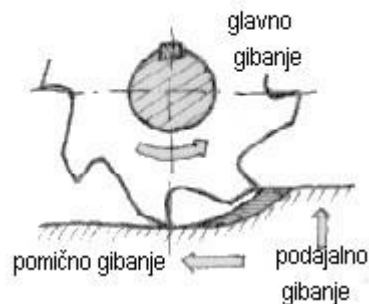
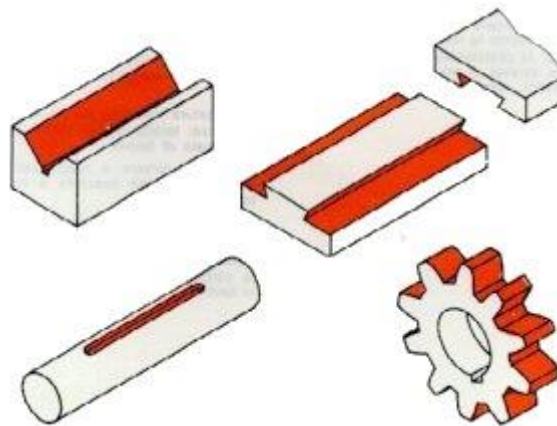


## REZKANJE

Rezanje je postopek odrezavanja, pri katerem opravlja orodje – rezkalo - rotacijsko glavno gibanje, podajalna gibanja pa so lahko premočrtna ali rotacijska. Ponavadi opravlja podajalna gibanja obdelovanec. Pri večini obdelovalnih postopkov (struženju, vrtanju...) je smer podajanja pravokotna na smer rezanja. Pri rezkanju pa se - če zasledujemo posamezen zob rezkala - lega smeri rezanja proti podajalni smeri neprestano spreminja.



Rezanje največ uporabljamo za obdelavo ravnih površin. S posebnimi oblikami rezkal lahko obdelujemo tudi ukrivljene površine – s kopirnim rezkanjem lahko oblikujemo poljubno oblikovane površine, če pa uporabljamo profilna rezkala, dobimo tudi v prerezu oblikovane površine.



## VRSTA REZKANJA

Glede na to, kako se orodje dotika obdelovanca, ločimo:

Valjasto rezkanje je rezkanje z zobmi na obodu - rezkalo se obdelovanca dotika s svojim obodom. Prerez odrezka se med delom spreminja, zato obremenitev rezkala ni enakomerna.



Čelno rezkanje je rezkanje z zobmi na čelu - rezkalo se obdelovanca dotika s svojim čelom. Odrezek ima enakomeren prerez.

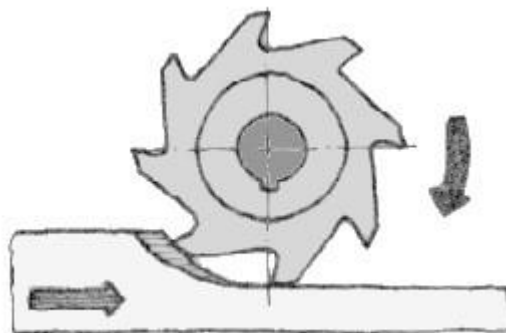


### ***Valjasto ali obodno rezkanje***

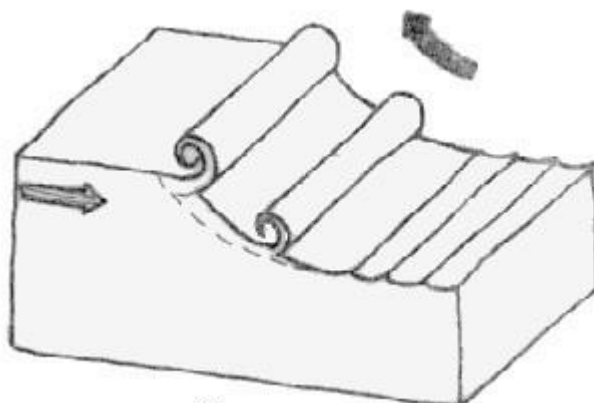
Glede na podajanje razlikujemo: rezkanje v nasprotni smeri glede na podajanje – protismerno rezkanje in

rezkanje v smeri podajanja – istosmerno rezkanje.

Pri **protismernem rezkanju** zob rezkala odreže odrezek na obdelovancu od vrednosti nič do največje vrednosti tik preden neha rezati.

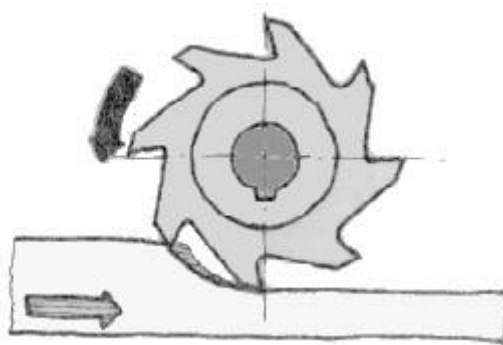


Ker pa rezalni rob ni vedno idealno oster rezilo nikoli ne začne rezati od vrednosti nič temveč na začetku nekaj časa drsi po že obdelani ploskvi nato pa naenkrat zareže v relativno precejšno globino. Zaradi tega dobimo neenakomerno površino.

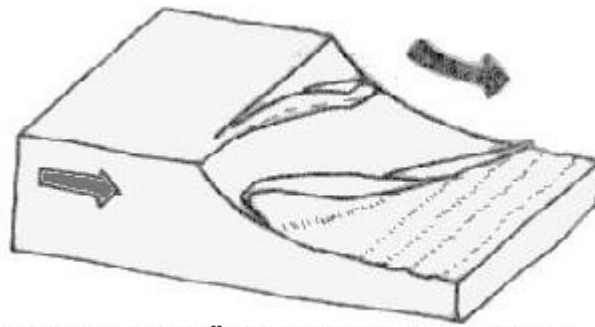


**NASTANEK OSTRUŽKA PRI PROTISMERNEM REZKANJU**

Pri **istosmernem rezkanju** odreže zob rezkala odrezek od predvidene debeline, zato začne rezkalo rezati takoj brez odrivanja.



Površina obdelovanca je pri tem načinu rezkanja kvalitetnejša. Ker je odrezek vedno tanjši in je na koncu izteka rezkarja njegova debelina nič, se tudi sile rezkanja zmanjšujejo, zato so manjše vibracije in orodja so obstojnejša.



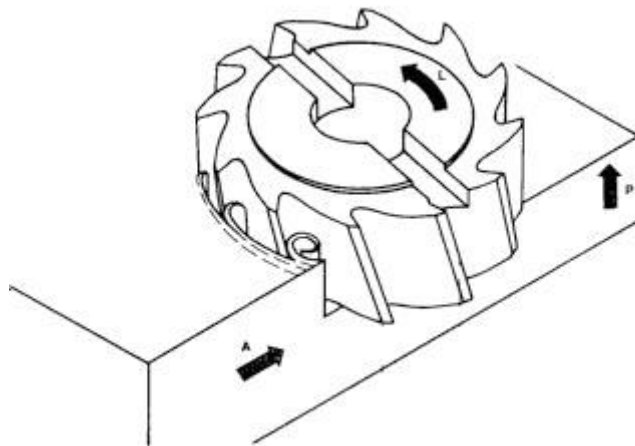
**NASTANEK OSTRUŽKA PRI ISTOSMERNEM REZKANJU**

Kljub temu, da dobimo pri protismernem rezkanju nekoliko slabšo površino, je le-to v praksi bolj uveljavljeno. Pri istosmernem rezkanju deluje namreč podajalna sila v isti smeri kakor podajalno gibanje in ga zato lahko dodatno pospeši v obliki sunka. Posledica je vedno lom orodja ali obdelovanca. Istosmerno rezkanje zato zahteva posebno konstruirane rezkalne stroje (predvsem za ozobja), na navadnih strojih istosmerno rezkanje ni možno .

Zaradi spremenljive debeline odrezka prihaja pri valjastem rezkanju do vsiljenih nihanj, zato morajo biti stroji čimbolj togi, da dobimo čimboljšo površino obdelovanca.

### **Čelno rezkanje**

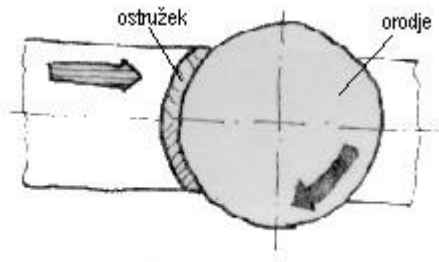
Pri čelnem rezkanju je os orodja pravokotna na obdelovalno površino. Orodje ali obdelovanec se lahko pomika vzdolž (A) obdelovane površine ali pravokotno (P) nanjo.



V primerjavi z valjastim rezkanjem je pri čelnem rezkanju debelina odrezka ves čas enaka, zato so tudi obremenitve enakomernejše.

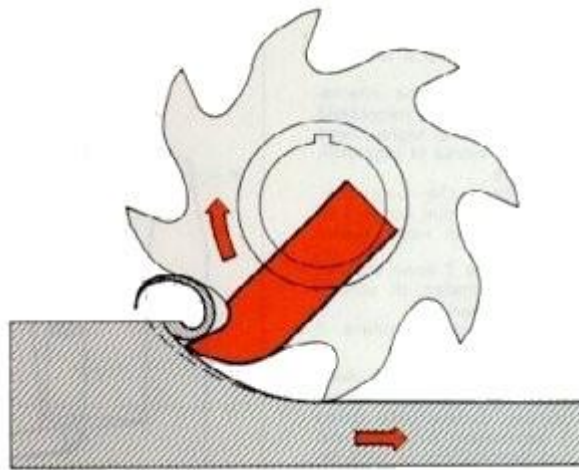
Uporabljamo ga za obdelavo večjih ravnih površin, pri katerih zahtevamo kar najboljšo površino.

Pri čelnem rezkanju je možno tudi simetrično in nesimetrično rezkanje. V praksi je primernejše čelno rezkanje z manjšo nesimetričnostjo osi rezkala, tako da je delo protismerno.



## ORODJA ZA REZKANJE

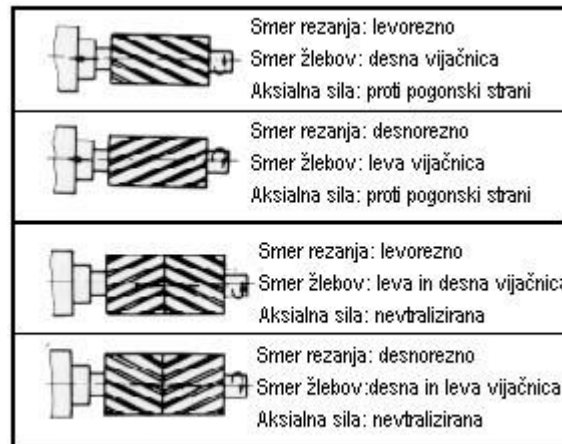
Rezkala so orodja z glavnim rotacijskim gibanjem, ki delajo vedno z večjim številom rezil, ki pa večji del poti ne režejo in se zato lahko ohlajajo. Rezkala so podobna stružnim nožem.



