



**Univerzitet u Istočnom Sarajevu  
Mašinski fakultet**



**Biljana MARKOVIĆ, Lozica IVANOVIĆ,  
Miroslav MILUTINOVIĆ, Spasoje TRIFKOVIĆ,  
Saša PRODANOVIĆ**

# **INŽENJERSKA GRAFIKA**

**sa praktičnim primjerima**

**Improvement of product development studies  
in Serbia and Bosnia and Herzegovina  
530577-TEMPUS-1-2012-1-RS-TEMPUS-JPCR**



**Tempus**



**Istočno Sarajevo, 2015**





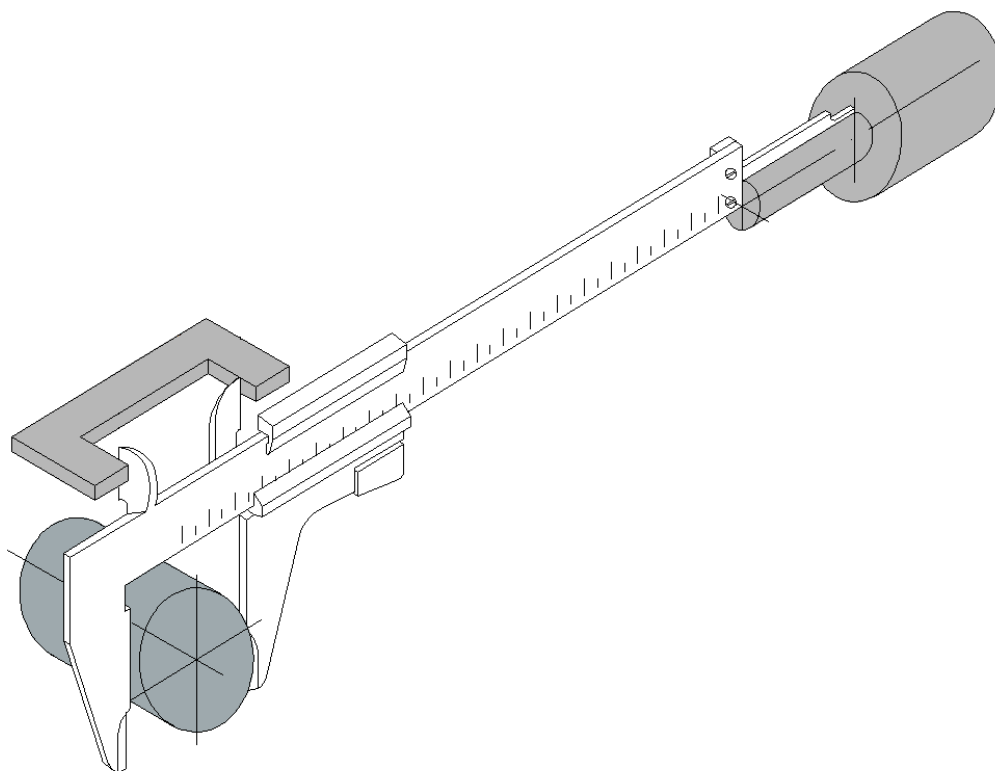
UNIVERZITET U ISTOČNOM SARAJEVU  
MAŠINSKI FAKULTET



Biljana Marković  
Lozica Ivanović  
Miroslav Milutinović  
Spasoje Trifković  
Saša Prodanović

# INŽENJERSKA GRAFIKA

SA PRAKTIČNIM PRIMJERIMA



Tempus

ISTOČNO SARAJEVO, 2015

**I PROD**



# **INŽENJERSKA GRAFIKA**

sa praktičnim primjerima

**Biljana MARKOVIĆ**  
**Ložica IVANOVIĆ**  
**Miroslav MILUTINOVIĆ**  
**Spasoje TRIFKOVIĆ**  
**Saša PRODANOVIĆ**

*Recenzenti:*

1. Dr Adisa Vučina, vanredni profesor,  
Sveučilište u Mostaru, Srojarski fakultet
2. Dr Milan Rackov, docent,  
Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka

*Izdavač:*

Univerziteta u Istočnom Sarajevu  
Mašinski fakultet Istočno Sarajevo



*Glavni i odgovorni urednik:*

Prof.dr Ranko Antunović, dekan

*Štampanje odobrilo:*

Nastavno-naučno vijeće Mašinskog fakulteta  
Univerziteta u Istočnom Sarajevu

I izdanje

*Štampa:*

„COMESGRAFIKA“ d.o.o. Banja Luka

*Tiraž:*

200 primjeraka

*Kompjuterska obrada teksta:*

Miroslav Milutinović

*Registar:*

ISBN 978-99976-623-3-0

# PREDGOVOR

Publikacija "Inženjerska grafika sa praktičnim primjerima" rezultat je rada na TEMPUS projektu „**UNAPREĐENJE OBRAZOVANJA NA UNIVERZITETIMA U SRBIJI I BIH U OBLASTI RAZVOJA PROIZVODA**“ (EACEA 530577 – 2012 – RS – TEMPUS – JPCR “**Improvement of product development studies in Serbia and Bosnia and Herzegovina**“ (IPROD). <http://iproduct.masfak.ni.ac.rs>). Koordinator projekta je Univerzitet u Nišu, a partner univerziteta su: iz EU - KIT – Karlsruhe Institute of Technology (Nemačka), FDIBA - Technical University of Sofia (Bugarska) i STU - Slovak University of Technology, Bratislava (Slovačka); iz Srbije univerziteta u Novom Sadu, Beogradu i Kragujevcu; iz BiH univerziteta u Istočnom Sarajevu, Banjoj Luci i Mostaru.

Osnovni cilj projekta je podizanje konkurentnosti regionalne industrije putem unapređenja obrazovanja u oblasti razvoja proizvoda na univerzitetima u Republici Srbiji i Bosni i Hercegovini. Specifični ciljevi projekta su:

- uvođenje novih studijskih programa u oblasti menadžmenta razvojem proizvoda/inovacionog menadžmenta i razvoja eko-proizvoda, kao i modernizacija postojećih studijskih programa u oblasti industrijskog razvoja proizvoda;
- uspostavljanje više obuka iz domena industrijskog razvoja proizvoda u okviru programa celoživotnog učenja;
- harmonizacija i modernizacija obrazovanja u oblasti industrijskog razvoja proizvoda na visokim školama strukovnih studija putem obuke nastavnika sa visokih škola.

