieben und Kettentrieben; begrenzter Temperaturbereich; Umwelteinflüsse (Staub, Öl, Feuchtigkeit u. a.) haben Einfluss auf das Reibungsverhalten; durch Reibung mögliche elektrostatische Aufladung (u. U. elektrisch leitende Ausführung vorschreiben).

[Wittel (2011), str. 583]

## 2.4 Lančani prijenosnici

### 2.4.1 Osnove lančanih prijenosnika

Kettengeriebe werden wegen ihrer Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit vielseitig für Leistungsübertragungen verwendet, z. B. bei Fahrzeugen, im Motorenbau, bei Landmaschinen, Werkzeug- und Textilmaschinen, bei Holzbearbeitungsmaschinen, Druckereimaschinen und im Transportwesen.

Kettengeriebe nehmen hinsichtlich ihrer Eigenschaften, des Bauaufwandes, der übertragbaren Leistung und der Anforderung an Wartung eine Mittelstellung zwischen den Riemen- und Zahnradgetrieben ein. Kettengeriebe gehören wie Riemengetriebe zu den *Zugmittelgetrieben* und werden wie diese bei größeren Wellenabständen an parallelen, möglichst waagerechten Wellen verwendet. Von einem treibenden Rad können auch mehrere Räder mit gleichen oder entgegengesetztem Drehsinn über eine Kette angetrieben werden.

[Wittel (2011), str. 613-631]

Kod lančanih prijenosnika snaga se prijenosi zahvatima (*kod remenih prijenosnika trenjem*) prikladno oblikovanih:

1. parova lančanika – pogonski/gonjeni,
2. lanca – koji spajaju parove lančanika.



Prijenosni omjer:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

### 2.4.2 Oblikovanje lančanih prijenosnika

### 2.4.3 Proračun lančanih prijenosnika

U usporedbi s remenim prijenosnicima, prednosti su i nedostaci lančnih prijenosnika:

### 2.4.4 Primjena lančanih prijenosnika

**Vorteile** gegenüber Riemengetrieben: Formschlüssige und schlupffreie Leistungsübertragung und damit konstante Übersetzung. Geringere Lagerbelastungen, da Ketten ohne Vorspannung laufen. Sie sind unempfindlich gegen hohe Temperaturen, Feuchtigkeit und Schmutz. Es ergeben sich kleinere Bauabmessungen bei gleichen Leistungen.

**Nachteile:** Unelastische, starre Kraftübertragung, gekreuzte Wellen sind nicht möglich. Kettengetriebe sind teurer als leistungsmäßig vergleichbare Riemengetriebe. Schwingungen durch ungleichförmige Kettengeschwindigkeit infolge des Polygoneffektes (s. Abschnitt 17.1.5).

[Wittel (2011), str. 613]

Prednosti	Nedostaci
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prijenose značajno veće snage (<i>momente</i>).</li> <li>• Manje opterećuju vratila (<i>manje predzatezanje</i>).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veće su krutosti.</li> <li>• Teže održavanje (<i>podmazivanje, čišćenje</i>).</li> <li>• Značajno veći troškovi izrade.</li> </ul>

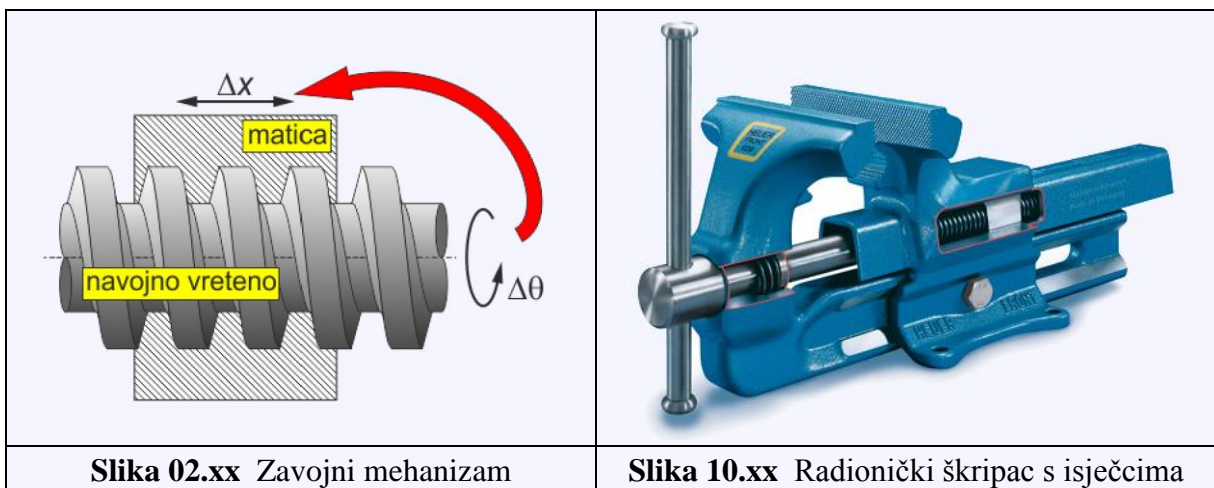
U usporedbi s remenim prijenosnicima, prednosti su i nedostaci lančnih prijenosnika:

## 2.5 Vijčani prijenosnici

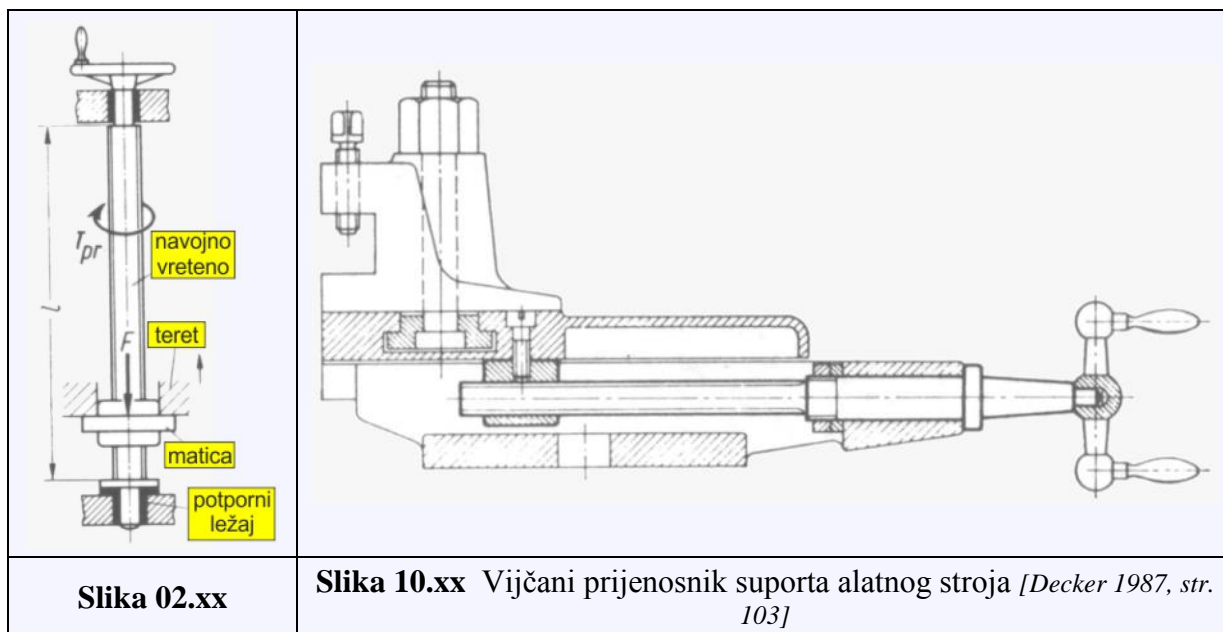
### 2.5.1 Osnove vijčanih prijenosnika

[Wittel (2011), str. 261-266]