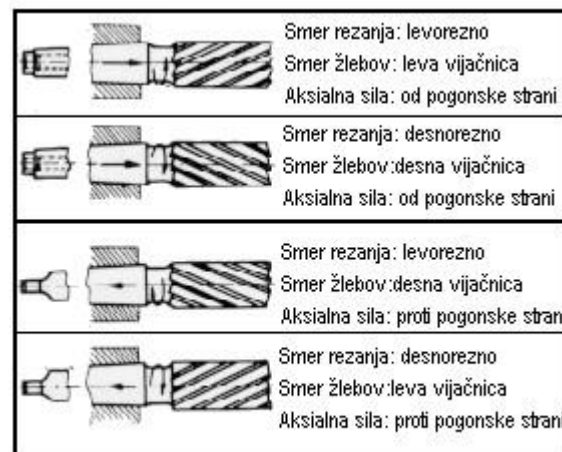
Termično so manj obremenjena kot stružni noži, zato so pa mnogo bolj obremenjena z mehničnimi udarci. Z rezkali obdelujemo v glavnem ravne ploskve, s posebno oblikovanimi rezkali lahko obdelujemo tudi utore in ukrivljene površine. Rezkala lahko režejo čelno, po obodu ali kombinirano.

Za vpetje rezkal je pomembna tudi oblika zob, ki so lahko ravni ali usmerjeni po vijačnici. Tako jih lahko označujemo z levo in desno vijačnico, kakor vijake z desnim in levim navojem.

**Razdelitev rezkal glede na smer rezanja, smeri žlebov in aksialne sile kažeta naslednji sliki:**



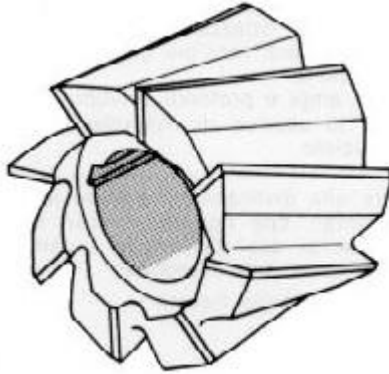
**VALJASTA REZKALA**



**STEBLASTA REZKALA**

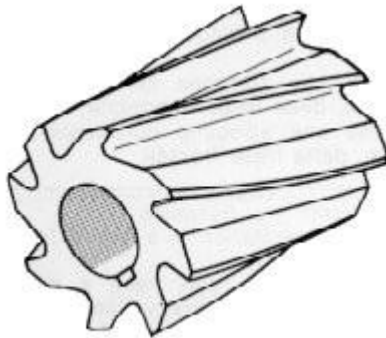
**Po osnovni obliki ločimo naslednja rezkala:**

**Čelno valjasta rezkala:** Rezalni robovi so oblikovani na čelu in po obodu, z njimi navadno režemo odprte ravne ploskve.



**ČELNO-VALJASTO REZKALO**

**Valjasta rezkala:** Rezalni robovi so oblikovani samo na obodu, z njimi obdelujemo predvsem odprte ravne ploskve s protismernim rezkanjem. Dolžina rezkala mora biti večja od širine ploskve, premer rezkala pa v sorazmerju z debelino rezanja.

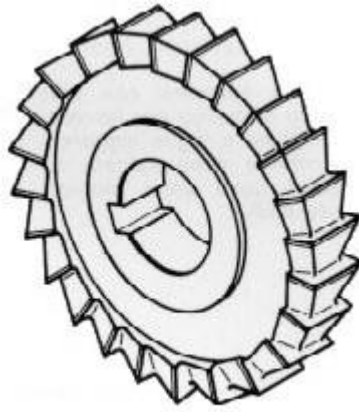


**VALJASTO REZKALO**

**Kolutna rezkala:** Režejo enako kot valjasta rezkala. Ker so ozka so namenjena predvsem za rezkanje ravnih utorov. Od valjastih rezkal se ločijo po tem, da imajo zobe oblikovane tudi na čelni strani, ki pa režejo samo v dolžini. Poznamo kolutna rezkala z ravnimi zobmi in križnimi zobmi. Funkcijsko so boljša kolutna rezkala s križnimi zobmi, ker imajo izravnane aksialne sile.



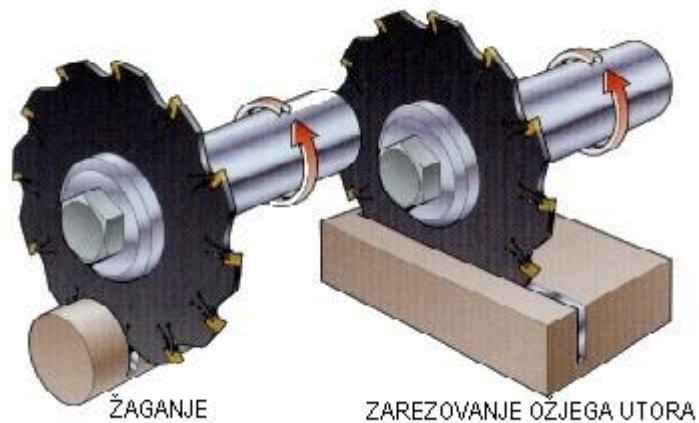
**KOLUTNO REZKALO  
S KRIŽNIMI ZOBMI**



**KOLUTNO REZKALO Z RAVNIMI ZOBMI**

**Krožne žage:** Režejo podobno kot kolutna rezkala, le da je širina utora manjša in nimajo zob na čelni strani, zaradi česar mora biti žaga proti osi tanjša. Uporabljamo jih za zarezovanje tanjših utorov, deloma tudi za žaganje na rezkalnih strojih.

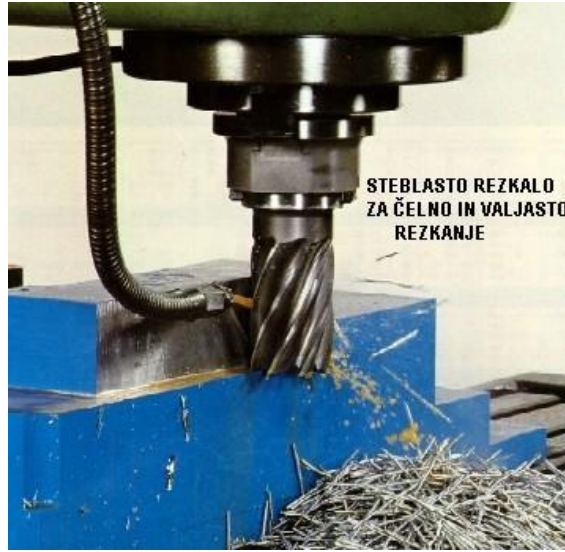
**KROŽNA ŽAGA**



**Skupina steblatih rezkal :** Njihova značilnost je vitka oblika in vpenjanje s pomočjo stebra.

Poznamo:





STEBLASTO REZKALO  
ZA ČELNO IN VALJASTO  
REZKANJE



STEBLASTO REZKALO ZA TEŽJA DELA



STEBLASTO REZKALO ZA T UTORE

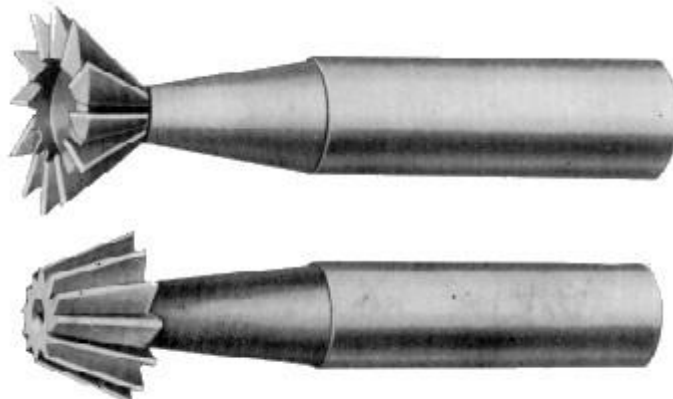
**Kotna rezkala:** Uporabljamo jih za rezkanje utorov, poševnih ploskev..



**KOTNO REZKALO ZA  
VIJAČNE ŽLEBOVE**



**KOTNO REZKALO ZA PRIZME**



**STEBLASTA KOTNA REZKALA Z VALJASTIM DRŽAJEM**

**Profilna rezkala:** Rezkala s svojo obliko oblikujejo profil.



PODSTRUŽENO KONKAVNO REZKALO



PODSTRUŽENO KONVEKSNO REZKALO

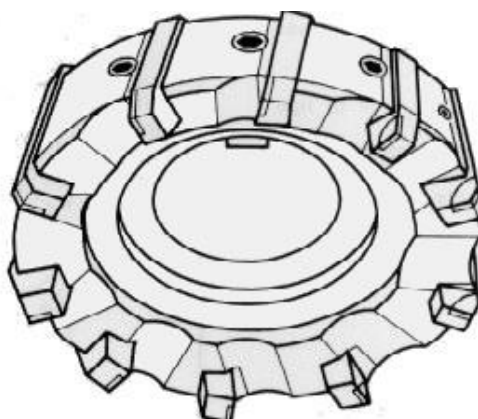


PODSTRUŽENO REZKALO ZA PROFILE  
VIJAČNEGA HRBTA NA SVEDRIH



PODSTRUŽENO REZKALO ZA PROFILE  
VIJAČNIH ŽLEBOV NA SVEDRIH

**Rezkalne glave:** Z vstavljenimi ploščicami iz karbidnih trdin ali z vstavljenimi stružnimi noži.



REZKALNA GLAVA

## MOTNJE PRI REZKANJU

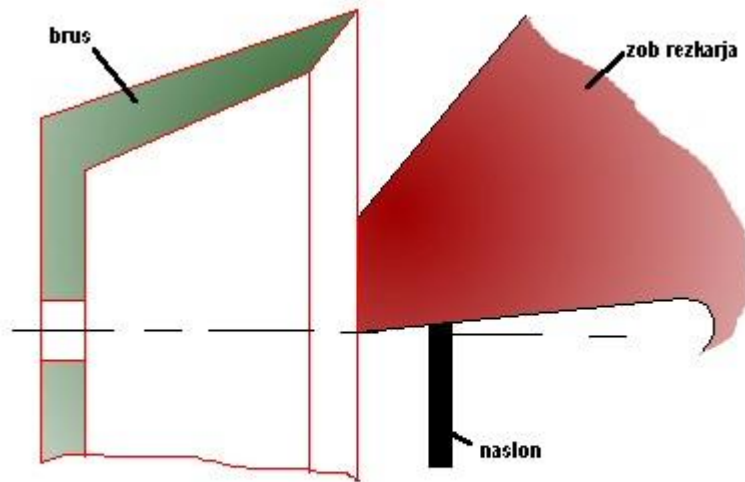
<p><i>Rezkarji se lomijo:</i></p> <p>Zaradi prevelikega pomika</p> <p>Zaradi kopičenja odrezkov</p> <p>Zaradi neenakomernega pomika</p> <p>Zaradi topih rezalnih robov</p> <p>Valjasti rezkarji se lomijo, če istočasno reže več zob</p>	<p><i>Površina je groba:</i></p> <p>Zaradi prevelikega pomika</p> <p>Premajhne rezalne hitrosti</p> <p>Topega rezkarja</p> <p>Protismernega rezkanja</p> <p>Neprimerne hladilne tekočine</p>
<p><i>Odrezek se kopiči:</i></p> <p>Zaradi premajhne delitve zob</p> <p>Premajhne količine hladilne tekočine</p> <p>Zaradi namagnetenega materiala</p>	<p><i>Rezalni rob se žge:</i></p> <p>Zaradi prevelike hitrosti</p> <p>Pretrdega obdelovanega materiala</p> <p>Neprimerne rezalne tekočine</p>
<p><i>Pri pojavih vibracije se priporoča:</i></p> <p>Spremembo rezilne hitrosti – navzgor ali navzdol</p> <p>Preizkus togosti vpetja obdelovanca</p> <p>Preizkus togosti stroja</p> <p>Spremembo geometrije rezkarja</p>	<p><i>Izjedanje cepilne ploskve:</i></p> <p>Prevelika rezalna hitrost</p> <p>Preveliko podajanje</p> <p>Premajhen cepilni kot</p>