Opstanak i uspeh preduzeća u savremenim uslovima moguće je obezbediti preko inovativnih proizvoda i proizvodnih procesa. Međutim, primena inovativnih proizvoda i proizvodnih procesa je dosta kompleksna i zahtjeva novi pristup u radu, koji je prvenstveno vezan za optimizaciju raspoloživih resursa, precizno definisanje kompetencija i kooperativni pristup u radu.

Osnova kooperativnog pristupa u radu su metode i sistemi, kojima se u svim fazama transparentno prikazuje kompletan proces razvoja proizvoda i njegove proizvodnje. Metodski pristup obuhvata primenu različitih metoda za razvoj proizvoda, metoda za planiranje i upravljanje proizvodnim procesima kao i metoda vezanih za upravljanje projektima i organizacioni menadžment. Sistemski pristup obuhvata računarsku podršku u svim fazama procesa razvoja proizvoda i njegove proizvodnje. Moderna izrada prototipa uz primenu informacionih tehnologija može višestruko da ubrza proces razvoja proizvoda.

Strategiju planiranja proizvoda i procesa određuje buduće tržište. Polazeći od strategije preduzeća analiziraju se potencijali za nove poslove, identifikuju se ideje za nove proizvode i procese i razrađuju i ocenjuju koncepti proizvoda. Rezultat strategijskog planiranja proizvoda i procesa su razvoj novih inovativnih proizvoda, njihova proizvodnja i plasiranje na tržište.

Da bi savremene kompanije uspešno rešavale ovako kompleksne probleme moraju imati na raspolaganju svestrano obrazovane inženjere. Ovo nameće potrebu da se na univerzitetima izvrši odgovarajuća reforma obrazovanja, saglasno zahtevima savremne tehnike i tehnologije. U tom smislu jedan od važnih ciljeva projekta je izdavanje publikacija u oblasti razvoja inovativnih proizvoda i unapređenja poslovanja. Predviđeno je da se u okviru IPROD projekta izda veći broj publikacija iz ove oblasti.

Ove publikacije mogu korisno da posluže obrazovanju studenata tehničkih fakulteta za sticanje stručnih kompetenci i inovacione spremnosti u oblasti razvoja proizvoda. Takođe se preporučuju i inženjerima u privredi koji se bave razvojem inovativnih, tržišno konkurentnih proizvoda za rešavanje praktičnih problema.

Rukovodilac IPROD projekt

Prof.dr Vojislav Miltenović



## RIJEČ AUTORA

“Inženjerska grafika sa praktičnim primjerima” je udžbenik čija je osnovna namjena da pomogne studentima Mašinskih fakulteta, ali i srodnih tehničkih grana, u savladavanju gradiva iz oblasti tehničkog crtanja, osnova nacrtne geometrije, ali, prije svega, u izradi obaveznih grafičkih zadataka, na I godini studija Mašinskog fakulteta Univerziteta u Istočnom Sarajevu.

Inženjerska grafika se na Mašinskom fakultetu u Istočnom Sarajevu izučava u I semestru, u fondu časova 3 + 3, te je ovaj udžbenik i koncipiran tako da prati teorijsku podlogu za izradu grafičkih radova iz oblasti koje se zastupljene nastavnim planom i programom, vodeći računa o adekvatnoj primjeni relevantnih standarda za svaku oblast. Cilj je da se studenti, na početku svoje misije izučavanja različitih oblasti inženjerstva, upoznaju prvo sa univerzalnim jezikom i pismom svih inženjera na svijetu, a to su pravila tehničkog crtanja i korišćenje tehničkog pisma, kako bi bili u stanju da “pročitaju” svaki tehnički crtež, odakle god da dolazi, ali i kreiraju vlastiti.

Softverski paketi koji podražavaju ovu oblast, CAD paketi, su raznoliki i zastupljeni na svim tehničkim fakultetima, ali njihovo korišćenje, kao neizbježnog alata koji omogućava brži, tačniji i kvalitetniji rad, je nemoguće bez poznavanja osnova struke, a to su osnovi konstruisanja, materijalizovani kroz izradu tehničke dokumentacije. Pravilno koncipirani i jasno definisani radionički i sklopni crteži su “ogledalo” svakog inženjera i njegov “govor”, čiji je konačan izlaz nakon razrađenih tehnologija proizvodnje - gotov mašinski dio, element, podsklop ili sklop, ugrađen i u najsloženije i najzahtjevnije tehničke sisteme i uređaje.

Udžbenik sa primjerima je podjeljen u 7 oblasti, iza kojih su prikazani adekvatni zadaci sa rješenjima, koji će pomoći studentima da steknu osnovna znanja iz date oblasti i da samostalno izrade svaki zadatak.

Teorijski uvodi za svaki zadatak ne daju prostor autoru za kreativan pristup i opis, jer su bazirani na standardnim, definisanim principima i pravilima, koji su danas uglavnom uniformni, naročito ako su bazirani na EU normama ili DIN standardima, dostupna literatura je samo drugačija formulacija postojećeg. Zato se zahvaljujemo kolegama sa Mašinskog fakulteta iz Kragujevca, Fakulteta tehničkih nauka iz Novog Sada, Mašinskog fakulteta iz Beograda i Mašinskog fakulteta iz Niša za mogućnost korišćenja objavljenih teorijskih izvoda iz pojedinih oblasti.

Autori se najsrdačnije zahvaljuju recenzentima, prof. dr Adisi Vučina sa Sveučilišta iz Mostara i doc. dr Milanu Rackovu sa Fakulteta tehničkih nauka iz Novog Sada na korisnim sugestijama i predlozima. Takođe, sve dobronamjerne sugestije, primjedbe i prijedlozi su dobrodošli i biće korisni za poboljšanje kvaliteta ovog materijala, u budućim izdanjima.

Takođe, ovim putem želimo da izrazimo zahvalnost svim kolegama, učesnicima Tempus projekta IPROD, za trogodišnju uspješnu saradnju i razumijevanju, pokazanu i dokazanu, između ostalog, kroz različite publikacije u okviru pomenutog projekta, a jedna od njih je i upravo ova.



## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
1.1. TEHNIČKO CRTANJE U MAŠINSTVU.....	1
1.2. STANDARDI I STANDARDIZACIJA.....	1
1.2.1. Standardni brojevi (BAS ISO 3:2005).....	3
1.3. FORMATI TEHNIČKIH CRTEŽA (BAS EN ISO 5457:2002).....	4
1.4. ZAGLAVLJA ZA CRTEŽE (BAS EN ISO 7200:2005).....	6
1.4.1. SASTAVNICE (BAS ISO 7573:2010).....	9
1.5. RAZMJERE (BAS EN ISO 5455:1999).....	10
<b>2. TEHNIČKO PISMO, UPOTREBA LINIJA I KONSTRUKCIJA KRIVIH LINIJA.....</b>	<b>11</b>
2.1. TEHNIČKO PISMO (BAS EN ISO 3098-3:2001, BAS EN ISO 3098-6:2001, BAS EN ISO 3098-4:2001).....	11
2.2. TIPOVI I DEBLJINE LINIJA (BAS A.A0.110).....	13
2.3. TEHNIČKE KRIVE LINIJE.....	17
2.3.1. Elipsa.....	17
2.3.2. Parabola.....	18
2.3.3. Hiperbola.....	19
2.3.4. Kubna parabola.....	20
2.3.5. Evolventa kruga.....	21
2.3.6. Cikloida.....	22
2.3.7. Epicikloida.....	22
2.3.8. Arhimedova spirala.....	23
2.3.9. Logaritamska spirala.....	24
2.3.10. Trigonometrijske krive.....	25
2.4. TEHNIČKA GEOMETRIJA.....	26
2.4.1. Dijeljenje duži.....	26
2.4.2. Dijeljenje ugla.....	27
2.4.3. Dijeljenje površine trougla.....	27

2.4.4.	Dijeljenje obima kruga.....	28
2.4.5.	Crtanje pravilnih poligona.....	29
2.4.6.	Spajanje linija kružnim lukom.....	30
2.4.7.	Spajanje pravih sa dva suprotna kružna luka .....	30
2.4.8.	Crtanje tangente na krug.....	31
2.4.9.	Spajanje kružnog luka sa pravom.....	32
2.4.10.	Spajanje kružnih lukova sa pravom.....	33
2.4.11.	Spajanje kružnih lukova drugim lukom.....	33
<b>3.</b>	<b>PROJICIRANJE NA RAVAN.....</b>	<b>39</b>
3.1.	VRSTE PROJICIRANJA .....	39
3.2.	CENTRALNA PROJEKCIJA - PERSPEKTIVA.....	40
3.3.	PARALELNO PROJICIRANJE.....	41
3.3.1.	Aksonometrijsko projiciranje.....	41
3.4.	ORTOGONALNO PROJICIRANJE .....	43
3.5.	IZGLEDI I POGLEDI.....	47
	PRIMJERI.....	50
<b>4.</b>	<b>KOTIRANJE.....</b>	<b>57</b>
4.1.	OSNOVNA PRAVILA KOTIRANJA.....	57
4.2.	ELEMENTI KOTIRANJA.....	58
4.3.	PRAVILA KOTIRANJA.....	59
4.3.1.	Upisivanje kotnog broja.....	61
4.3.2.	Primjeri različitih položaja kotnih brojeva.....	61
4.3.3.	Primjena simbola na crtežima.....	63
4.3.4.	Kotiranje poluprečnika.....	65
4.4.	VRSTE KOTIRANJA (BAS ISO 129-1:2007).....	65
4.4.1.	Simetrično kotiranje.....	65
4.4.2.	Redno (serijsko) kotiranje.....	66
4.4.3.	Paralelno kotiranje.....	66
4.4.4.	Kotiranje preklapanjem kotnih linija.....	67
4.4.5.	Kotiranje koordinatama.....	67
4.4.6.	Kombinovano kotiranje.....	67
4.5.	POSEBNE OZNAKE.....	68
4.5.1.	Nedovoljno jasni detalji dijelova.....	69
4.5.2.	Kotiranje zakošenja i upuštenja.....	69
4.5.3.	Kotiranje konusa i nagiba.....	70
4.5.4.	Kotiranje tolerisanih mjera.....	72
4.6.	PRESJECI (BAS ISO 128-44:2006).....	73
4.6.1.	Pojam presjeka.....	73
4.6.2.	Vrste šrafure.....	74
4.6.3.	Promjena ugla šrafure i šrafiranje složenog presjeka.....	74
4.6.4.	Izgled presjeka.....	74
4.7.	VRSTE PRESJEKA (BAS ISO 128-44:2006).....	76
4.7.1.	Pun simetričan presjek.....	76
4.7.2.	Polupresjek.....	77
4.7.3.	Presjek sa više paralelnih ravni.....	78
4.7.4.	Presjeci koji se ne šrafiraju.....	78
4.7.5.	Zaokrenuti presjek.....	79
4.7.6.	Djelimični presjek.....	80
4.7.7.	Uzastopni i lokalni presjek.....	80
4.7.8.	Presjek nesimetričnih dijelova.....	81
	PRIMERI.....	82
<b>5.</b>	<b>TOLERANCIJE MAŠINSKIH SISTEMA.....</b>	<b>90</b>
5.1.	TOLERANCIJE DUŽINSKIH MJERA.....	90
5.1.2.	Tolerancije slobodnih mjera.....	98
5.1.3.	Nalijeganje dužinskih mjera.....	99