Vijčani prijenosnici su oblikovni prijenosnici (*S-02.xx*) namijenjeni pretvaranju okretnog gibanja u pravocrtno. Ovisno o izvedbi, pravocrtno se može gibati matica ili navojno vreteno (*S-02.xx*).

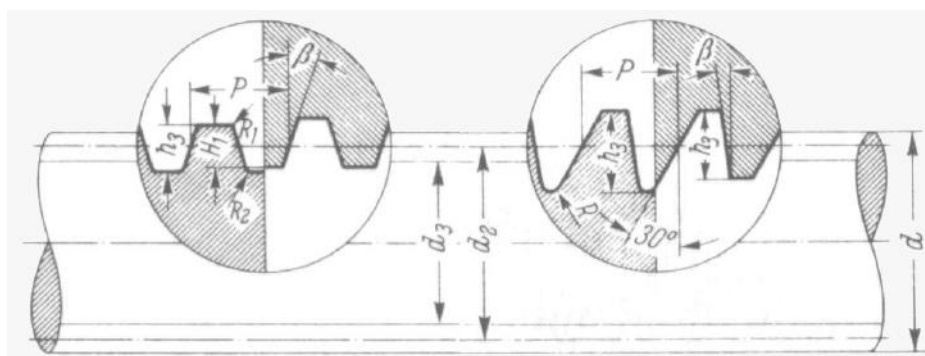


Vijčani se prijenosnici koriste za pomicanje dijelova zapornih organa te alatnih strojeva (*tokarilica, preša*) – **S-02.xx**.



Kod vijčanih prijenosnika su najčešće korišteni navoji:

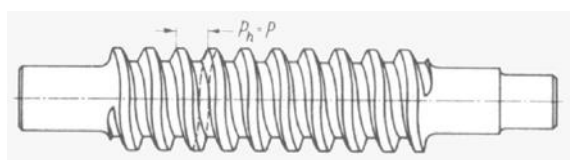
- (a) trapezni (HRN M.B0.060 do HRN M.B0.064; DIN 103) i
- (b) pilasti (HRN M.B0.070 do HRN M.B0.074; DIN 513), koji su prikladniji za prenos jednos-  
tranih tlačnih isla.



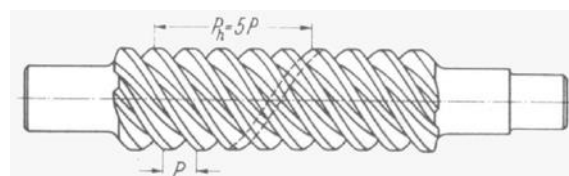
$P$  – korak,  $\beta$  – kut profila,  $h_3$  – dubina navoja,  $H_1$  – nosiva dubina navoja,  
 $R$  – polumjer zaobljenja,  $d$  – promjer navoja,  $d_3$  – promjer jezgre,  $d_2$  – promjer jezgre

**S-02.xx** Trapezni i pilasti navoj [Decker 1987, str. 103]

Brže uzdužno gibanje matice vretena može se postići viševojnim vretenima (S-02.xx).



**S-02.xx** Jednovojni trapezni navoj



**S-02.xx** Viševojni trapezni navoj

Uspjon je navojnog vretena:

$$P_h = P \cdot n \quad , \text{ mm}$$

**F-02-01**

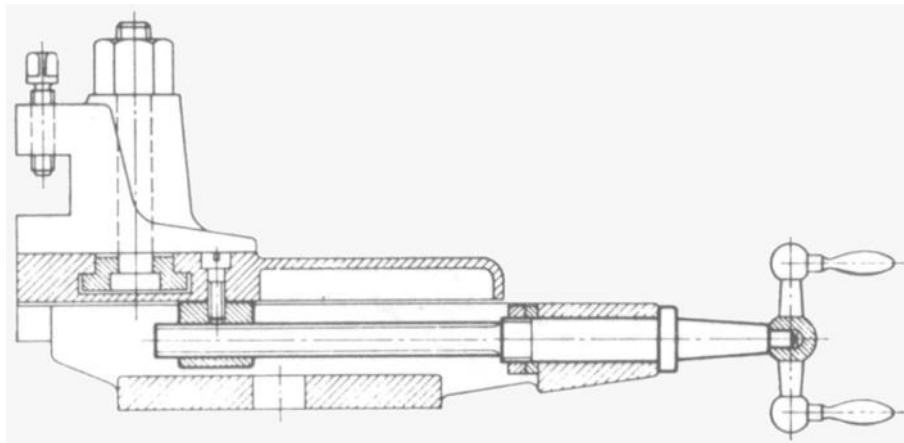


gdje je:  $P$  – korak navoja, mm,  
 $n$  – broj navoja, 1.

**2.5 Vijčani prijenosnici** – Budynas2011/414÷422, Childs2004/273÷276,287÷289, Decker1987/102÷107, Hall1968/152÷162, Jelaška2005/87÷92 Mott2003/710-726, Muhs2006F/91÷101, Muhs2007Z/54÷55,192÷194,279÷280, Pandžić2008/214÷219, Parmley2005/ch11.2, Shigley1996/625÷637, Steinhilper12008/369÷387, Wittel2009/278÷283,

- 2.5.1 Osnove vijčanih prijenosnika
- 2.5.2 Usvajanje vijčanih prijenosnika
- 2.5.3 Primjena vijčanih prijenosnika
- 2.5.4 Primjeri vijčanih prijenosnika

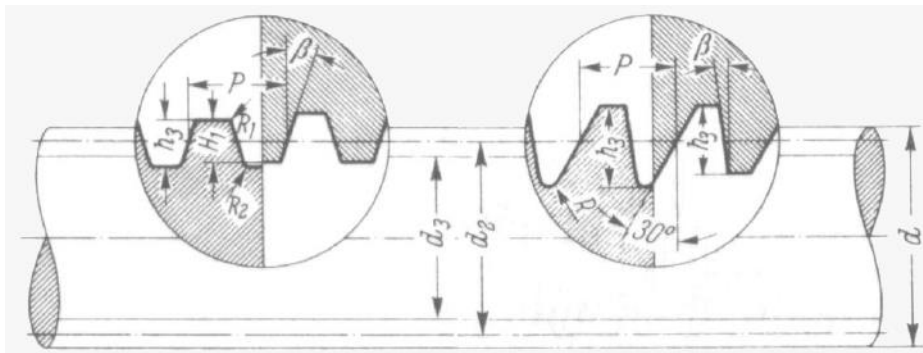
Vijčani prijenosnici su namijenjeni pretvaranju okretnog gibanja u pravocrtno. Koriste se kod alatnih strojeva (*tokarilica, preša*) te zapornih organa. Primjer je vijčanog prijenosnika prikazan na **S-02.01**.