## OSTRENJE- BRUŠENJE REZKAL

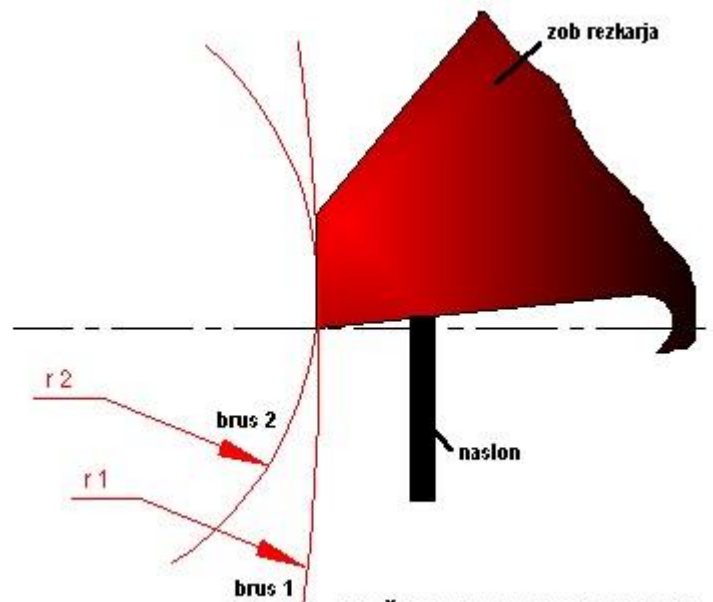
Rezkala je potrebno pogosto ostriti. Novim rezkalom ostrimo pravilne kote za materiale, ki jih obdelujemo. Stara rezkala ostrimo pa zato, da popravimo obrabljene rezalne robove. V tovarnah velja naslednje pravilo, brusiti pogosto. Bolj ekonomično je pogosto in pravočasno brušenje, saj brez velikega odvzemanja materiala rezkala z lahkoto zbrusimo. Pri močno obrabljenih orodjih je ostrenje dolgotrajno in drago, poleg tega pa obstaja nevarnost, da pride do prevelikega segrevanja in s tem seveda do nepredvidenih težav.

Topo rezkalo je potrebno ostriti že, če se pojavi obrabni rob nad 0,25 mm.

Za obstojnost rezkal je pomembna velikost prostega kota. Med obrabljanjem je področje prostega kota čedalje manjše, ker nastaja cilindrična faza. Če je kot premajhen, lahko hrbet zoba rezkarja drsa po že obdelani površini in jo lahko poškoduje. Prosti kot lahko brusimo z lončastimi ali obodnimi brusi.



**BRUŠENJE REZKARJA Z LONČASTIM BRUSOM**



**BRUŠENJE Z OBODNIM BRUSEM**

Pri čelnem ostrenju je prosta ploskev ravna, pri obodnem pa konkavna, kar zmanjšuje resničen prosti kot. Zato ne smemo uporabljati brusov s premajhnim radijem.

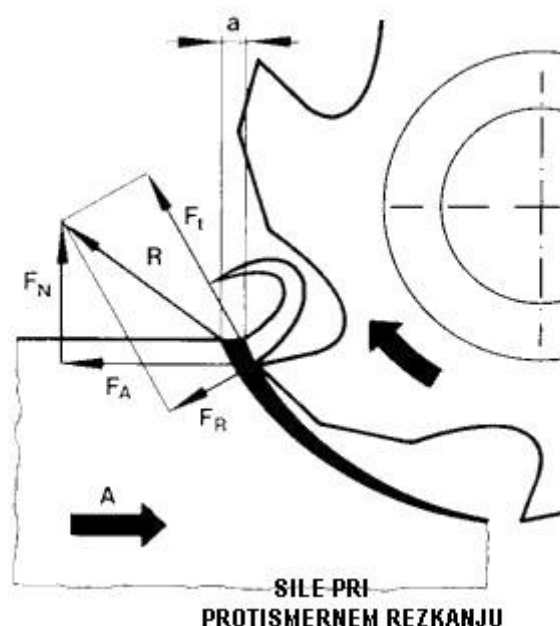
Ostriti je mogoče od rezalnega roba ali proti njemu. Ostrenje proti rezalnemu robu je neugodno zato, ker pritiskamo rezkalo od naslona. Z ostrenjem od rezalnega roba sicer pritiskamo zob na naslon, obstaja pa nevarnost krušenja rezalnega roba.

## REZALNE SILE PRI REZKANJU

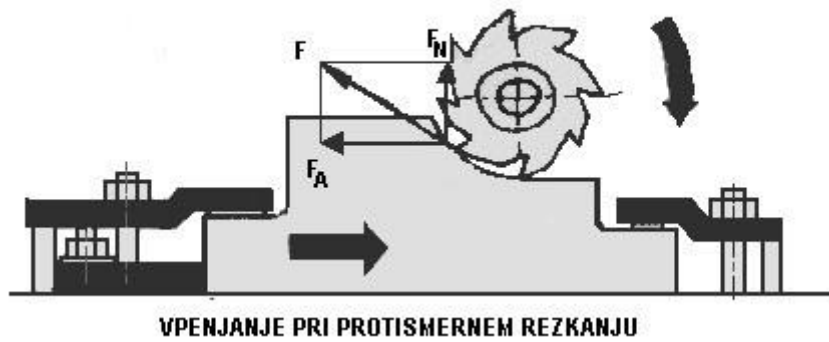
### *Valjasto rezkanje*

Ker se debelina odrezka med delom neprestano spreminja, se spreminja tudi velikost sil. Poleg tega je pri rezkanju neprestano več zob v ubiranju, zato ima rezalna sila v nekem izbranem trenutku na vsakem zobu, ki reže, drugo velikost in drugo smer. Posledica tega je neenakomerno delo.

Pri protismernem rezkanju je navpična sila v prvi točki dotika usmerjena navzdol, ko pa zob rezkala opravi določeno pot, se le-ta usmeri navzgor in skuša obdelovanec dvigniti ( $F_N$ ). Podajalna sila ( $F_A$ ) pa skuša obdelovanec odriniti.

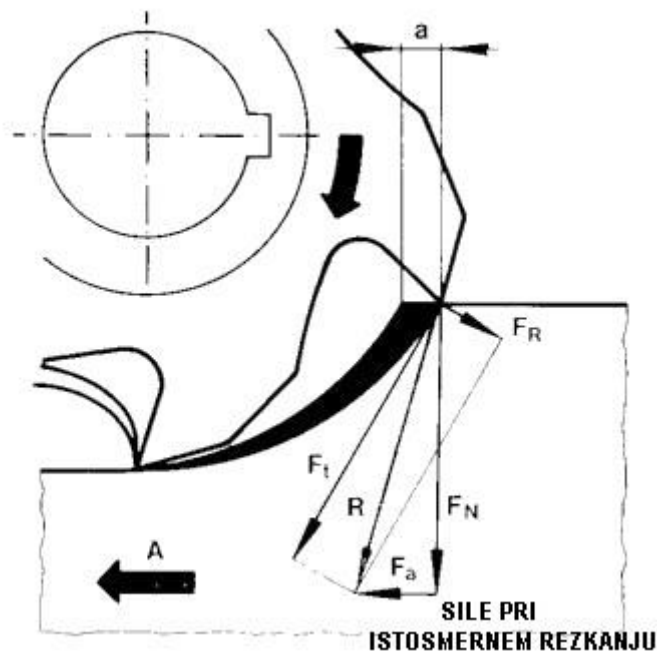


Da se zoperstavimo silam, moramo obdelovanec pravilno vpeti.



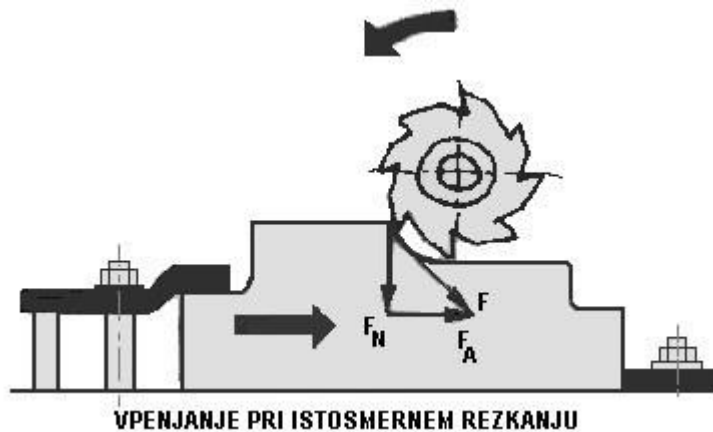
**VPENJANJE PRI PROTISMERNEM REZKANJU**

Pri istosmernem rezkanju pa je navpična sila vedno usmerjena navzdol.



**SILE PRI ISTOSMERNEM REZKANJU**

Podajalna sila ( $F_A$ ) je pri protismernem rezkanju usmerjena v nasprotni smeri podajalnega gibanja in jo mora podajalni mehanizem premagovati, pri istosmernem rezkanju pa je usmerjena v smer podajalnega gibanja. Če je ohlapnost med vretenom in matico podajalnega mehanizma prevelika, se lahko zgodi, da podajalna sila pospeši podajalno gibanje v obliki sunka in posledica je lom orodja ali obdelovanca. Zato je istosmerno rezkanje mogoče samo na posebej specialno prirejenih strojih, ki v podajalnem mehanizmu nimajo nobene ohlapnosti, obdelovanec pa mora biti pravilno vpet.