5.1.3.1. Labavo nalijeganje.....	99
5.1.3.2. Čvrsto nalijeganje.....	100
5.1.3.3. Neizvjesno nalijeganj.....	101
5.2. TOLERANCIJE HRAPAVOSTI POVRŠINA.....	102
5.2.1. Opšta razmatranja.....	102
5.2.2. Parametri hrapavosti.....	103
5.2.3. Označavanje kvaliteta hrapavosti.....	105
5.3. TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA (BAS ISO 129-1:2007).....	109
5.3.1. Vrste tolerancija oblika i položaja.....	110
5.3.2. Označavanje geometrijskih tolerancija.....	112
5.3.3. Unošenje tolerancija oblika i položaja u crteže.....	113
TABLICE.....	116
PRIMJERI.....	135
<b>6. SNIMANJE MAŠINSKIH DIJELOVA.....</b>	<b>146</b>
6.1. IZRADA SKICA.....	146
6.1.1. Izrada originalnog crteža na osnovu skice.....	149
6.2. MJERENJE PRILIKOM SKICIRANJA.....	150
6.3. PRIKAZIVANJE MAŠINSKIH DIJELOVA.....	154
6.4. ELEMENTI ZA VEZU.....	154
6.4.1. Navojne veze.....	154
6.4.2. Čvrsta razdvojiva veza zavrtnjima.....	157
6.4.3. Čvrsta nerazdvojiva veza zakivcima.....	158
6.4.4. Veza glavčine i vratila uzdužnim klinom.....	159
6.4.5. Elastična veza oprugama.....	159
6.4.6. Zavareni spojevi .....	161
6.5. ZUPČASTI PAROVI.....	163
6.5.1. Uprošćeno prikazivanje zupčastih parova.....	165
6.5.2. Šematsko prikazivanje zupčastih prenosnika.....	166
6.6. UPROŠĆENO CRTANJE LANČANOG PRENOSNIKA.....	166
6.7. UPROŠĆENO PRIKAZIVANJE KOTRLJAJNIH LEŽAJA.....	167
6.8. RADIONIČKI CRTEŽI .....	168
<b>7. IZRADA CRTEŽA SKLOPA.....</b>	<b>173</b>
7.1. OPŠTA RAZMATRANJA.....	173
7.2. POZICIONI BROJEVI.....	174
7.3. BROJEVI CRTEŽA.....	174
7.4. RAZRADA CRTEŽA SKLOPA.....	174
PRIMJERI.....	176
<b>8. LITERATURA.....</b>	<b>191</b>





# 1. UVOD

## 1.1. TEHNIČKO CRTANJE U MAŠINSTVU

Za uspješno odvijanje procesa projektovanja, konstruisanja, kreiranja oblika (dizajna), izrade i kontrole proizvoda neophodno je usklađeno djelovanje svih učesnika u tim procesima. To se može postići samo odgovarajućom razmjenom informacija.

Jedan od najboljih načina razmjene informacija u tehnici je grafička komunikacija primjenom tehničkih crteža.

Tehnički crtež predstavlja univerzalni jezik komunikacije tehničkih lica u oblasti mašinstva. To je je tehnička disciplina koja omogućava da se trodimenzionalni objekat prikaže u ravni crteža.

Osnovni cilj mašinskog tehničkog crtanja je da se kroz crtež ili skup crteža u potpunosti jednoznačno definišu oblik, funkcija, dimenzije, vrsta obrade, materijal, kvalitet i druge karakteristike mašinskih dijelova i sklopova.

U tehničkom crtanju predmeti se prikazuju tako da se jednostavno mogu odrediti sve dimenzije predmeta. Za razumijevanje tehničkog crteža u mašinstvu potrebno je da tehnički crtež bude jasan, pregledan i precizan.

Tehničko crtanje se bazira na principima nacrtne geometrije, u kombinaciji sa pravilima tehničkog crtanja, koja su propisana adekvatnim standardima i specifikacijama, radi postizanja jednobraznosti.

## 1.2. STANDARDI I STANDARDIZACIJA

Pod **standardima** se podrazumijevaju propisi, utvrđeni od ovlašćenih organa zajednice, čiji je osnovni cilj postizanje određenih ekonomskih ili nekih drugih pogodnosti. Standardi, koji se donose u interesu društva, su obavezni (što se na njima posebno označava) dok se ostali standardi mogu primjenjivati u onim slučajevima kada se za to nađe neki interes. Standard je dokument koji sadrži karakteristike i zahtjeve za proizvod (tehničke specifikacije), postupke

proizvodnje ili metode ispitivanja i ocjenjivanja usaglašenosti proizvoda sa zahtjevima. Standardi nastaju i razvijaju se kao rezultat dostignuća u nauci i tehnici, kao i na osnovu iskustva, dobre prakse, u svim oblastima.

Pod **standardizacijom** se podrazumijeva djelatnost koja, pored donošenja i tumačenja standarda, vrši nadzor nad njihovom primjenom u vidu provjere tehničke dokumentacije i kvaliteta gotovih proizvoda, odnosno, proces stvaranja i primjene pravila, u cilju postizanja jednoobraznosti i bolje razmjene informacija.

Primjenom standarda postižu se sledeći ciljevi:

- poboljšanje kvaliteta proizvoda,
- pogodan izbor raznih parametara i drugih karakteristika industrijskih proizvoda,
- povećanje ekonomičnosti,
- otklanjanje nesporazuma u trgovini,
- zaštita interesa potrošača,
- olakšana razmjenljivost mašinskih dijelova i sklopova uvođenjem tipizacije i unifikacije.

Standardi mogu biti:

- međunarodni (ISO standardi),
- nacionalni (bosanskohercegovački BAS, srpski SRPS, njemački DIN, ruski GOST, američki ANSI standardi itd.),
- interni (npr. fabrički standardi).

Pravila tehničkog crtanja su definisana nacionalnim standardima koji su usklađeni sa međunarodnim standardima **ISO** (International Standard Organisation). Sve industrijski razvijene zemlje imaju nacionalne standarde.

Bosanskohercegovački standarde donosi Institut za standardizaciju Bosne i Hercegovine i oni imaju status Zakona koji se mora primjenjivati.

Oznake standarda države Bosne i Hercegovine počinju skraćenicom **BAS**.

Označavanje BH standarda se vrši prema ICS klasifikaciji, tj. ICS klasifikatoru, shodno podjeli na nacionalne, regionalne (evropske) ili međunarodne standarde.

Pored oblika, dimenzija, materijala, kvaliteta i ostalih osobina proizvoda, standardima se takođe propisuje način označavanja, izgled tehničke dokumentacije, pakovanje, transport i dr.

Najznačajniji BAS standardi za tehničko crtanje dati su u tabeli 1.1.