**S-02.01** Vijčani prijenosnik suporta alatnog stroja [Decker 1987, str. 103]

Kod vijčanih prijenosnika su najčešće korišteni navoji:

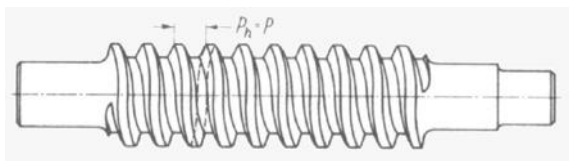
- (c) trapezni (HRN M.B0.060 do HRN M.B0.064; DIN 103) i
- (d) pilasti (HRN M.B0.070 do HRN M.B0.074; DIN 513), koji su prikladniji za prenos jednos-tranih tlačnih isla.



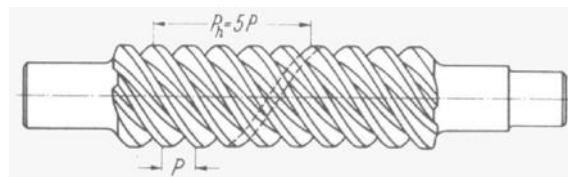
$P$  – korak,  $\beta$  – kut profila,  $h_3$  – dubina navoja,  $H_1$  – nosiva dubina navoja,  
 $R$  – polumjer zaobljenja,  $d$  – promjer navoja,  $d_3$  – promjer jezgre,  $d_2$  – promjer jezgre

**S-02.02** Trapezni i pilasti navoj [Decker 1987, str. 103]

Brže uzdužno gibanje matice vretena se može postići viševojnim vretenima (**S-02.01**).



**S-02.02** Jednovojni trapezni navoj



**S-02.02** Viševojni trapezni navoj

Uspo je navoja:

$$P_h = P \cdot n \quad , \text{ mm}$$

**F-02-01**

gdje je:  $P$  – korak navoja, mm,  
 $n$  – broj navoja, 1.

## 2.5.2 Oblikovanje vijčanih prijenosnika

Decker1987/104÷107,

## 2.5.3 Proračun vijčanih prijenosnika

## 2.5.4 Primjena vijčanih prijenosnika

**Samokočnost vijčanih prijenosnika**

\$\$\$

**Materijali vijčanih prijenosnika**

\$\$\$

**Usvajanje vijčanih prijenosnika**

\$\$\$

Decker1987/104÷107,

**Primjena vijčanih prijenosnika**

\$\$\$

**Primjeri vijčanih prijenosnika**

\$\$\$



# Dodatak

## Literatura

- 2.1 Osnove mehaničkih prijenosnika** – Bonnick2011 (vozila i održavanje – dobre skice, CB slike), Brown2005/449÷455(kotači i koloturinci), Carvill2003/78÷79, Grote2007/510÷511,525(zupčasti),562÷563,598÷617, Fleischer2009/77÷135 (sajla), Haberhauer2009/439÷454(pravocrtni),455÷525(kružni), Jelaska20057190÷192, Mott2004/710÷726, Pandžić2008/220÷226, Parmley2005/ch3, Podrug2008/75÷94, Shigley1996/1370÷1378 (zaključak), Steinhilper22008/253÷278(detajlno), Preračunavanje obodnu u kutnu brzinu kotača [Brown (2005), str. 450] Izračunavanje brzine dizanja tereta koloturincima [Brown (2005), str. 450] Elčić 409, Decker 437
- 2.2 Tarni prijenosnici**  
 Avallone2006/706÷712(užad), Decker1987/419÷441(detajlno), DIN2008/483 (sajle), Elčić1973/553÷568(skice), Grote2007/518÷525(skice, tabele), Haberhauer2009/584-593, Hering2004/466÷471, Haberhauer2011/578÷587, Lingaiah2004/1019÷1027, Oberg2008/2194÷2195, Pandžić2008/160÷164, Podrug2008/91, Steinhilper22008/642÷666, Vöth2007/167÷174,174÷182, VitasIII1978/5÷12.
- 2.3 Remeni prijenosnici** – Avallone2006/684÷693, Carvill2003/76÷77, Childs2004/169÷181,188÷191, Decker1987/264÷298, DIN2008/433÷441, Elčić1973/525÷553, Fleischer2009/136÷150, Grote2007/510÷517, Haberhauer2009/600÷625, Haberhauer2011/594÷619, Hall1968/297÷307, Künne22008/337÷349, Lingaiah2004/662÷710,1008÷1018, Mott2003/280÷299/312÷315, Muhs2006F/213÷223, Muhs2007Z/123÷129,224÷226,310÷312, Oberg2004/2388÷2440, Pandžić2008/192÷208, Parmley2005/ch9, Perneder2009, Podrug2008/92÷94, Shigley1996/1025÷1064, Shigley2004/417÷456, Singh2007/216÷241, Spotts1961/115÷125, Steinhilper22008/576÷641, Timings2005/373÷415, VitasIII1978/96÷110, Vöth2007/97÷111,164÷167,183÷190, Wittel2009/600÷630, Wittel2011/583÷612,
- 2.4 Lančani prijenosnici** – Avallone2006/693÷699, Childs2004/181÷191, Decker1987/298÷322, Grote2007/517÷518, Haberhauer2009/593÷600, Haberhauer2011/587÷594, Künne22008/350÷367, Lingaiah2004/736÷762, Mott2003/299÷315, Muhs2006F/223÷229, Muhs2007Z/130÷133,227÷228,313÷314, Oberg2004/2441÷2464, Pandžić2008/209÷213, Parmley2005/ch8, Podrug2008/94, Shigley1996/1065÷1096, Shigley2004/457÷488, Spotts1961/244÷245, Steinhilper22008/622÷641, Timings2005/419÷466; VitasIII1978/111÷116, Vöth2007/102÷113, Wittel2009/630÷648, Wittel2011/613÷631,
- 2.5 Vijčani prijenosnici** – Childs2004/273÷276,287÷289, Decker1987/102÷107, Hall1968/152÷162, Jelaska2005/87÷92, Mott2003/710-726, Muhs2006F/91÷101, Muhs2007Z/54÷55,192÷194,279÷280, Pandžić2008/214÷219, Parmley2005/ch11.2, Shigley1996/625÷637, Steinhilper12008/369÷387, Wittel2009/278÷283,
- Dodaci** Decker/514,
- Literatura** Brown2005/427, Jelaska2005/190÷192, Budynas2011/879÷931, Childs2004/45÷53, Czichos2008/K62÷K67, Dresig2006, Elčić1973/721÷1544, Elliot2007, Fleisher2009, Garrett2001, Glegg1972, Grote2009/351÷355, Hering2004/446÷482, Klebanov2008/41, Kraut1988/287÷290(sažeto), Kreith2005/1102÷1374, Kutz2005, Mott2004/277÷315,646÷673,710÷726, Reif2010, Smith2000/684÷735, strojevi: , Bonnick2011, Kreith2005/1375÷1575, dinamika: – Steinhilper22008/255÷259, Grote2007/897÷933, Grote2007/934÷1023(klipni), Grote2009/899÷965(klipni)986÷1029(turbostrojevi),1167÷1284, transport: Böge2011/K, Grote2007/1024÷1140,1446÷1558, Grote2009/1030÷1166, Hofmann2010, ilarni: Böge2011/O, Böge2007/1203÷1206,1134÷1190,1208÷1216,1191÷1202,1244÷1254,1235÷1243,1217÷1234; Fritz2008, Grote2007/1340÷1445; pogonski i radni strojevi: Böge2011/L, Böge2007/892÷1037, Hering2004/483÷517, König2008; elektromotori: Mott2003/811÷845, Oberg2004/2465÷2480; ReifS2010, Shigley1996/1509÷1547(roboti), Tremayne 2004, Trzescniowski2010, vanBasshuysen2010, izvori energije: Avallone2006/814÷977, Grote2009/1435÷1489,
- Smith-Maintenance-Thumb str. 123 – 127 – lančani i remeni prijenosnici  
 Smith-Industri repair – lančani i remeni prijenosnici  
 Gerr  
 Walsh