## Čelno rezkanje

V koordinatnem sistemu rezkala delujejo na orodje enake sile kot v primeru valjastega rezkanja, razlike so le v koordinatnem sistemu obdelovanca in še tu gre le za drugačno poimenovanje.

V smeri podajalnega gibanja deluje podajalna sila  $F_s$ , za katero velja, da le izjemoma deluje tako, da skuša pospešiti podajalno gibanje.

V smeri prečnega nastavitvenega gibanja imamo prečno silo  $F_p$ . Sile ne povzročajo nobenega dviganja obdelovanca, zato je vpenjanje preprosto.



## Vplivne veličine na rezalne sile

### Vpliv premera rezkala

Pri konstantnem prerezu odrezka se rezalne sile zmanjšujejo, če se zmanjšuje premer rezkala. Zaradi tega izbiramo rezkala s kar mogoče majhnim premerom – pri tem pa je potrebno paziti, da ustrezen rezkalni trn prenese obremenitev.



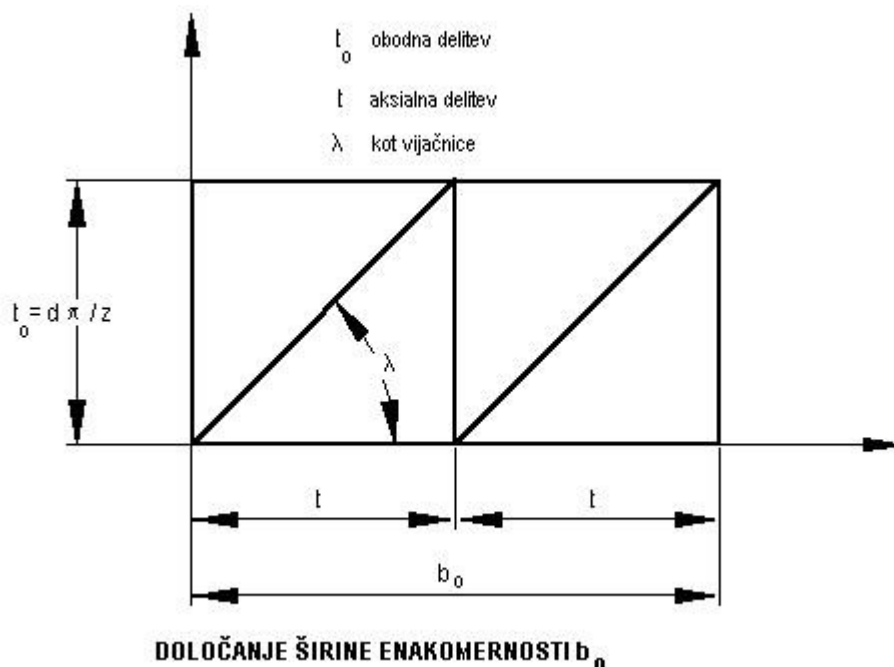
## Vpliv števila zob

Sile na rezkalu so manjše tudi v primeru, ko se zmanjšuje število zob, zato je smotrno – kjer je le mogoče – izbirati čim manjše število zob, da bi bile sile manjše. Seveda pri tem ne smemo pretiravati, sicer se lahko zgodi, da je samo en zob v ubiranju in lahko nastane pri ubiranju naslednjega zoba vrzel.

## Vpliv vijačnice

Rezkala z ravnimi zobmi povzročajo vedno velika nihanja. Za mirni gib je pomembno, da sta sili, ko se zob rezkala vrinja oziroma ko zapušča material, enaki. To lahko dosežemo le z ustreznim kotom vijačnice  $\lambda$ . Zato je potrebno paziti, da je pri valjastih rezkalih širina rezkanja enaka delitvi rezkala v aksialnem prerezu  $t$  ali njenemu mnogokratniku s celim številom – to je širina enakomernosti:

$$b_0 = i_0 t = i_0 t_0 \cot \lambda$$



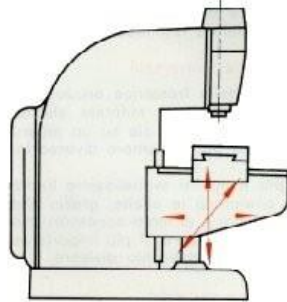
Iz tabel zato izbiramo za določeno širino rezkanja ustrezno rezkalo, ki reže enakomerno. Praktično je to sicer nemogoče, vendar so rezkala konstruirana tako, da tudi v neugodnem primeru rezkanja režejo kar se da enakomerno.

S kotom vijačnice  $\lambda$  pa se večajo rezalne sile. Do  $\lambda = 40^\circ$  se sile večajo le postopoma nato pa je njihova rast občutna, zato ni zaželen kot vijačnice  $> 40^\circ$ .

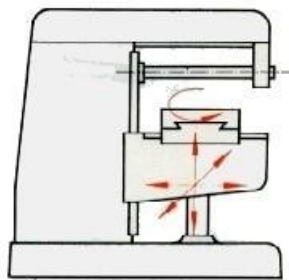
## REZKALNI STROJI

Rezkalne stroje lahko delimo glede na položaj glavnega vretena v:

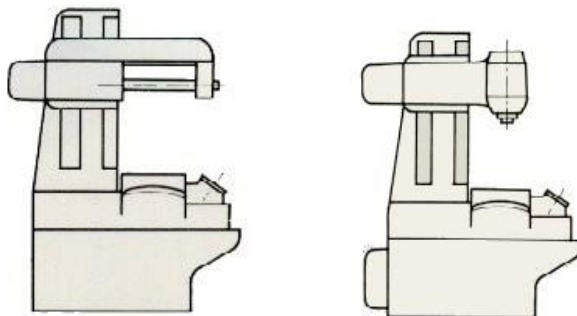
**Navpične** – glavno vreteno je v navpičnem položaju.



**Vodoravne** – glavno vreteno je v vodoravnem položaju.



**Kombinirane** – v enem vpetju lahko obdelujemo vodoravne, navpične in poševne ploskve.



### ***Vodoravni konzolni rezkalni stroj***

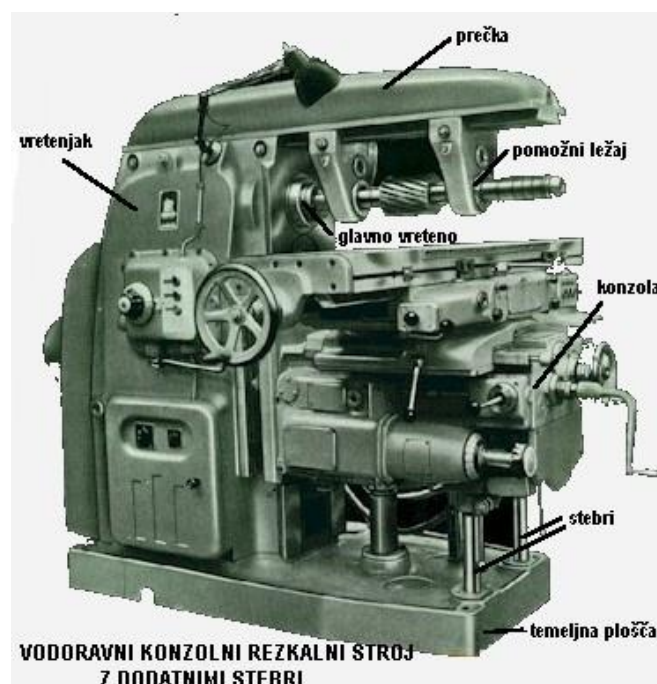
Ime je dobil po konzoli. Stroj je prilagodljiv za najrazličnejše zahteve rezkanja. Strega je lahko popolnoma ročna, polavtomatizirana ali avtomatizirana.

Uporabljamo pa ga za lažje obdelovance, ker je konzola premalo toga za težja dela.



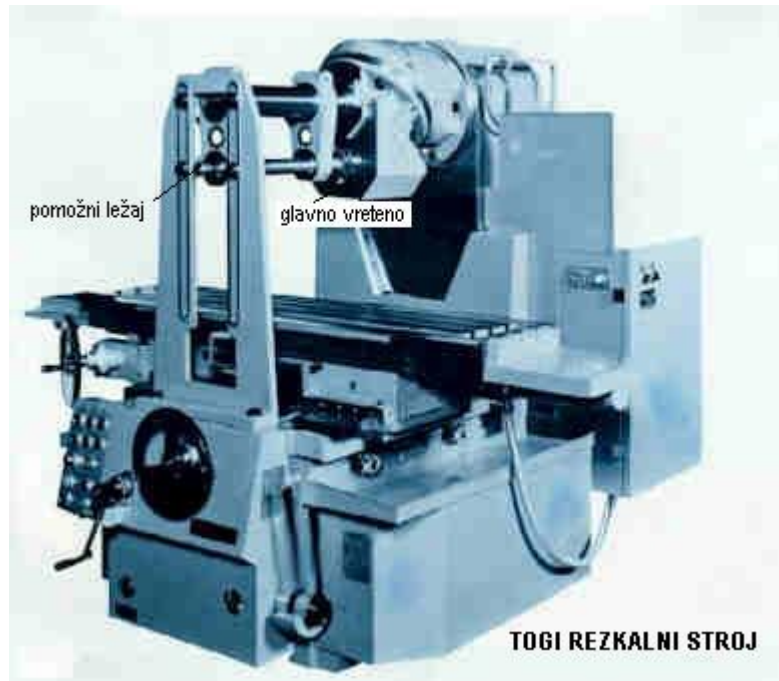
### ***Vodoravni konzolni rezkalni stroj s stebrom***

Konzola je na sprednji strani dodatno podprta z dodatnim stebrom, ki povezuje temeljno ploščo, konzolo in pomožni ležaj, kar izredno poveča togost stroja. Zato je ta stroj primernejši za težja dela.



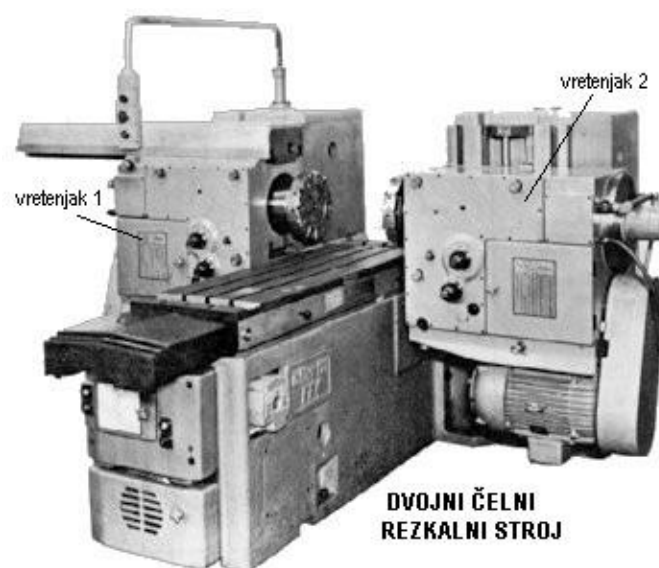
## ***Togi vodoravni brezkonzolni rezkalni stroj***

Uporabljamo ga za težka dela, ker ima stroj namesto konzole togo posteljo.