**Tabela 1.1. Najznačajniji BAS standardi za tehničko crtanje**

Naslov	Oznaka
Standardni brojevi, Redovi standardnih brojeva	BAS ISO 3:2005
Tehničko pismo	BAS EN ISO 3098-0:1999, Tehnička dokumentacija proizvoda - Pisanje - Dio 0 : Opšti zahtjevi BAS EN ISO 3098-2:2001, Tehnička dokumentacija proizvoda - Pisanje - Dio 2: Latinično pismo, brojevi i oznake BAS EN ISO 3098-3:2001, Tehnička dokumentacija proizvoda - Pisanje - Dio 3: Grčko pismo BAS EN ISO 3098-4:2001, Tehnička dokumentacija proizvoda - Pisanje - Dio 4: Dijakritički i posebni znaci za latinično pismo BAS EN ISO 3098-5:1999, Tehnička dokumentacija proizvoda - Pisanje - Dio 5: CAD pisanje latiničnog pisma, brojeva i znakova BAS EN ISO 3098-6:2001, Tehnička dokumentacija proizvoda - Pisanje - Dio 6: Ćirilčno pismo
Formati crteža	BAS EN ISO 5457:2002, Tehnička dokumentacija proizvoda - Format i obrasci za crteže BAS EN ISO 5457/A1:2011, Tehnička dokumentacija proizvoda - Format i obrasci za crteže – Amandman 1

**Nastavak tabele 1.1. Najznačajniji BAS standardi za tehničko crtanje**

Naslov	Oznaka
Razmjere	BAS EN ISO 5455:1999 Tehnički crteži – Razmjere
Opšti principi prikazivanja	BAS ISO 128-1:2006, Tehnički crteži - Opšti principi predstavljanja - Dio 1: Uvod i popis BAS ISO 128-22:2006, Tehnički crteži - Opšti principi predstavljanja - Dio 22: Osnovna pravila primjene pokaznih i referentnih linija BAS ISO 128-24:2006, Tehnički crteži-Opšti principi predstavljanja - Dio 24: Linije na mašinskim crtežima BAS ISO 128-30:2006, Tehnički crteži - Opšti principi predstavljanja - Dio 30: Osnovna pravila za poglede BAS ISO 128-34:2002, Tehnički crteži - Opšti principi predstavljanja - Dio 34: Pogledi na crtežima u mašinstvu BAS ISO 128-40:2006, Tehnički crteži - Opšti principi predstavljanja - Dio 40: Osnovna pravila za presjeka BAS ISO 128-44:2006, Tehnički crteži - Opšti principi predstavljanja - Dio 44: Presjeci na crtežima u mašinstvu BAS ISO 128-50:2006, Tehnički crteži- Opšti principi predstavljanja - Dio 50: Osnovna pravila predstavljanja površina na presjecima
Zaglavlja	BAS EN ISO 7200:2005, Tehnička dokumentacija proizvoda- Polja podataka u zaglavlju i zaglavlja dokumenta
Sastavnice	BAS ISO 7573:2010, Tehnička dokumentacija proizvoda – Sastavnica
Kotiranje	BAS ISO 129-1:2007, Tehnički crteži- Označavanje dimenzija i tolerancija - Dio 1: Opšti principi
Tolerancije oblika i položaja	BAS ISO 129-1:2007
Označavanje stanja površina	BAS EN ISO 1302:2008 Geometrijske specifikacije proizvoda (GPS) - Označavanje stanja površine u tehničkoj dokumentaciji proizvoda

### 1.2.1. Standardni brojevi (BAS ISO 3:2005)

Neosporno je da je veoma važno definisati i širinu i gustinu tzv. linije proizvoda, u okviru asortimana proizvoda. Definisanje karakterističnih veličina, za jednu liniju proizvoda, najčešće se vrši posredstvom **standardnih brojeva**, jer oni omogućavaju skladan raspored veličina u okviru malih i velikih brojeva, a znatno rjeđe posredstvom aritmetičkog reda. Standardne brojeve je prvi uveo francuski pukovnik Renard, pa se u njegovu čast redovi standardnih brojeva označavaju sa velikim slovom R. Standardni brojevi su veoma slični brojevima geometrijskog reda. Jedina razlika je u tome što je kod njih izvršeno određeno zaokruživanje brojeva (članova reda), tako da se oni u potpunosti ne pokoravaju osnovnom zakonu geometrijskog reda, gdje je  $q = \text{const.}$ , već je kod njih faktor porasta samo približna veličina, čija je vrijednost unaprijed definisana. Standard predviđa četiri osnovna i jedan izuzetan red. Faktori porasta, za osnovne standardne redove, su:

- za red R5:  $q_5 = \sqrt[5]{10} = 1,5849 \approx 1,6$

- za red R10:  $q_{10} = \sqrt[10]{10} = 1,2589 \approx 1,25$

- za red R20:  $q_{20} = \sqrt[20]{10} = 1,1220 \approx 1,12$

- za red R40:  $q_{40} = \sqrt[40]{10} = 1,0593 \approx 1,06$

a za tzv. izuzetan red

- za red R80:  $q_{80} = \sqrt[80]{10} = 1,0292 \approx 1,03$

Na osnovu tako definisanih faktora porasta formirani su redovi standardnih brojeva

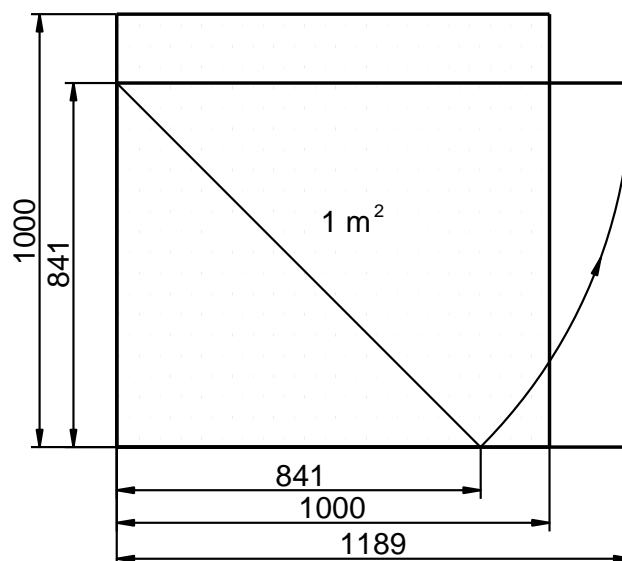
$a_0 = 1 = q^0$	njegov nazivni broj	$N = 0$
$a_1 = a_0 q = q^1$		$N = 1$
$a_2 = a_1 q = a_0 q^2 = q^2$		$N = 2$
$a_3 = a_2 q = a_1 q^2 = a_0 q^3 = q^3$		$N = 3$
$a_4 = a_3 q = a_2 q^2 = a_1 q^3 = a_0 q^4 = q^4$		$N = 4$
...		
$a_n = a_{n-1} q = \dots = a_{n-m} q^m = \dots = q^n$		$N = n$

Svi proračuni, u okviru standardnih brojeva, obavezno se moraju vršiti posredstvom nazivnih brojeva, kako bi i izračunati brojevi bili standardni.