## Internet

## Podloge

### *Glosar*

### *Rječnik*

hrvatski	engleski	njemački
mehanički prijenosnik	mechanical drive	mechanische Getriebe
tarni prijenosnik	friction wheel drive	Reibradgetriebe
remeni prijenosnik	belt drive	Riementriebe
lančani prijenosnik	chain transmission	Kettengertriebe
vijčani prijenosnik	power screw	Bewegungsschrauben

### *Oznake*

### *Formule*

### *Norme*

### *Podaci*

### ***Tarenički prijenosnici***

**Tablica 02.xx** Materijali i svojstva materijala koji se koriste za izradu tareničkih prijenosnika

Tabelle 2. Eigenschaften einiger Werkstoffpaarungen

Paarung	Schmierung	$p_{H\ zul}$ , $k_{zul}^*$ , $k_{zul}$ N/mm <sup>2</sup>	Nutzreibwert $\mu_N$	Zugehöriger Schlupf $s_w$ in %
Gehärteter Stahl – gehärteter Stahl für Bohr-Wälzverhältnis		Punktberührung		
$\omega_b/\omega_w = 0$ = 1 = 10	naphten-basisches Reibradöl	$p_{H\ zul} = 2500 \dots 3000$ $p_{H\ zul} = 2000 \dots 2500$ $p_{H\ zul} = 300 \dots 800$	0,03 ... 0,05 0,025 ... 0,045 0,015 ... 0,03	0,5 ... 2 1 ... 2 4 ... 7
$\omega_b/\omega_w = 0$ = 1 = 10	synth. Reibrad-Schmierstoff	$p_{H\ zul} = 2500 \dots 3000$ $p_{H\ zul} = 2000 \dots 2500$ $p_{H\ zul} = 300 \dots 800$	0,05 ... 0,08 0,04 ... 0,07 0,02 ... 0,04	0 ... 1 1 ... 3 3 ... 5
		Linienberührung		
Grauguß-Stahl GG 26-St 70	paraffin-basisches Reibradöl	$p_{H\ zul} = 450$	0,02 ... 0,04	1 ... 3
		Linienberührung		
Grauguß-Stahl GG 21-St 70 GG 18-St 50 (Kranräder, DIN 15070)	trocken	$p_{H\ zul} = 320 \dots 390$	0,1 ... 0,15	0,5 ... 1,5
		Linienberührung		
Gummireibräder				
Nach DIN 8220 Belag aufvulkanisiert gegen St [18]	trocken	$v < 1$ m/s: $k_{zul}^* = 0,48$ $v = 1 \dots 30$ m/s: $k_{zul}^* = 0,48/v^{0,75}$	0,6 ... 0,8	6 ... 8
Belag aufgepreßt		$v < 0,6$ m/s: $k_{zul}^* = 0,48$ $v = 0,6 \dots 30$ m/s: $k_{zul}^* = 0,33/v^{0,75}$	0,6 ... 0,8	6 ... 8
		Linienberührung		
Organischer Reibwerkstoff	trocken	$k_{zul} = 0,8 \dots 1,4$	0,3 ... 0,6	2 ... 5

## Razno

### *Teme*

1. **Mehanički prijenosnici**
  1. Pogonski i radni strojevi – definicije i vrste
  2. Pravocrtno, kružno i translatorno gibanje
  3. Prijenosnici – definicija, vrste i primjeri
  4. Primjeri blok shema sustava pogonski stroj – prijenosnik – radni stroj
  5. Veličine prijenosa
  6. Koloturnici i vitlo
  7. Tarni prijenosnici – definicija i vrste
  8. Tarni prijenosnici s konstantnim prijenosnim omjerom
  9. Tarni prijenosnici s kontinuiranom promjenom prijenosnog omjera
  10. Materijali za izradu tarenica
  11. Usvajanje tarnih prijenosnika
  12. Primjena tarnih prijenosnika
  13. Primjeri tarnih prijenosnika
  14. Remeni prijenosnici – definicija i vrste
  15. Remeni prijenosnici s plosnatim remenom
  16. Remeni prijenosnici s klinastim remenom
  17. Remeni – materijali i spajanje
  18. Usvajanje remenih prijenosnika
  19. Primjena remenih prijenosnika
  20. Primjeri remenih prijenosnika
  21. Lančani prijenosnici – definicija i vrste
  22. Lanci – vrste i primjene
  23. Lanci – materijali i spajanje
  24. Usvajanje lančanih prijenosnika
  25. Primjena lančanih prijenosnika
  26. Primjeri lančanih prijenosnika
  27. Vijčani prijenosnici – definicija i vrste
  28. Samokočnost vijčanih prijenosnika
  29. Materijali vijčanih prijenosnika
  30. Usvajanje vijčanih prijenosnika
  31. Primjena vijčanih prijenosnika
  32. Primjeri vijčanih prijenosnika