## ***Čelni vodoravni rezkalni stroji***

Ker stroji nimajo konzole, so zelo togi in primerni za najtežja dela. Po zunanji obliki so nekoliko podobni skobeljnim strojem.



### ***Navpični konzolni rezkalni stroj***

Podoben je vodoravnemu, le da ima vretenjak v zgornjem delu nekoliko ukrivljen, tako da stoji glavno vreteno navpično. Glava je običajno vrtljiva in jo lahko gibljemo okrog vodoravne osi do  $45^{\circ}$  na levo ali na desno, kar omogoča obdelavo poševnih ploskev.



### ***Brezkonzolni navpični rezkalni stroj***

Ker stroji nimajo konzole, so zelo togi in primerni za najtežja dela.



### **Produksijski rezkalni stroj**

Na delovno mizo pritrdimo po dva obdelovanca 1 in 2, ki ju nato rezkamo z enim rezkalom. Ko stroj obdeluje en obdelovanec, drugega zamenjamo s še neobdelanim kosom, da ne izgubljamo nepotrebnega časa.

### **Univerzalen orodjarski rezkalni stroj**

V enem vpetju lahko obdelujejo vodoravne, navpične in poševne ploskve.



Običajno je konzolne izvedbe in je po svoji zasnovi sicer vodoravni rezkalni stroj, ima pa lahko dodatne glave, ki jih po potrebi pritrjujemo na vodoravni vretenjak.





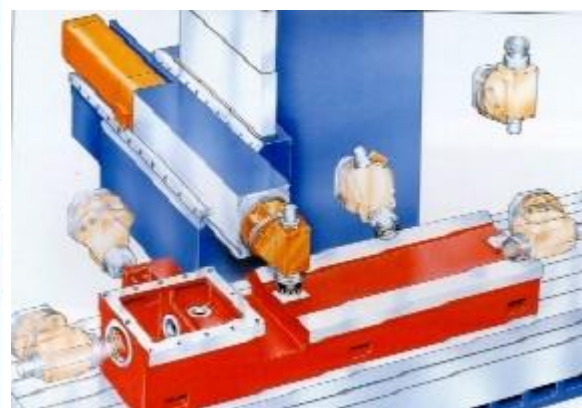
### ***Dolgogibi rezkalni stroj***

Uporabljamo ga za obdelavo najtežjih in največjih obdelovancev. Stroj ima dva stojala s štirimi med seboj neodvisnimi vretenjaki. Ker so vretenjaki še vrtljivi, lahko res obdelujemo vse površine. Včasih je ta stroj tudi kombiniran, da lahko na njem tudi skobljamo.



### ***Univerzalen posteljni rezkalni stroj za najtežja dela***

Miza posteljnega stroja ima samo vzdolžno gibanje kot pri skobeljnih strojih, zato ima vrtljiva glava možnosti prečnega in dvižnega gibanja in jo lahko postavimo v katerikoli položaj glede na obdelovanec. Stroji te vrste so namenjeni obdelavi velikih težkih obdelovancev in so glavni konkurenti skobeljnim strojem.



## **Kopirni rezkalni stroj**

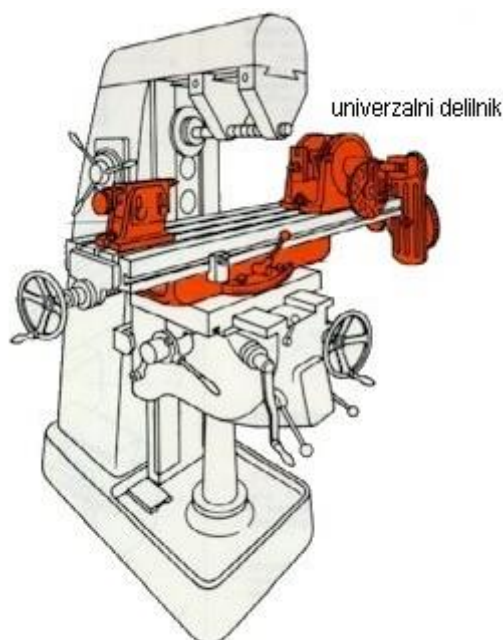
Ves proces kopiranja poteka avtomatično, osnovni princip pa je isti kot pri kopirnem struženju.



## **DELILNIK**

Pri rezkanju žlebov, utorov, ki so enakomerno porazdeljeni po obodu obdelovanca, zobnikov, vijčnic oziroma povsod tam, kjer moramo opraviti delitev na obdelovancu, moramo obdelovanec vpeti v delilne naprave na mizah rezkalnih strojev. Naloga delilnika je obračanje obdelovanca za točno določen kot.

Obdelovanec je pritrjen na vretenu delilnika v vpenjalno glavo. Za doseganje večjih natančnosti obdelovanec vpenemo med konice. Z delilnikom je mogoče opraviti direktno, indirektno in diferencialno deljenje.



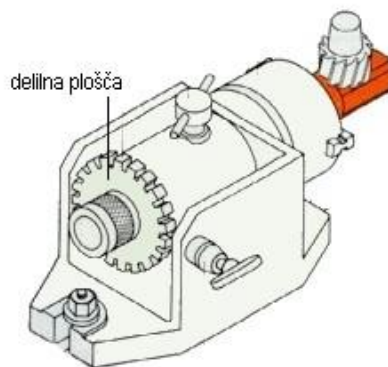
**VODORAVNI REZKALNI STROJ  
Z UNIVERZALNIM DELILNIKOM**



## Direktno deljenje

Naprava je poceni, vendar smo z njo omejeni, saj lahko delimo le tista števila, ki so deljiva s številom lukenj na delilni plošči, če pa hočemo zajeti celotno območje, rabimo mnogo delilnih plošč, kar pa ni ekonomično. Delilna plošča in obdelovanec sta na isti osi. Natančnost delitve je odvisna od natančnosti delilne plošče, ki naj bo zato čim večja. Pri serijski proizvodnji lahko dosegamo natančnosti  $\pm 6''$ .

Delilna plošča ima običajno 24 lukenj, lahko pa imajo plošče tudi drugačna števila lukenj.



**DIREKTNO DELJENJE**

plošča	delitev / št. lukenj							
36 lukenj	2/18	3/12	4/9	6/6	9/4	12/4	18/2	36/1
24 lukenj	2/12	3/6	4/6	6/4	8/4	12/2	24/1	
12 lukenj	2/6	3/4	4/3	6/2	12/1			
16 lukenj	2/8	4/4	8/2	16/1				
10 lukenj	2/2	5/2	10/1					

Direktno je mogoče deliti tudi s pomočjo delilne plošče za indirektno in diferencialno deljenje, ko ima ročica celo število vrtljajev. Ker ima polžev prenos prestavo  $i = 40$ , se pri zavrtitvi ročice za 1 vrtljaj premakne obdelovanec za  $1/40$  vrtljaja. V tem primeru bi bila delitev 40. Torej so mogoče delitve 2, 4, 5, 8, 10, 20, 40.

Število vrtljajev ročice izračunamo po enačbi  $n = i / T$

$n$ ...število polnih vrtljajev ročice

$i$ ...prestavno razmerje polževega gonila

$T$ ... število delitev na obdelovancu ( npr. število zob zobnikov, število utorov).

## Primer :

Rezkamo šestrobo matico. Izračunati je treba število vrtljajev ročice, če direktno delimo s pomočjo polža ( $i = 40$ ). Določiti je treba, za koliko lukenj bi bilo potrebno premaknit vreteno pri direktni delitvi s ploščo na vretenu, ki ima 24 lukenj in s ploščo, ki ima 36 lukenj.

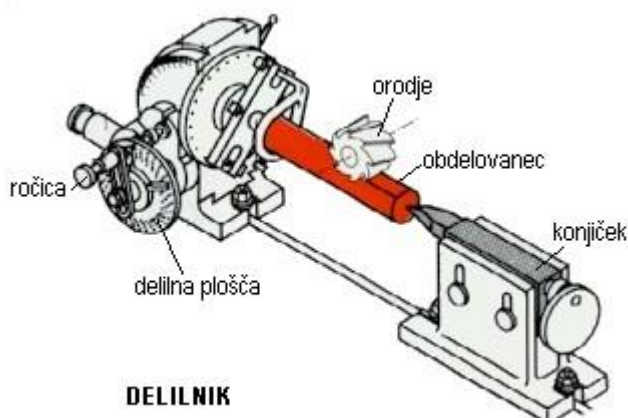
Delitev preko polža  $n = i / T = 40 / 6 =$  delitev ni mogoča

Plošča s 24 luknjami : Število lukenj =  $24 / 6 = 4$  luknje

Plošča s 36 luknjami : Število lukenj =  $36 / 6 = 6$  lukenj

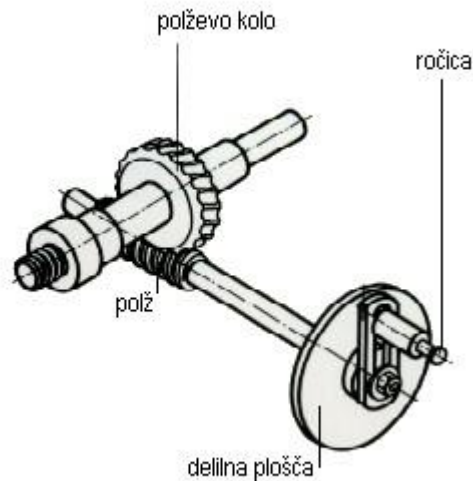
## Indirektno deljenje

Delilna naprava za indirektno deljenje je nekoliko dražja in zahtevnejša kot delilna naprava za direktno deljenje, je pa zato indirektno deljenje univerzalnejše od direktnega deljenja. Tu uporabljamo tri delilne plošče. Delilno ploščo moramo fiksirati (aretirati) z zatičem za aretiranje. Vsaka plošča ima po 6 krogov delilnih izvrtin.



	1.krog	2.krog	3.krog	4.krog	5.krog	6.krog
1.plošča	15	16	17	18	19	20
2.plošča	21	23	27	29	31	33
3.plošča	37	39	41	43	47	49

Z delilnikom za indirektno deljenje obračamo obdelovanec tako, da vrtimo ročico, ki preko polža in polževega kolesa obrača vreteno, na katerega je pritrjena vpenjalna glava z obdelovancem. Prestavno razmerje med polžem in polževim kolesom je običajno 1:40 (redkeje 1:60 ali 1:120). To pomeni, da ko zavrtimo ročico za 40 vrtljajev, se obdelovanec zavrti za 1 vrtljaj.