U slučaju da osnovni redovi ne mogu da zadovolje postavljene zahtjeve koriste se tzv. izvedeni redovi koji se formiraju tako što se iz nekog od osnovnih redova očitava svaki drugi, treći, ili n - ti član.

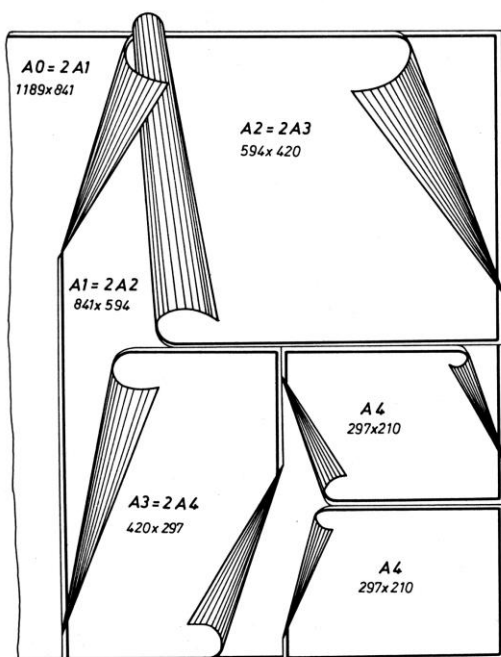
### 1.3. FORMATI TEHNIČKIH CRTEŽA (BAS EN ISO 5457:2002)

Tehnički crteži se crtaju na formatima papira određenog odnosa dužine stranica i standardnih veličina. Korišćenje standardnih formata omogućava racionalno korišćenje papira, jednobrazno previjanje i lakše čuvanje u arhivama. Kao osnovni format uzima se pravougaonik čija je površina  $a \times b = 1 \text{ m}^2$ , a odnos stranica  $a : b = \sqrt{2}$ . Iz tih uslova izračunate su dužine stranica  $a=1189 \text{ mm}$  i  $b=841 \text{ mm}$  (slika 1.1). Ovaj format je označen sa A0.



Slika 1.1. Određivanje osnovnog formata

Manji formati se dobijaju polovljenjem većeg formata po dužoj stranici, a njihove oznake su A1, A2, A3 i A4 (slika 1.2).



Slika 1.2. Formati crteža

Tabela 1.2. Mjere standardnih formata

Oznake formata osnovnih veličina	Mere, mm
A0	841 × 1189
A1	594 × 841
A2	420 × 594
A3	297 × 420
A4	210 × 297

Moguće je koristiti i produžene veličine formata, koji služe za prikazivanje dugačkih i uskih predmeta, objekata i slično, kao što je prikazano u tabeli 1.2.

Tabela 1.2. Mjere produženih formata

Oznake formata produženih veličina	Mere, mm
A3 × 3	420 × 891
A3 × 4	420 × 1189
A4 × 3	297 × 630
A4 × 4	297 × 841
A4 × 5	297 × 1051

Kod svih formata, osim kod formata A4, duža stranica je horizontalna.

Na svim veličinama formata moraju postojati linije po kojima se opsjecaju obrasci – okvir opsjecanja i linije za ograničenje prostora za crtanje – okvir crteža (slika 1.3).

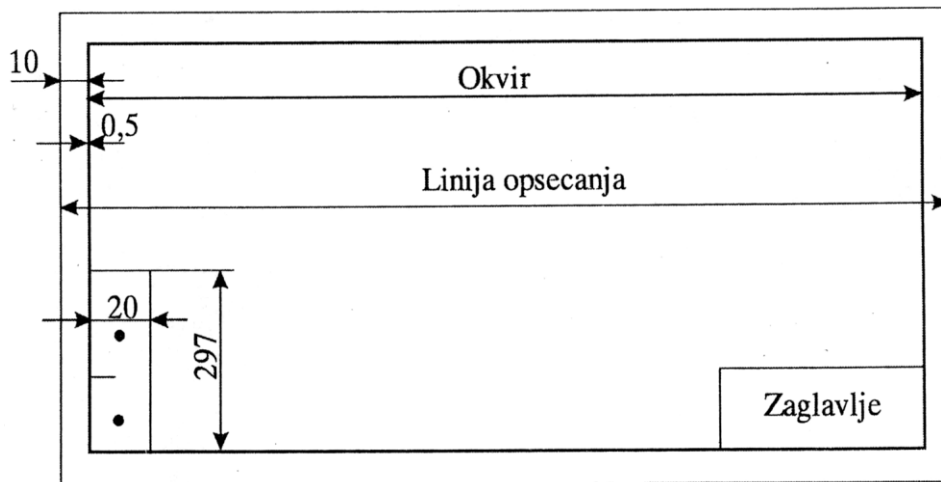


Slika 1.3. Ivice i okvir

Tabela 1.3. Širina okvira

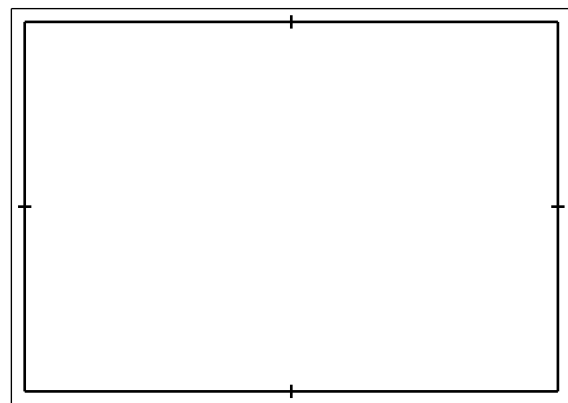
Oznaka formata	Okvir crteža, mm	
	Normalna širina	Najmanja širina
A0, A1	20	10
A2, A3, A4	10	7

Ukoliko se vrši odlaganje kopija crteža (hard copy) u registratoru i slično (što se danas izbjegava, obzirom da se koriste elektronski zapisi), onda se duž lijeve ivice okvira crteža ostavlja polje za bušenje i odlaganje. U tom slučaju najmanja širina polja mora biti 20 mm, a najmanja visina 297 mm (slika 1.4). Ovo je prevaziđen način odlaganja crteža, ali se još uvijek koristi u nekim fabrikama mašinske industrije.



**Slika 1.4** Uokviravanje formata A2

Na svim formatima moraju biti ucrtane četiri oznake za centriranje, radi lakšeg postavljanja crteža prilikom fotokopiranja i sl. Oznake za centriranje se ucrtavaju na krajevima dvije ose simetrije opsječenog formata i to linijama debljine 0,5 mm, počev od ivice opsječenog formata i dužine oko 5 mm preko okvira crteža (slika 1.5).