### *Izvodi*

## Provjera znanja

*Pitanja*

*Zadaci*

## Literatura

1. Albertos P., Mareels I.: *Feedback and Control for Everyone*; Springer, 2010.
2. Alfircic I., Sikic Z., Budin I.: *Inzinjerski prirucnik IP 1 – temelji inzinjerskih znanja*; Skolska knjiga, 1996.
3. Ashby M., Shercliff H., Cebon D.: *Materials – Engineering, Science, Processing and Design*; Butterworth-Heinemann, 2007.
4. Astrom K. J., Murray R. M.: *Feedback Systems - An Introduction for Scientists and Engineers*; Princeton University 2008.
5. Avallone E. A., Baumeister T. Sadegh A.: *Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineers 11th Edition*; McGraw-Hill Professional 2006.
6. Bachman V.: *Sizing Up Measurement – Activities for Grades K-2 Classrooms*; Math Solutions, 2007.
7. Baker R. C.: *Flow Measurement Handbook – Industrial Designs, Operating Principles, Performance, and Applications*; Cambridge University, 2000.
8. Battikha N. E.: *The Condensed Handbook of Measurement and Control, 3rd Edition*; ISA 2007.
9. Bau H. H., deRooij N. F., Kloeck B.: *Sensors – A Comprehensive Survey – Volume 7 Mechanical Sensors*; VCH, 2004.
10. Beeby S., Ensell G., Kraft M., White N.: *MEMS Mechanical Sensors*; Artech House 2004.
11. Berger H.: *Automatisieren Mit SIMATIC – Controller, Software, Programmierung, Datenkommunikation, Bedienen Und Beobachten, 4. Auflage*; Publics 2010.
12. Berger J.: *Klausurentrainer Technische Mechanik, 2. Auflage*; Vieweg+Teubner, 2005.
13. Bishop R. H.: *Mechatronic Systems, Sensors, and Actuators - Fundamentals and Modeling, 2nd Edition*; CRC, 2008.
14. Böge A., Schlemmer W.: *Aufgabensammlung Technische Mechanik, 20. Auflage*; Vieweg+Teubner, 2011.
15. Böge A., Schlemmer W.: *Lösungen zur Aufgabensammlung Technische Mechanik, 14. Auflage*; Vieweg+Teubner, 2011.
16. Böge A.: *Formeln und Tabellen zur Technischen Mechanik, 22. Auflage*; Vieweg+Teubner, 2011.
17. Böge A.: *Handbuch Maschinenbau – Grundlagen und Anwendungen der Maschinenbau-Technik, 20. Auflage*; Vieweg+Teubner, 2011.
18. Böge A.: *Technische Mechanik: Statik – Dynamik – Fluidmechanik – Festigkeitslehre, 29. Auflage*; Vieweg+Teubner, 2011.
19. Boyes W.: *Instrumentation Reference Book, 3rd Edition*; Butterworth-Heinemann, 2003.
20. Brandt S., Dahmen H. D.: *Mechanik - Eine Einführung in Experiment und Theorie, 4. Auflage*; Springer 2005.
21. Brown H. T.: *Five Hundred and Seven Mechanical Movements - Embracing All Those Which Are Most Important*; Brown, Coombs & Co., 1871.
22. Brown T. H. Jr.: *Mark's Calculations For Machine Design*; McGraw-Hill, 2005.
23. Budynas R. G., Nisbett J. K.: *Shigley's Mechanical Engineering Design, 9th Edition*; McGraw-Hill, 2011.
24. Carvill J.: *Mechanical Engineer's Data Handbook*; Butterworth-Heinemann, 2003.
25. Chandsekaran V. C.: *Rubber Seals for Fluid and Hydraulic Systems*; Elsevier , 2010.
26. Chang K.-H.: *Motion Simulation and Mechanism Design with COSMOSMotion 2007*; Schroff Development Corporation, 2008.
27. Childs P.: *Mechanical Design, 2nd Edition*; Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004.
28. Childs R. N.: *Practical Temperature Measurement*; Butterworth-Heinemann, 2001.
29. Czichos H., Habig K.-H.: *Tribologie - Handbuch Tribometrie, Tribomaterialien, Tribotechnik, 3. Auflage - Studium*; Vieweg+Teubner, 2010.
30. Czichos H., Hennecke M.: *Hütte – Das Ingenieurwissen 33. Auflage*; Springer, 2008.
31. Czichos H., Saito T., Smith L.: *Springer Handbook of Materials Measurement Methods*; Springer, 2006.
32. Czichos H.: *Tribology - A Systems Approach to the Science and Technology of Friction Lubrication and Wear*; Elsevier, 1978.
33. Dankert J., Dankert H.: *Statik, Festigkeitslehre, Kinematik / Kinetik, 6. Auflage*; Vieweg+Teubner, 2011.