Velja ista enačba kot za direktno deljenje s polžem :

$$n = i / T$$

*n...število polnih vrtljajev ročice*

*i...prestavno razmerje polževega gonila (40)*

*T... število delitev na obdelovancu ( n.pr. število zob zobnikov, število utorov),*

le da število vrtljajev ročice ni celo število.

### **Primer 1:**

Rezkamo šestrobo matico. Izračunati je treba število vrtljajev ročice, če indirektno delimo s pomočjo polža ( $i = 40$ ).

$$n = i / T = 40 / 6 = 6 \text{ celih vrtljajev in } 2/3 \text{ vrtljaja}$$

Torej bi morali ročico zavrteti za 6 celih vrtljajev in še za 2 luknji na delilni plošči s 3 luknjami. Ker pa plošče s 3 luknjami ni je treba ulomek širiti toliko časa, da je v ulomku tako število lukenj, kot jih ima delilna plošča.

*V našem primeru potrebujemo delilno ploščo s številom lukenj, ki je deljivo s 3, rezultat nato pomnožimo z 2.*

$15 / 3 = 5$  in  $5 \times 2 = 10$  lukenj

$n = 6$  celih vrtljajev in 10 lukenj na 1. plošči / 15 (1.krog)

Rezultatov je lahko več:

$18 / 3 = 6$  in  $6 \times 2 = 12$  lukenj

$n = 6$  celih vrtljajev in 12 lukenj na 1. plošči / 18 (4.krog)

ali

$33 / 3 = 11$  in  $11 \times 2 = 22$  lukenj

$n = 6$  celih vrtljajev in 22 lukenj na 2. plošči / 33 (6.krog)

itd...

### Primer 2 :

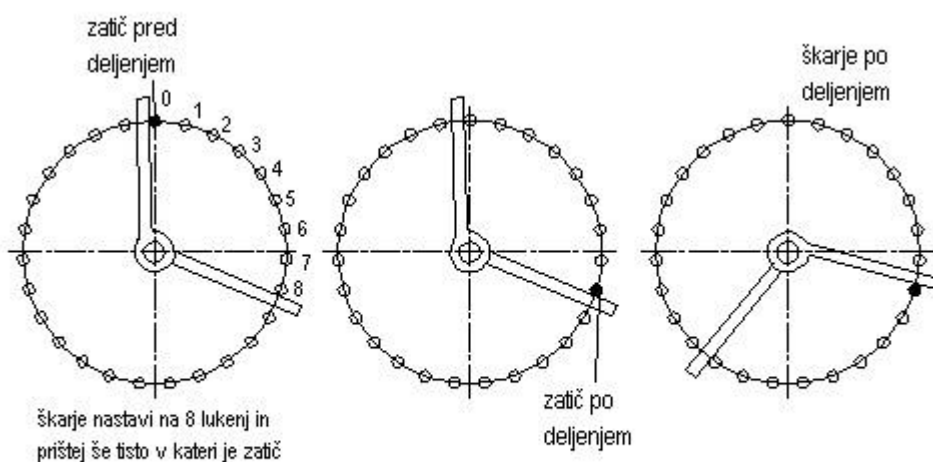
Izdelati je potrebno zobnik, ki bo imel 135 zob. Izračunati je treba število vrtljajev ročice, če indirektno delimo s pomočjo polža ( $i = 40$ ).

$n = i / T = 40 / 135 = 8 / 27 = 0$  celih vrtljajev in  $8 / 27$  vrtljaja

Ročico zavrtimo za vsak zob zobnika, ki ga naredimo za 8 lukenj na 2. plošči / 27 (3.krog)

Pri tem si lahko pomagamo s tabelo za indirektno deljenje za  $i = 40$ .

Ker je prezamudno, da bi vsakič šteli luknje na ustreznem krogu, si pomagamo s škarjami, ki jih nastavimo že na začetku dela. Med kraka škarij vedno nastavimo eno luknjo več kot jih dobimo po izračunu.



### NASTAVITEV ŠKARIJ

Delilno ročico moramo vedno vrteti v isto smer. Če se zmotimo in zavrtimo ročico preveč, moramo ročico zavrteti za več lukenj nazaj, da odpravimo napake zaradi mrtvega teka v mehanizmu delilnika.

Tabela delitev za indirektno deljenje pri prestavi delilnika $i = 40$											
Število T, ki ga delimo	Vrtljaji n delilne ročice	Število lukenj na določenem krogu	Število T, ki ga delimo	Vrtljaji n delilne ročice	Število lukenj na določenem krogu	Število T, ki ga delimo	Število lukenj na določenem krogu	Število T, ki ga delimo	Število lukenj na določenem krogu	Število T, ki ga delimo	Število lukenj na določenem krogu
2	20	/	32	1	5/20	70	28/49	136	5/17	235	8/47
3	13	13/39	33	1	7/33	72	15/27	140	14/49	240	3/18
4	10	/	34	1	3/17	74	20/37	144	5/18	245	8/49
5	8	/	35	1	7/49	75	8/15	145	2/29	248	5/31
6	6	26/39	36	1	3/27	76	10/19	148	10/37	260	6/39
7	5	35/49	37	1	3/37	78	20/39	150	4/15	264	5/33
8	5	/	38	1	1/19	80	10/20	152	5/19	270	4/27
9	4	12/27	39	1	1/39	82	20/41	155	8/31	280	7/49
10	4	/	40	1	/	84	10/21	156	10/39	290	2/29
11	3	21/33	41	/	40/41	85	8/17	160	5/20	296	5/37
12	3	13/39	42	/	20/21	86	20/43	164	10/41	300	2/15
13	3	3/39	43	/	40/43	88	15/33	165	8/33	360	2/18
14	2	42/49	44	/	30/33	90	12/27	168	5/21	400	2/20
15	2	26/39	45	/	24/27	92	10/23	170	4/17		
16	2	10/20	46	/	20/23	94	20/47	172	10/43		
17	2	6/17	47	/	40/47	95	8/19	180	6/27		
18	2	6/27	48	/	15/18	98	20/49	184	5/23		
19	2	2/19	49	/	40/49	100	8/20	185	8/37		
20	2	/	50	/	16/20	104	15/39	188	10/47		
21	1	19/21	52	/	30/39	105	8/21	190	4/19		
22	1	27/33	54	/	20/27	108	10/27	195	8/39		
23	1	17/23	55	/	24/33	110	12/33	196	10/49		
24	1	26/39	56	/	35/49	115	8/23	200	4/20		
25	1	12/20	58	/	20/29	116	10/29	205	8/41		

26	1	21/39	60	/	26/39	120	13/39	210	4/21		
27	1	13/27	62	/	20/31	124	10/31	215	8/43		
28	1	21/49	64	/	10/16	128	5/16	216	5/27		
29	1	11/29	65	/	24/39	130	12/39	220	6/33		
30	1	13/39	66	/	20/33	132	10/33	230	4/23		
31	1	9/31	68	/	10/17	135	8/27	232	5/29		

## Diferencialno deljenje

Diferencialno deljenje omogoča napraviti poljubne delitve s tremi delilnimi ploščami in določenim številom menjalnih zobnikov. Uporabljamo ga takrat, kadar je število delitev prafaktor, za katerega nimamo na delilnih krogih ustrezne luknje.

Pri diferencialnem deljenju delilna plošča ni več fiksna na ohišju, ampak opravlja določeno diferencialno gibanje nasproti vrtenju ročice. Delilno ploščo sprostimo tako da izvlečemo aretirani zatič.

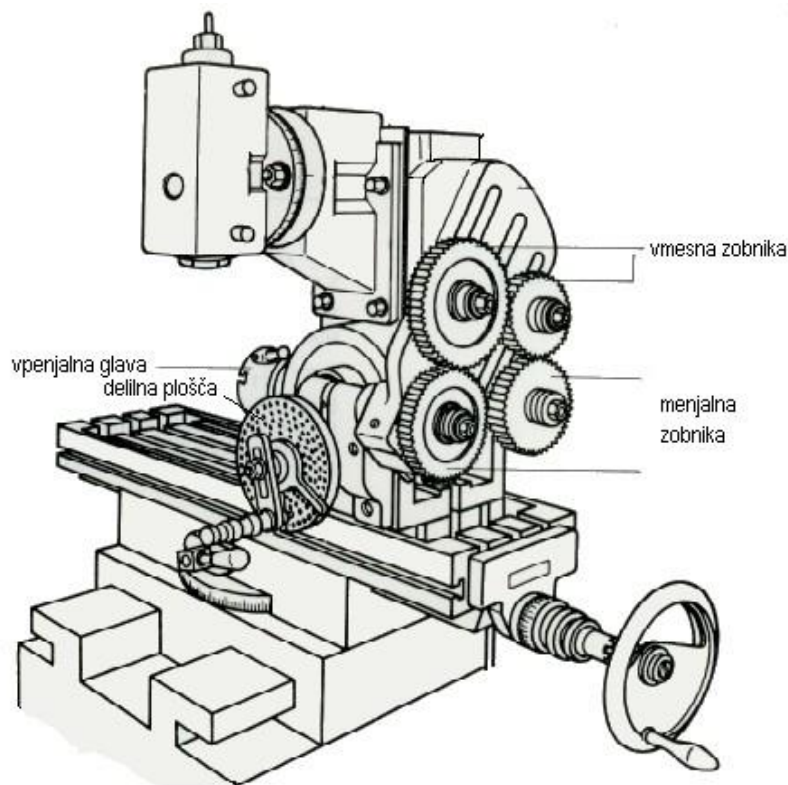
Podatke za delo z univerzalnim delilnikom pri diferencialnem deljenju izračunamo po enačbi :

$$i_d = (T' - T) \frac{i}{T'}$$

V enačbi pomenijo :

$i_d$	Prestavno razmerje diferencialnih zobnikov
$T$	Število delitev
$T'$	Pomožno delilno število
$i$	Prestavno razmerje polževega prenosa ( 40 )

Prestavno razmerje diferencialnih zobnikov dosežemo s pomočjo menjalnih in vmesnih zobnikov.



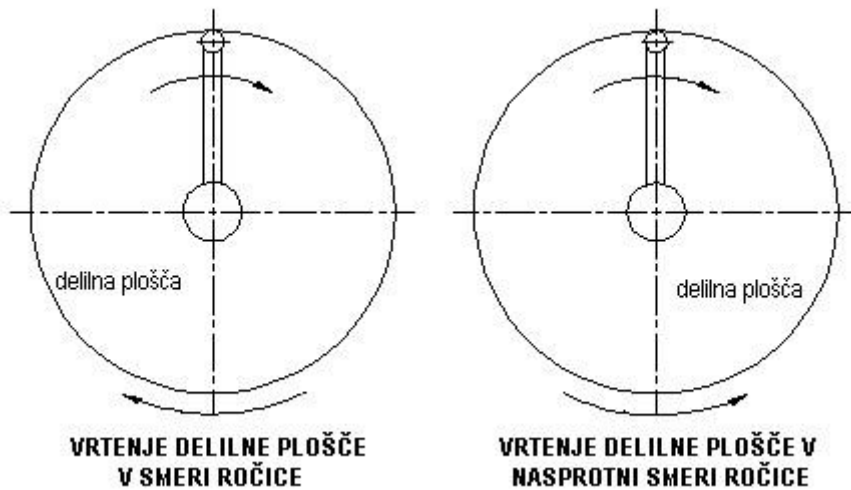
**DELILNIK ZA DIFERENCIALNO DELJENJE**

Vrtenje delilne plošče opravimo z *menjalnimi zobniki*, ki jih montiramo v škarje delilnika. Prestavno razmerje menjalnih zobnikom lahko dosežemo z enim ali z dvema paroma menjalnih zobnikov.