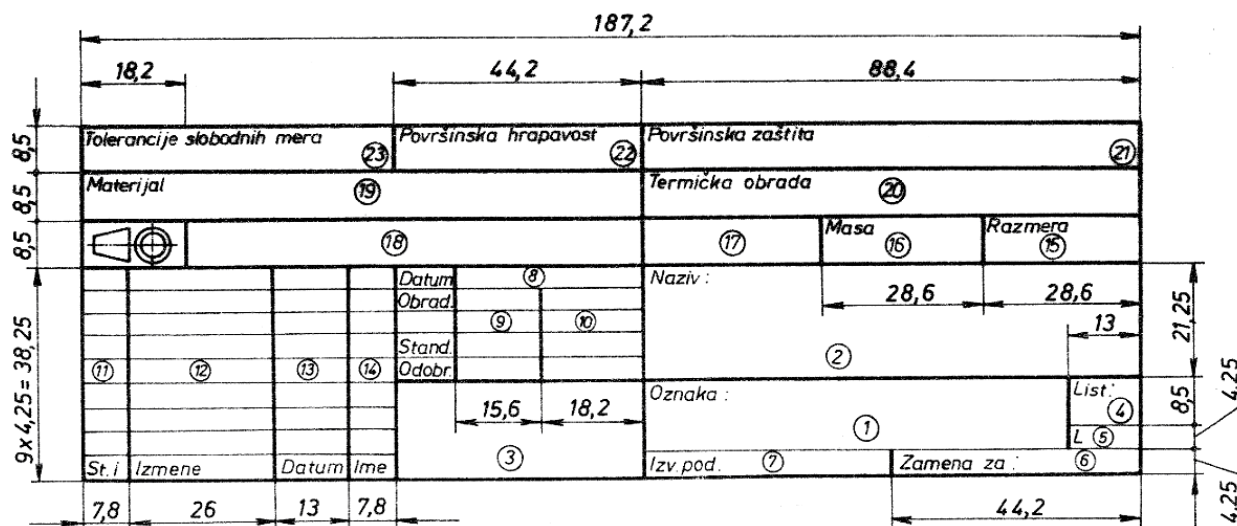
**Slika 1.5.** Oznake za centriranje

#### 1.4 . ZAGLAVLJA ZA CRTEŽE (BAS EN ISO 7200:2005)

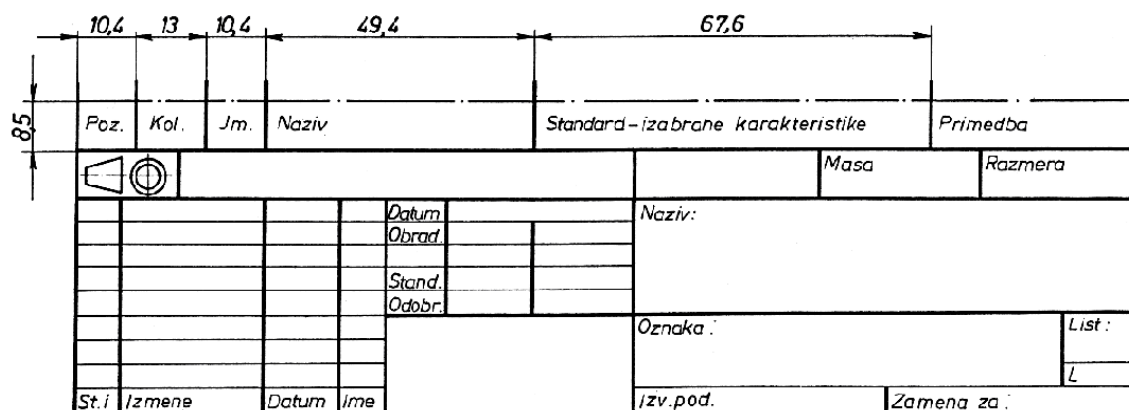
Svaki tehnički crtež mora imati zaglavlje koje služi za upisivanje osnovnih podataka potrebnih za označavanje, razvrstavanje i upotrebu crteža.

Zaglavlje je uokvireni dio površine u donjem desnom uglu crteža. Sastoji se iz osnovnog zaglavlja i, zavisno od potrebe, dodatnih polja za unošenje dopunskih podataka o prikazanom dijelu. Na slici 1.6. je dato osnovno zaglavlje, polja od 1 do 14, koje se, zajedno sa poljima od 15 do 23, koristi za crteže detalja.

Za crteže sklopova koristi se osnovno zaglavlje sa poljima 15,16,17 i 18 sa sastavnicom oblika A, koja se ispisuju paralelno sa kraćom stranicom formata A4 (slika 1.7.).



Slika 1.6. Zaglavlje za crteže detalja



Slika 1.7. Zaglavlje za crtež sklopa sa sastavnicom oblika A

U tabeli 1.4. je dato uputstvo za upotrebu i popunjavanje polja zaglavlja.

Tabela 1.4. Objašnjenje popunjavanja polja u zaglavlju

Polje	Naziv	Upisuje se
1	Oznaka	Oznaka crteža i/ili predmeta prema sistemu označavanja proizvođača
2	Naziv	Oznaka crteža i/ili predmeta. Za pisanje naziva upotrebljava se najviše 18 mjesta
3	Firma	Naziv preduzeća, ustanove, škole, fakulteta ili njihov znak
4	List	Redni broj lista
5	L (listova)	Ukupan broj listova. Ukoliko postoji samo jedan list ne upisuje se ništa
6	Zamjena za	Oznaka crteža koji je zamjenjen ovim
7	Izv. pod.	Oznaka izvornih tehničkih podataka
8	Datum	Datum kada je crtež odobren
9 i 10	Imena i potpisi	Imena i potpisi osoba koje su izvršile odgovarajuće radnje u toku izrade crteža
11	St. i.	Oznaka izmjena na crtežu (redni broj ili slovo stanja izmjene)
12	Izmjene	Broj izmjene iz matične knjige izmjena