34. Dapkunas S. J.: Surface Engineering Measurement Standards for Inorganic Materials; NIST, 2005.
35. Davis C. S.: Statistical Methods for the Analysis of Repeated Measurements; Springer, 2002.
36. Decker K.-H.: Elementi strojeva, 2. izdanje; Tehnička knjiga, 1987.
37. Decker K.-H.: Elementi strojeva, 3. izdanje; Golden marketing - Tehnička knjiga, 2006.
38. Demtröder W.: Experimentalphysik 1 - Mechanik und Wärme, 4. Auflage; Springer, 2006.
39. Demtröder W.: Experimentalphysik 1 - Mechanik und Wärme, 5. Auflage; Springer, 2008.
40. DIN – Deutsches Institut für Normung: Klein Einführung in die DIN-Normen, 14. Auflage; B.G.Teubner – Beuth, 2008.
41. DiStefano J. J., Stubberud A. R., Williams I. J.: Schaum's Outline of Feedback and Control Systems, 2nd Edition; McGraw-Hill 1994.
42. Dixon J.: The Shock Absorber Handbook, 2nd Edition; Wiley & Sons - Professional Engineering, 2007.
43. Dorf C.: The Engineering Handbook, 2nd Edition; CRC, 2004.
44. Dorf R. C., Bishop R. H.: Modern Control Systems, 12th Edition; Prentice Hall 2010.
45. Dresig H., Holzweißig F.: Maschinendynamik, 7. Auflage; Springer, 2006.
46. Dudas I.: The Theory and Practice of Worm Gear Drives; Penton 2004.
47. Dunn W. C.: Introduction to Instrumentation, Sensors, And Process Control; Artech House, 2005.
48. Elčić Z., Grubješić N., Kostelić A., Mađarević B., Oberšmit E., Račić V., Sentič B., Skalicky B., Vojta D.: Praktičar 3 – Strojstvo 2; Školska knjiga, 1973.
49. Erdmann M.: Experimentalphysik 1 - Kraft, Energie, Bewegung - Physik Denken; Springer 2011.
50. Erdmann M.: Experimentalphysik 2 - Kollision, Gravitation, Bezugssysteme - Physik Denken; AIP - Springer 2011.
51. Erdmann M.: Experimentalphysik 3 - Schwingungen, Wellen, Körperdrehung - Physik Denken; AIP - Springer 2011.
52. Eren E.: Wireless Sensors and Instruments Networks, Design, and Applications; CRC 2006.
53. Eyres D. J.: Ship Construction, 5th Edition; Butterworth-Heinemann, 2000.
54. Fitney R.: Seals and Sealing Handbook, 5<sup>th</sup> Edition; Elsevier Butterworth-Heinemann, 2007.
55. Fleischer B., Theumert H.: Entwickeln Konstruieren Berechnen – Komplexe praxisnahe Beispiele mit Lösungsvarianten, 2. Auflage; Vieweg + Teubner, 2009.
56. Fraden J.: Handbook of Modern Sensors - Physics, Designs, and Applications 3rd Edition; Springer, 2004.
57. Fraden J.: Handbook of Modern Sensors - Physics, Designs, and Applications 4th Edition; Springer, 2010.
58. Frank R.: Understanding Smart Sensors, 2nd Edition; Artech House 2000.
59. Fritz A. H., Schulze G.: Fertigungstechnik; 8. Auflage; Springer, 2008.
60. Gao W.: Precision Nanometrology - Sensors and Measuring Systems for Nanomanufacturing; Springer, 2010.
61. Garrett T. K., Newton K., Steeds W.: Motor Vehicle, 13th Edition; Butterworth-Heinemann, 2001.
62. Gaura E., Newman R.: Smart Mems And Sensor Systems; ICP 2006.
63. Glegg G. L.: The Selection of Design; Cambridge University, 1972.
64. Godin B.: Measurement and Statistics on Science and Technology - 1920 to the Present; Routledge, 2005.
65. Golnaraghi F., Kuo B. C.: Automatic Control Systems, 9th Edition - Solutions Manual; 2009.
66. Golnaraghi F., Kuo B. C.: Automatic Control Systems, 9th Edition; John Wiley & Sons, 2010.
67. Grote K.-H., Antonsson E. K.: Springer Handbook of Mechanical Engineering; Springer, 2009.
68. Grote K.-H., Feldhusen J.: Dubbel - Taschenbuch für den Maschinenbau, 22. Auflage; Springer, 2007.
69. Haberhauer H., Bodenstern F.: Maschinenelemente – Gestaltung Berechnung Anwendung, 16. Auflage; Springer, 2011.
70. Hall A. S. Holowenko A. R., Laughlin H. G.: Schaum's Outline of Theory and Problems of Machine Design; McGraw-Hill, 1968.
71. Hebra A. J.: The Physics of Metrology - All about Instruments - From Trundle Wheels to Atomic Clocks; Springer 2010.
72. Hering E., Schröder B.: Springer Ingenieurtabellen; Springer, 2004.

73. Hesse S., Schnell G.: Sensoren für die Prozess- und Fabrikautomation - Funktion - Ausführung - Anwendung - Praxis, 4. Auflage; Vieweg+Teubner, 2009.
74. Higuchi T., Suzunori K., Tadokoro S.: Next-Generation Actuators Leading Breakthroughs; Springer, 2010.
75. Hofmann P.: Hybridfahrzeuge - Ein alternatives Antriebskonzept für die Zukunft; Springer, 2010.
76. Jackson R. G.: Novel Sensors and Sensing; IOP, 2004.
77. James K.: PC Interfacing and Data Acquisition - Techniques for Measurement Instrumentation and Control; Newnes, 2000.
78. Jelaska D.: Elementi strojeva – skripta za studente Industrijskog inženjerstva; Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Splitu, 2005.
79. Kiencke U., Nielsen L.: Automotive Control Systems - For Engine, Driveline, and Vehicle, 2nd Edition; Springer, 2005.
80. Kilian C. T.: Modern Control Technology - Components and Systems, 2nd Edition; Delmar Thomson Learning, 2000.
81. Kirchner E.: Leistungsübertragung in Fahrzeuggetrieben Grundlagen der Auslegung, Entwicklung und Validierung von Fahrzeuggetrieben und deren Komponenten; Springer, 2007.
82. Klebanov B. M., Barlam D. M., Nystrom F. E.: Machine Elements – Life and Design; CRC Taylor & Francis Group, 2008.
83. Kolumbić Z., Kozak D.: Fizika – podloge za studij strojarstva; Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, 2010. <http://www.sfsb.hr/~zkolum/Fizika/>
84. Kolumbić Z., Dunder M.: Materijali v2; Odsijek za politehniku Filozofskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci, 2011. <http://www.ffri.uniri.hr/~zvonimir/Materijali>
85. König H.: Maschinen im Baubetrieb – Grundlagen und Anwendung 2. Auflage; Vieweg+Teubner, 2008.
86. Kraut B.: Strojarski priručnik, 9. izdanje; Tehnička knjiga, 1988.
87. Kreith F., Goswami D. Y.: The CRC Handbook of Mechanical Engineering, 2<sup>nd</sup> Edition; CRC 2005.
88. Künne B.: Köhler Rögnitz Maschinenteile Vol 1, 10. Auflage; Vieweg + Teubner, 2008.
89. Künne B.: Köhler Rögnitz Maschinenteile Vol 2, 10. Auflage; Vieweg + Teubner, 2008.
90. Kutz M.: Mechanical Engineers' Handbook – Four Volume Set, 3rd Edition – Volume 1: Materials and Mechanical Design; Wiley, 2005.
91. Kutz M.: Mechanical Engineers' Handbook – Four Volume Set, 3rd Edition – Volume 2: Instrumentation, Systems, Controls, and MEMS; Wiley, 2005.
92. Kutz M.: Mechanical Engineers' Handbook – Four Volume Set, 3rd Edition – Volume 3: Manufacturing and Management; Wiley, 2005.
93. Kutz M.: Mechanical Engineers' Handbook – Four Volume Set, 3rd Edition – Volume 4: Energy and Power; Wiley, 2005.
94. LearningExpress: 501 Measurement and Conversion Questions; LearningExpress, 2004.
95. Leckie F. A., Dal Bello D. J.: Strength and Stiffness of Engineering Systems; Springer, 2009.
96. Lerch R.: Elektrische Messtechnik - Analoge, digitale und computergestützte Verfahren, 3. Auflage; Springer 2006.
97. Levine W. S.: The Control Handbook - Control System Fundamentals, 2nd Edition; CRC 2011.
98. Lingaiah K.: Machine Design Databook, 2<sup>nd</sup> Edition; McGraw-Hill, 2002.
99. Liptak B. G.: Instrument Engineers' Handbook - Volume 1 Process Measurement and Analysis, 4th Edition; CRC, 2003.
100. Lotter B., Wiendahl H.-P.: Montage in der industriellen Produktion – Ein Handbuch für die Praxis; Springer, 2006.
101. Lunze J.: Regelungstechnik 1 - Systemtheoretische Grundlagen Analyse und Entwurf einschleifiger Regelungen, 8. Auflage; Springer, 2010.
102. Lunze J.: Regelungstechnik 2 - Mehrgrössensysteme, Digitale Regelung, 6. Auflage; Springer, 2010.
103. Lurie B. J., Enright P. J.: Classical Feedback Control - With MATLAB; Marcel Dekker, 2000.
104. Mabie H. H., Reinholtz C. F.: Mechanisms and dynamics of machinery, 4th Edition; John Wiley & Sons, 1987.
105. Mancuso J. R.: Couplings and Joints – Design, Selection and Application; Marcel Dekker, 1999.