Menjalni zobniki so naslednji:

24, 24, 27, 28, 28, 30, 32, 39, 40, 44, 48, 56, 64, 68, 72, 76, 80, 86, 96, 100, 127

Če iz zgornje enačbe dobimo pozitiven rezultat za  $i_d$ , se delilna plošča vrti v isto smer kot ročica, ker bi se vreteno zavrtelo premalo. Če pa je rezultat negativen se mora delilna plošča vrteti v nasprotno smer kot ročica, ker bi se vreteno zavrtelo preveč. To lahko dosežemo z enim ali dvema *vmesnima zobnikoma*.



Pri tem velja naslednje pravilo:

	$T' > T$	$T' < T$	$T' > T$	$T' < T$
Število menjalnih zobnikov	2	2	4	4
Število vmesnih zobnikov	2	1	1	/

Menjalne zobnike računamo po enačbi

$$i_d = \frac{A}{D},$$

če imamo enostavno prestavno razmerje (en par menjalnih zobnikov).

$$i_d = \frac{DB}{CA},$$

če imamo sestavljeno prestavno razmerje iz dveh parov menjalnih zobnikov.

Število vrtljajev ročice izračunamo enako kot pri indirektnem deljenju, le da namesto dejanskega števila delitev izberemo pomožno delilno število  $T'$ .

$$n = i / T'$$



Za pomožno delilno število  $x$  običajno izberemo sodo število, ki je čim bliže številu delitev  $T$ , vendar pa zanj imamo ustrezno število lukenj na delilni plošči.

### Primer 1:

Izdelati je potrebno zobnik z 71 zobmi. Prestavno razmerje polževega prenosa  $i = 40$ .

Izračunaj potrebne vrtljaje ročice in potrebne diferencialne zobnike.

#### 1. Vrtljaji ročice

$n = i / T = 40 / 71$  se ne da

Izberemo pomožno delilno število.

*Za pomožno delilno število  $T'$  običajno izberemo sodo število, ki je čim bliže številu delitev  $T$ , vendar pa zanj imamo ustrezno število lukenj na delilni plošči.*

$T' = 72$

$n = i / T' = 40 / 72 = 5 / 9$  vrtljaja

*V našem primeru potrebujemo delilno ploščo s številom lukenj, ki je deljivo z 9, rezultat nato pomnožimo s 5.*

$18 / 9 = 2$  in  $2 \times 5 = 10$  lukenj

$n = 0$  celih vrtljajev in 10 lukenj na 1. plošči / 18 (4.krog)

Torej bi morali zavrteti ročico za vsak zob zobnika, ki ga naredimo za 10 lukenj na 1. plošči/18 (4.krog)

#### 2. Diferencialni zobniki

$$i_d = (T' - T) \frac{i}{T'} = \frac{40}{72} (72 - 71) = \frac{40}{72} = \frac{A}{D}$$

Oba menjalna zobnika sta na razpolago. Ker je rezultat pozitiven ( $T' > T$ ), se plošča vrti v istosmer kot ročica, zato potrebujemo dva vmesna zobnika.

*Rezultat:*

Število lukenj delilne plošče na določenem krogu :

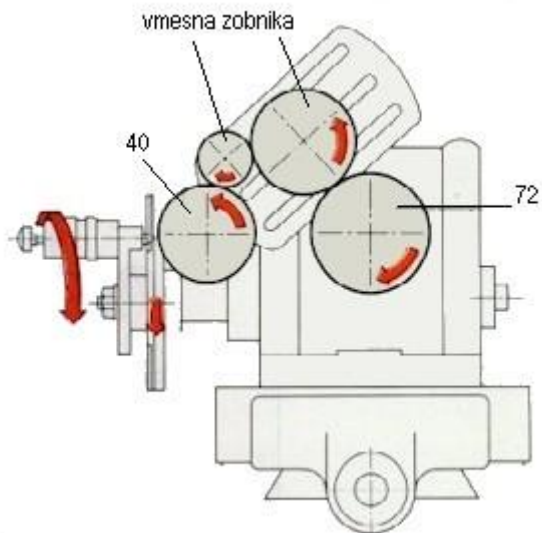
10 lukenj na 1. plošči/18 (4.krog)

Menjalna zobnika sta :

$$A = 40$$

$$D = 72$$

Število vmesnih poljubnih zobnikov : 2



Pri tem si lahko pomagamo s tabelo delitev za diferencialno deljenje za  $i = 40$ .

### **Primer 2:**

Izdelati je potrebno zobnik s 122 zobmi. Prestavno razmerje polževega prenosa

$$i = 40.$$

Izračunaj potrebne vrtljaje ročice in potrebne diferencialne zobnike.

#### 1. Vrtljaji ročice

$$n = i / T = 40 / 122 = 20 / 61 \text{ se ne da}$$

Izberemo pomožno delilno število.

$$T' = 120$$

$$n = i / T' = 40 / 120 = 1 / 3 \text{ vrtljaja}$$

V našem primeru potrebujemo delilno ploščo s številom lukenj, ki je deljivo s 3, rezultat nato pomnožimo z 1.

$$39 / 3 = 13 \text{ in } 1 \times 13 = 13 \text{ lukenj}$$

$$n = 0 \text{ celih vrtljajev in } 13 \text{ lukenj na } 3. \text{ plošči} / 39 \text{ (2.krog)}$$

Ročico zavrtimo za vsak zob zobnika, ki ga naredimo za 13 lukenj na 3. plošči/39 (2.krog)

## 2. Diferencialni zobniki

$$i_d = (T' - T) \frac{i}{T'} = \frac{40}{120} (120 - 122) = -\frac{80}{120} = -\frac{32}{48}$$

Oba menjalna zobnika sta na razpolago. Ker je rezultat negativen ( $T' < T$ ), se plošča vrti v nasprotno smer kot ročica, zato potrebujemo en vmesne zobnik.

*Rezultat:*

Število lukenj delilne plošče na določenem krogu :

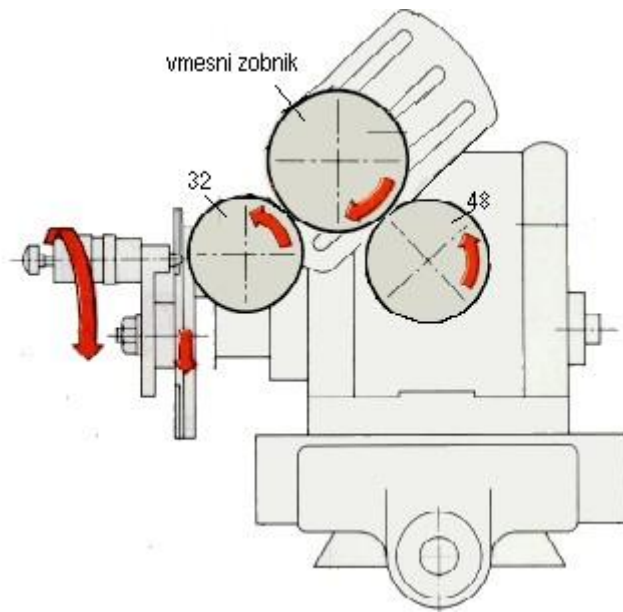
$$13 \text{ lukenj na } 3. \text{ plošči} / 39 \text{ (2.krog)}$$

Menjalna zobnika sta :

$$A = 32$$

$$D = 48$$

Število vmesnih poljubnih zobnikov : 1



Pri tem si lahko pomagamo s tabelo delitev za diferencialno deljenje za  $i=40$ .

Tabele delitev za diferencialno deljenje $i=40$			
Število T, ki ga delimo	Število lukenj na določenem krogu	Diferencialno menjalni zobniki na delilniku	Število vmesnih poljubnih zobnikov p
		A B C D	
51	14/17	48 24	1
53	35/49	72 24 40 56	1
	15/21	72 24 40 56	1
57	35/49	40 56	1
	15/21	40 56	1
59	26/39	32 48	2
	22/33	32 48	2
	12/18	32 48	2
61	26/39	32 48	1
	22/33	32 48	1
	12/18	32 48	1
63	26/39	48 24	1
	22/33	48 24	1
	12/18	48 24	1
67	28/49	48 28	2

	12/21	48 28	2
69	12/20	56 40	1
71	15/27	40 72	2
	10/18	40 72	2
73	28/49	48 28	1
	12/21	48 28	1
77	10/20	48 32	2
79	10/20	24 48	2
81	10/20	24 48	1
83	10/20	48 32	1
87	7/15	24 40	1
89	12/27	32 72	2
	8/18	32 72	2
91	18/39	48 24	1
93	12/27	32 24	1
	8/18	32 24	1
96	21/49	32 28	1
	9/21	32 28	1
97	8/20	48 40	2
99	8/20	32 40 28 56	1
101	8/20	48 40 24 72	/
102	8/20	32 40	1
103	8/20	48 40	1
106	16/43	48 24 24 86	1
107	8/20	64 32 56 40	/
109	6/16	28 32	1
111	13/39	72 24	2
	11/33	72 24	2
	6/18	72 24	2
112	13/39	64 24	2
	11/33	64 24	2
	6/18	64 24	2
<b>Tabele delitev za diferencialno deljenje i=40</b>			
<b>Število T, ki ga delimo</b>	<b>Šte Število lukenj na določenem krogu</b>	<b>Diferencialno menjalni zobniki na delilniku</b>	<b>Število vmesnih poljubnih zobnikov p</b>
		A B C D	
113	13/39	56 24	2

	11/33	56 24	2
	6/18	56 24	2
114	13/39	48 24	2
	11/33	48 24	2
	6/18	48 24	2
117	13/39	24 24	2
	11/33	24 24	2
	6/18	24 24	2
118	13/39	32 48	2
	11/33	32 48	2
	6/18	32 48	2
119	13/39	24 72	2
	11/33	24 72	2
	6/18	24 72	2
121	13/39	24 72	1
	11/33	24 72	1
	6/18	24 72	1
122	13/39	32 48	1
	11/33	32 48	1
	6/18	32 48	1
123	13/39	24 24	1
	11/33	24 24	1
	6/18	24 24	1
125	13/39	40 24	1
	11/33	40 24	1
	6/18	40 24	1
126	13/39	48 24	1
	11/33	48 24	1
	6/18	48 24	1
127	13/39	56 24	1
	11/33	56 24	1
	6/18	56 24	1
129	13/39	72 24	1
	11/33	72 24	1
	6/18	72 24	1
131	6/20	28 40	2