106. Mandal A. K.: Introduction to Control Engineering - Modeling, Analysis, and Design; New Age International, 2006.
107. Marek J., Trah H.-P., Suzuki Y., Yokomori W.: Sensors Applications - Volume 4 Sensors for Automotive Technology; Wiley-VCH 2003.
108. Marghitu D. B.: Mechanical Engineer's Handbook; Academic Press, 2001.
109. McCarthy M. J., Soh G. S.: Geometric Design of Linkages, 2nd Edition; Springer 2010.
110. McGraw Hill: McGraw Hill – Encyclopedia of Science & Technology - 19 Volume set, 10th Edition; McGraw-Hill Professional, 2007.
111. Meissner M., Schorcht H.-J.: Metallfedern - Grundlagen, Werkstoffe, Berechnung, Gestaltung und Rechnerersatz, 2. Auflage; Springer, 2007.
112. Mims F. M.: Engineer's Mini Notebook - Sensor Projects; Siliconconcept, 1996.
113. Morris A. S.: Measurement and Instrumentation Principles, 3rd Edition; Butterworth-Heinemann, 2001.
114. Mott R. L.: Machine Elements in Mechanical Design, 4<sup>th</sup> Edition; Prentice Hall, 2004.
115. Mühl T.: Einführung in die elektrische Messtechnik - Grundlagen, Messverfahren, Geräte, 2. Auflage; Teubner Verlag, 2001.
116. Muhs D., Wittel H., Jannasch D., Becker M., Voßiek J.: Roloff/Matek Maschinenelemente – Interaktive Formelsammlung auf CD-ROM, 8. Auflage; Vieweg, 2006.
117. Nawrocki W.: Measurement Systems And Sensors; Artech House, 2005.
118. Neale M.: The Tribology Handbook, 2nd Edition; Butterworth-Heinemann, 1999.
119. Niemann G., Winter H., Höhn B.-R.: Maschinenelemente – Band 1 – Konstruktion und Berechnung von Verbindungen, Lagern, Wellen, 4. Auflage; Springer, 2005.
120. Norton R. L.: Design of Machinery – An Introduction to the Synthesis and Analysis of Mechanisms and Machines, 2<sup>nd</sup> Edition; WCB/McGraw-Hill, 1999.
121. Norton R. L.: Machine Design – An Integrated Approach, 3<sup>rd</sup> Edition; Prentice Hall, 2006.
122. Nyce D. S.: Linear Position Sensors - Theory and Application; John Wiley & Sons, 2004.
123. Oberg E., Jones F. D., Horton H. L., Ryffel H. H.: Machinery's Handbook 28<sup>th</sup> Edition; Industrial Press, 2008.
124. Ogata K.: Modern Control Engineering, 4th Edition; Pearson Education International, 2002.
125. Orlowski P. F.: Praktische Regeltechnik - Anwendungsorientierte Einführung für Maschinenbauer und Elektrotechniker, 8. Auflage (VDI); Springer, 2009.
126. Orlowski P. F.: Praktische Regeltechnik - Anwendungsorientierte Einführung für Maschinenbauer und Elektrotechniker, 9. Auflage (VDI); Springer, 2011.
127. Pandžić J., Pasanović B.: Elementi strojeva – udžbenik s DVD-om za 2. razred tehničkih škola u području strojarstva i brodogradnje; Neodidacta, 2008.
128. Parmley R. O.: Machine Devices and Components Illustrated Sourcebook; McGraw-Hill, 2005.
129. Parthier R.: Messtechnik - Grundlagen und Anwendungen der elektrischen Messtechnik für alle technischen Fachrichtungen und Wirtschaftsingenieure, 4. Auflage; Vieweg & Sohn, 2008.
130. Pawlak A. M.: Sensors and Actuators in Mechatronics - Design and Applications; CRC, 2007.
131. Perneder R.: Handbuch Zahnriementchnik - Grundlagen, Berechnung, Anwendungen; Springer, 2009.
132. Petruzzellis T.: Electronics Sensors for the Evil Genius - 54 Electrifying Projects; McGraw-Hill 2006.
133. Placko D.: Fundamentals of Instrumentation and Measurement (Instrumentation and Measurement Series); ISTE, 2007.
134. Podrug S.: Elementi strojeva – predavanja za stručni i preddiplomski studij brodogradnje; Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Splitu, 2008.
135. Polak T. A., Pande C.: Engineering Measurements - Methods and Intrinsic Errors; Professional Engineering Publishing Limited 1999.
136. Pons J. L.: Emerging Actuator Technologies - A Micromechatronic Approach; John Wiley & Sons, 2005.
137. Regtien P. P. L., van der Heijden F., Korsten M. J., Otthius W.: Measurement Science for Engineers; Elsevier Science & Technology, 2004.
138. Reif K.: Bosch Autoelektrik und Autoelektronik - Bordnetze Sensoren und elektronische Systeme, 6. Auflage; Vieweg+Teubner, 2011.

139. Reif K.: Konventioneller Antriebsstrang und Hybridantriebe - mit Brennstoffzellen und alternativen Kraftstoffen; Vieweg+Teubner, 2010.
140. Reif K.: Sensoren im Kraftfahrzeug; Vieweg+Teubner, 2010.
141. Ripka P., Tipek A.: Modern Sensors Handbook; ISTE, 2007.
142. Rothbart H.: The CAM Design Handbook; McGraw-Hill, 2004.
143. Sacks E. Joskowicz L.: The Configuration Space Method for Kinematic Design of Mechanisms; MIT, 2010.
144. Salkind N. J., Rasmussen K.: Encyclopedia of Measurement and Statistics, 2 Volume Set; Sage, 2007.
145. Sandin P. E.: Robot Mechanisms and Mechanical Devices Illustrated; McGraw-Hill, 2003.
146. Sclater N., Chironis N. P.: Mechanisms and Mechanical Devices Sourcebook, 4th Edition; McGraw-Hill Professional, 2006.
147. Scott D. M.: Industrial Process Sensors; CRC, 2008.
148. Shigley J. E., Mischke C. R.: Standard handbook of machine design, 2<sup>nd</sup> Edition; McGraw-Hill Professional, 1996.
149. Shigley J. E., Mischke C. R.: Standard handbook of machine design, 3<sup>rd</sup> Edition; McGraw-Hill Professional, 2004.
150. Sinclair I. R.: Sensors and Transducers, 3rd Edition; Newnes, 2001.
151. Singh U. K., Dwivedi M.: Problems and Solutions in Mechanical Engineering; New Age International, 2007.
152. Smith C. A., Corripio A. B.: Principles and Practice of Automatic Process Control, 2nd Edition; John Wiley & Sons, 1997.
153. Smith E. H.: Mechanical Engineer's Reference Book 12th Edition; Butterworth-Heinemann, 2000.
154. Sobey E.: A Field Guide to Automotive Technology; Chicago Review, 2009.
155. Sobey E.: A Field Guide to Household Technology; Chicago Review, 2006.
156. Soloman S.: Sensors and Control Systems in Manufacturing, 2nd Edition; McGraw-Hill, 2010.
157. Spotts M. F.: Design of Machine Elements; 3<sup>rd</sup> Edition; Prentice Hall, 1961.
158. Stachowiak G. W., Batchelor A. W.: Engineering Tribology, 2nd Edition; Butterworth-Heinemann, 2000.
159. Stachowiak G. W., Batchelor A. W.: Engineering Tribology, 3rd Edition; Elsevier - Butterworth-Heinemann, 2005.
160. Stachowiak G. W., Batchelor A. W.: Engineering Tribology; Elsevier, 1993.
161. Steinhilper W., Sauer B.: Konstruktionselemente des Maschinenbaus 1 – Grundlagen der Berechnung und Gestaltung von Maschinenelementen, 7. Auflage; Springer, 2008.
162. Steinhilper W., Sauer B.: Konstruktionselemente des Maschinenbaus 2 – Grundlagen von Maschinenelementen für Antriebsaufgaben, 6. Auflage; Springer, 2008.
163. Stolarski T.A.: Tribology in Machine Design; Butterworth-Heinemann, 1990.
164. Strothman J.: ISA Handbook of Measurement Equations and Tables, 2nd Edition; ISA, 2006.
165. Šurina T.: Automatska regulacija, 3. izdanje; Školska knjiga, 1987.
166. Takadoun J.: Materials and Surface Engineering in Tribology; ISTE, Wiley, 2008.
167. ten Hompel M., Büchter H., Franzke U.: Identifikationssysteme und Automatisierung (VDI); Springer, 2008.
168. Thomas M.: Einführung in die elektrische Messtechnik - Grundlagen, Messverfahren, Geräte, 2. Auflage; Teubner 2006.
169. Timings R.: Mechanical Engineer's Pocket Book, 3rd Edition; Newnes, 2005.
170. Tompkins - Interfacing Sensors to the IBM-PC 0134690818 1998
171. Tönshoff I. I.: Sensors Applications - Volume 1 Sensors in Manufacturing; Wiley-VCH 2001.
172. Totten G. E., Liang H.: Mechanical Tribology - Materials Characterization and Applications; Marcel Dekker, 2004.
173. Totten G. E.: Handbook of Lubrication and Tribology - Volume I Application and Maintenance, 2nd Edition; CRC, 2006.
174. Tremayne D.: The Science of F1 Race-Car Design - Expert Analysis of the Anatomy of the Modern Grand Prix Car; Heynes Publishing, 2004.
175. Trzesniowski M.: Rennwagentechnik – Grundlagen, Konstruktion, Komponenten, Systeme, 2. Auflage; Vieweg + Teubner, 2010.

176. Tumanski S.: Principles of Electrical Measurement; CRC, 2006.
177. Ulbrich H., Weidemann H.-J., Pfeiffer F.: Technische Mechanik in Formeln Aufgaben und Lösungen; Teubner, 2006.
178. van Basshuysen R.: Fahrzeugentwicklung im Wandel- Gedanken und Visionen im Spiegel der Zeit - Polulär; Vieweg + Teubner, 2010.
179. Vinogradov O.: Fundamentals of Kinematics and Dynamics of Machines and Mechanisms; CRC, 2000.
180. Vitas D. J., Trbojevic M. D.: Masinski elementi I, 10. izdanje; Naucna knjiga, 1990.
181. Vitas D. J., Trbojevic M. D.: Masinski elementi II, 9. izdanje; Naucna knjiga, 1988.
182. Vitas D. J., Trbojevic M. D.: Masinski elementi III, 4. izdanje; Naucna knjiga, 1978.
183. Vöth S.: Maschinenelemente Aufgaben und Lösungen - Festigkeit, Verbindungen, Antriebe; Teubner, 2007.
184. Walsh R. A.: Electromechanical Design Handbook, 3rd Edition; McGraw-Hill, 2000.
185. Webster J. G.: The Measurement, Instrumentation and Sensors Handbook on CD-ROM; CRC, 1999.
186. Weck M., Brecher C.: Werkzeugmaschinen - 4 Automatisierung von Maschinen und Anlagen, 6. Auflage; Springer, 2006.
187. Whitney D. E.: Mechanical Assemblies: Their Design, Manufacture, and Role in Product Development; Oxford University Press, 2004.
188. Wilson J. S.: Sensor Technology Handbook; Elsevier - Newnes, 2005.
189. Wittel H., Muhs D., Jannasch D., Voßiek J.: Roloff/Matek Maschinenelemente – Aufgabensammlung – Aufgaben, Lösungshinweise, Ergebnisse, 14. Vieweg + Teubner, 2010.
190. Wittel H., Muhs D., Jannasch D., Voßiek J.: Roloff/Matek Maschinenelemente – Lehrbuch und Tabellenbuch – Normung, Berechnung, Gestaltung, 19. Auflage; Vieweg + Teubner, 2009.
191. Wittel H., Muhs D., Jannasch D., Voßiek J.: Roloff/Matek Maschinenelemente – Normung, Berechnung, Gestaltung, 20. Auflage; Vieweg + Teubner, 2011.
192. Xue D., Chen Y.-Q., Atherton D. P.: Linear Feedback Control - Analysis and Design with MATLAB; SIAM, 2001.
193. Yamasaki H.: Handbook of Sensors and Actuators - Volume 3 Intelligent Sensors; Elsevier, 1996.
194. Youden W. J.: Experimentation and Measurement; DoC, TA, NIST, 1997.
195. Yurish S. Y., Smart Sensors and MEMS; Kluwer, 2004.
196. Zacher S., Reuter M.: Regelungstechnik für Ingenieure - Analyse Simulation und Entwurf von Regelkreisen, 13. Auflage; Vieweg + Teubner, 2011.