133	14/49	48 24	2
	6/21	48 24	2
134	14/49	48 28	2
	6/21	48 28	2
137	14/49	24 28	2
	6/21	24 28	2
138	14/49	32 56	2
	6/21	32 56	2
139	14/49	24 48 32 56	1
	6/21	24 48 32 56	1

**Tabele delitev za diferencialno deljenje  $i=40$**

Število T, ki ga delimo	Število lukenj na določenem krogu	Diferencialno menjalni zobniki na delilniku	Število vmesnih poljubnih zobnikov p
		A B C D	
141	5/18	40 48	2
142	14/49	32 56	1
	6/21	32 56	1
143	14/49	24 28	1
	6/21	24 28	1
146	14/49	48 28	1
	6/21	48 28	1
147	14/49	48 24	1
	6/21	48 24	1
149	14/49	72 28	1
	6/21	72 28	1
151	5/20	72 32	2
153	5/20	56 32	2
154	5/20	48 32	2
157	5/20	24 32	2
158	5/20	24 48	2
159	5/20	28 56 32 64	1
161	5/20	32 64 28 56	/
162	5/20	24 48	1
163	5/20	24 32	1
166	5/20	48 32	1
167	5/20	56 32	1
169	5/20	72 32	1

171	5/21	40 56	1
173	6/27	64 32 56 72	1
	4/18	64 32 56 72	1
174	6/27	32 24	2
	4/18	32 24	2
175	6/27	64 32 40 72	1
	4/18	64 32 40 72	1
176	6/27	64 24 24 72	1
	4/18	64 24 24 72	1
177	6/27	48 72	2
	4/18	48 72	2
178	6/27	32 72	2
	4/18	32 72	2
179	6/27	32 48 24 72	1
	4/18	32 48 24 72	1
181	6/27	32 72 24 48	/
	4/18	32 72 24 48	/
182	6/27	32 72	1
	4/18	32 72	1
183	6/27	32 48	1
	4/18	32 48	1
186	6/27	64 48	1
	4/18	64 48	1

**Tabele delitev za diferencialno deljenje  $i=40$**

<b>Število T, ki ga delimo</b>	<b>Število lukenj na določenem krogu</b>	<b>Diferencialno menjalni zobniki na delilniku</b>	<b>Število vmesnih poljubnih zobnikov p</b>
		A B C D	
187	6/27	56 24 48 72	2
	4/18	56 24 48 72	2
189	6/27	64 32	1
	4/18	64 32	1
191	4/20	72 40	2
192	4/20	64 40	2
193	4/20	56 40	2
194	4/20	48 40	2
197	4/20	24 40	2



198	4/20	32 40 28 56	1
199	4/20	32 64 40 100	1
201	4/20	24 72 24 40	/
202	4/20	48 72 24 40	/
203	4/20	24 40	1
204	4/20	32 40	1
206	4/20	48 40	1
207	4/20	56 40	1
208	4/20	64 40	1
209	4/20	72 40	1
211	3/16	28 40	2
212	8/43	48 24 24 86	1
213	5/27	40 72	2
214	4/20	64 32 56 40	/
217	4/21	64 48	1
218	3/16	56 64	1
219	4/21	48 28	1
221	3/17	24 24	2
222	3/18	72 24	2
223	8/43	64 24 48 86	2
224	3/18	64 24	2
225	5/27	40 24	1
226	3/18	56 24	2
227	8/49	72 28 64 56	1
228	3/18	48 24	2
229	3/18	44 24	2
231	3/18	48 32	2
233	3/18	56 48	2
234	3/18	24 24	2
236	3/18	32 48	2
237	3/18	24 48	2
238	3/18	24 72	2
239	3/18	32 64 24 72	1
241	3/18	32 64 24 72	/
242	3/18	24 72	1
243	3/18	32 64	1
244	3/18	32 48	1
246	3/18	24 24	1

Tabele delitev za diferencialno deljenje $i=40$			
Število T, ki ga delimo	Število lukenj na določenem krogu	Diferencialno menjalni zobniki na delilniku A B C D	Število vmesnih poljubnih zobnikov p
247	3/18	56 48	1
249	3/18	48 32	1
250	3/18	40 24	1
254	3/18	56 24	1
255	3/18	72 24 40 48	/
256	3/18	64 24	1
257	8/49	64 28 48 56	/
258	7/43	64 32	1
259	7/49	72 24	2
	3/21	72 24	2
261	4/29	72 24 64 48	1
262	3/20	28 40	2
263	8/49	72 28 64 56	2
265	7/49	72 24 40 56	1
	3/21	72 24 40 56	1
266	7/49	64 32	2
	3/21	64 32	2
267	4/27	32 72	2
268	7/49	48 28	2
	3/21	48 28	2
269	3/20	28 64 32 40	/
271	7/49	72 56	2
	3/21	72 56	2
272	7/49	64 56	2
	3/21	64 56	2
273	7/49	24 24	2
	3/21	24 24	2
274	7/49	48 56	2
	3/21	48 56	2
275	7/49	40 56	2
	3/21	40 56	2
276	7/49	32 56	2
	3/21	32 56	2

277	7/49	24 56	2
	3/21	24 56	2
278	7/49	24 48 32 56	1
	3/21	24 48 32 56	1
279	4/27	32 24	1
281	7/49	24 72 24 56	/
	3/21	24 72 24 56	/
282	6/43	56 24 24 86	1
283	7/49	24 56	1
	3/21	24 56	1
284	7/49	32 56	1
	3/21	32 56	1
285	7/49	40 56	1
	3/21	40 56	1

**Tabele delitev za diferencialno deljenje  $i=40$**

Število T, ki ga delimo	Število lukenj na določenem krogu	Diferencialno menjalni zobniki na delilniku	Število vmesnih poljubnih zobnikov p
		A B C D	
286	7/49	48 56	1
	3/21	48 56	1
287	7/49	24 24	1
	3/21	24 24	1
288	7/49	32 28	1
	3/21	32 28	1
289	7/49	72 56	1
	3/21	72 56	1
291	2/15	48 40	2
292	7/49	48 28	1
	3/21	48 28	1
293	2/15	56 40 32 48	1
294	7/49	48 24	1
	3/21	48 24	1
295	2/15	32 48	2
297	4/33	56 24 48 28	1
298	7/49	72 28	1
	3/21	72 28	1
299	3/23	24 24	2

301	6/43	48 24	1
302	2/16	72 32	2
303	2/15	48 40 24 72	/
304	2/16	48 24	2
305	2/15	32 48	1
306	2/15	32 40	1
307	2/15	56 40 48 72	/
308	2/16	48 32	2
309	2/15	48 40	1
311	2/16	72 24 24 64	1
313	2/16	28 32	2
314	2/16	24 32	2
315	2/16	40 64	2
316	2/16	32 64	2
317	2/16	24 64	2
318	2/16	24 48 28 56	1
319	4/29	72 24 64 48	/
321	2/16	24 64 24 72	/
322	3/23	64 32	1
323	2/16	24 64	1
324	2/16	32 64	1
325	2/16	40 64	1
326	2/16	24 32	1
327	2/16	28 32	1
329	2/16	72 24 24 64	/
331	2/16	48 64 44 24	/
332	2/16	48 32	1

**Tabele delitev za diferencialno deljenje  $i=40$**

<b>Število T, ki ga delimo</b>	<b>Število lukenj na določenem krogu</b>	<b>Diferencialno menjalni zobniki na delilniku</b>	<b>Število vmesnih poljubnih zobnikov p</b>
		A B C D	
333	3/27	72 24	2
	2/18	72 24	2
334	2/16	56 32	1
335	4/33	40 44 48 72	/
336	2/16	64 32	1
337	5/43	56 32 40 86	1

338	2/16	72 32	1
339	3/27	56 24	2
	2/18	56 24	2
341	5/43	40 32 24 86	1
342	3/27	64 32	2
	2/18	64 32	2
343	2/15	86 24 64 40	/
345	3/27	40 24	2
	2/18	40 24	2
346	3/27	64 32 56 72	1
	2/18	64 32 56 72	1
347	5/43	40 86 24 32	/
348	3/27	32 24	2
	2/18	32 24	2
349	3/27	48 24 44 72	1
	2/18	48 24 44 72	1
350	3/27	64 32 40 72	1
	2/18	64 32 40 72	1
351	3/27	24 24	2
	2/18	24 24	2
352	3/27	64 24 24 72	1
	2/18	64 24 24 72	1
353	3/27	56 72	2
	2/18	56 72	2
354	3/27	48 72	2
	2/18	48 72	2
355	3/27	40 72	2
	2/18	40 72	2
356	3/27	32 72	2
	2/18	32 72	2
357	3/27	24 72	2
	2/18	24 72	2
358	3/27	24 48 32 72	1
	2/18	24 48 32 72	1
359	5/43	100 32 48 86	2
361	2/19	64 32	2
362	3/27	32 56 28 72	2

	2/18	32 56 28 72	2
363	3/27	24 72	1
	2/18	24 72	1
<b>Tabele delitev za diferencialno deljenje i=40</b>			
Število T, ki ga delimo	Število lukenj na določenem krogu	Diferencialno menjalni zobniki na delilniku	Število vmesnih poljubnih zobnikov p
		A B C D	
364	3/27	32 72	1
	2/18	32 72	1
365	2/20	56 24 48 32	1
366	3/27	32 48	1
	2/18	32 48	1
367	3/27	56 72	1
	2/18	56 72	1
368	3/17	64 24 24 72	/
	2/18	64 24 24 72	/
369	4/41	64 28 56 32	1
371	2/21	64 24 56 32	1
372	3/27	64 48	1
	2/18	64 48	1
373	2/20	72 32 48 40	1
374	3/27	56 32 64 72	/
	2/18	56 32 64 72	/
375	3/27	40 24	1
	2/18	40 24	1
377	3/29	24 24	2
378	3/27	64 32	1
	2/18	64 32	1
379	2/20	72 40 56 48	1
381	3/27	56 24	1
	2/18	56 24	1
382	2/20	72 40	2
383	2/20	68 40	2
384	2/20	64 40	2
385	2/20	48 32	2
386	2/20	56 40	2

387	2/20	39 30	2
388	2/20	48 40	2
389	2/20	44 40	2
390	2/20	48 48	2
391	2/20	72 32 40 100	1
392	2/20	32 40	2
393	2/20	28 40	2
394	2/20	24 40	2
395	2/20	32 64	2
396	2/20	32 40 28 56	1
397	2/20	24 40 28 56	1
398	2/20	24 72 24 56	1
399	2/21	48 24	2