**Nastavak tabele 1.4. Objašnjenje popunjavanja polja u zaglavlju**

Polje	Naziv	Upisuje se
13	Datum	Datum izvršenja izmjene
14	Ime	Ime izvršioca izmjene
15	Razmjera	Osnovna razmjera na crtežu
16	Masa	Ukupna neto masa dijela ili sklopa prikazanog na crtežu, u kilogramima po jedinici mjere
17 i 18		Slobodna polja koja se mogu koristiti za specifične potrebe (npr. faze razvoja, broj kopija, format crteža)
19	Materijal	Oznaka materijala, poluproizvoda, odlivka i otpreska
20	Termička obrada	Vrsta termičke obrade kojoj se podvrgava prikazani dio
21	Površinska zaštita	Oznaka površinske zaštite prikazanog dijela, prema standardu ili odgovarajućem postupku
22	Površinska hrapavost	Oznaka klase kvaliteta površinske hrapavosti
23	Tolerancije slobodnih mjera	Oznaka standarda kojim se utvrđuje dozvoljeno odstupanje slobodnih mjera

Zaglavlje crteža (slici 1.8.) predstavlja jednu tabelu, koja se obavezno crta na svim crtežima, a služi za upisivanje svih podataka koji su potrebni za identifikaciju, klasifikaciju i korišćenje crteža, sastavnica i drugih dokumenata. Oblik zaglavlja propisuje standard BAS EN ISO 7200:2005 ali se njegov izgled može neznatno mijenjati u zavisnosti od potreba korisnika. Standardna širina zaglavlja je 180 mm. Standard propisuje dvije vrste zaglavlja nisko (sl. 1.9) i visoko. Oba sadrže iste rubrike, s tim što je kod višeg veći prostor za upisivanje podataka o vlasniku dokumenta.

Odgovorno odjeljenje	Projektovao	Vrsta dokumenta	Status dokumenta			
(Vlasnik dokumenta)	Konstruisao	Naziv	(Oznaka dokumenta)			
	Odobrio		Rev	Datum Izdavanja	Jez	Str

**Slika 1.8. Izgled zaglavlja crteža**

Standard propisuje koje se informacije moraju nalaziti u zaglavlju, a pošto predloženim zaglavljem nije definisan prostor za upis tolerancija slobodnih mjera, vrste materijala, njegove mase, niti razmjere u kojoj je nacrtan crtež, preporučuje se primjena dopunjenog zaglavlja čiji je oblik prikazan na slici 1.9.

Tolerancije slo. mjera	Masa	Materijal	Razmjera			
Odgovorno odjeljenje	Projektovao	Vrsta dokumenta	Status dokumenta			
(Vlasnik dokumenta)	Konstruisao	Naziv	(Oznaka dokumenta)			
	Odobrio		Rev	Datum izdavanja	Jez	Str

**Slika 1.9. Izgled preporučenog zaglavlja crteža**

### 1.4.1. SASTAVNICE (BAS ISO 7573:2010)

Sastavnica je tabela u kojoj se prikazuje popis svih standardnih i nestandardnih dijelova i materijala koji su potrebni za sastavljanje cjeline prikazane crtežom.

Kada se sastavnica koristi na crtežu koji ima zaglavlje, tada se ona crta iznad zaglavlja i ispunjava odozdo na gore, prema rednom broju pozicija (slika 1.10.a).

3					
2					
<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>
Poz.	Kol.	Jm.	Naziv	Standard-izabrane karakteristike	Primjedba

**Slika 1.10.a** Sastavnica oblika A (ispunjava se odozdo na gore)

Moguće je da sastavnica bude odvojeni, samostalni dio tehničke dokumentacije i tada crta se u nastavku zaglavlja i ispunjava se odozgo na dole, u skladu sa zahtjevima BAS ISO 7573:2010, prema rednom broju pozicija (slika 1.10.b). Ova sastavnica je formata A4 i mora biti označena istom oznakom koju ima i osnovni crtež. Uz ovu oznaku može se dopisati i naziv "Sastavnica".

Poz.	Kol.	Jm.	Naziv	Standard-izabrane karakteristike	Primjedba
<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>
2					
3					
4					
5					

**Slika 1.10.b** Sastavnica oblika A (ispunjava se odozdo na dole)

**Tabela 1.6.** Objašnjenje popunjavanja polja u sastavnici

Polje	Naziv	Upisuje se
1	Poz. (pozicija)	Broj pozicione oznake dijela, po rastućem broju
2	Kol. (količina)	Količina dijela označenog pozicionom oznakom, odnosno materijala neophodnih za kompletan sklop koji čini predmet standarda
3	Jm (jedinica mere)	Jedinica mjere za količinu iz polja 1, npr. kom., kg i dr.
4	Naziv	Naziv dijela prema pripadajućem crtežu uz sastavnicu
5	Standard	Oznaka standarda za standardizovane dijelove ili oznaka odgovarajućeg tehničkog dokumenta (crteža) za nestandardizovane dijelove
6	Izabrane karakteristike	Izabrane karakteristike sa podacima o identifikaciji dijela (materijal, vrsta, tip, mere, tolerancije)
7	Primjedbe	Objašnjenja ili dopunski podaci za odgovarajući dio, po potrebi (npr. interna oznaka, izvedbe dijela i dr.)

## 1.5. RAZMJERE (BAS EN ISO 5455:1999)

Predmeti se u tehničkim crtežima mogu prikazati u stvarnoj veličini, uvećano ili umanjeno. Razmjera je odnos dužine linije na crtežu i dužine u prirodi koju ta linija predstavlja. Izbor razmjere zavisi od veličine dijela i njegove složenosti. Dijelovi velikih dimenzija i jednostavnog oblika crtaju se umanjeno. Dijelovi malih dimenzija i složenog oblika ponekad se moraju jasnije prikazati, pa se tada crtaju uvećano.

Bez obzira na to da li je dio nacrtan u stvarnoj veličini, uvećano ili umanjeno, pri kotiranju u crtež se unose stvarne mjere dijela. Standardne vrijednosti razmjera date su u tabeli 1.7. Razmjera se upisuje u odgovarajuće polje zaglavlja. Oznaka razmjere sadrži riječ "razmjera" ili samo brojeve. Primjer: Razmjera 1:5 ili samo 1:5.

**Tabela 1.7.** Razmjere

<b>Stvarna veličina</b>	1:1		
<b>Umanjenje</b>	1:2	1:5	1:10
	1:20	1:50	1:100
	1:200	1:500	1:1000
<b>Uvećanje</b>	2:1	5:1	10:1
	20:1	50:1	100:1

## 2. TEHNIČKO PISMO, UPOTREBA LINIJA I KONSTRUKCIJA KRIVIH LINIJA

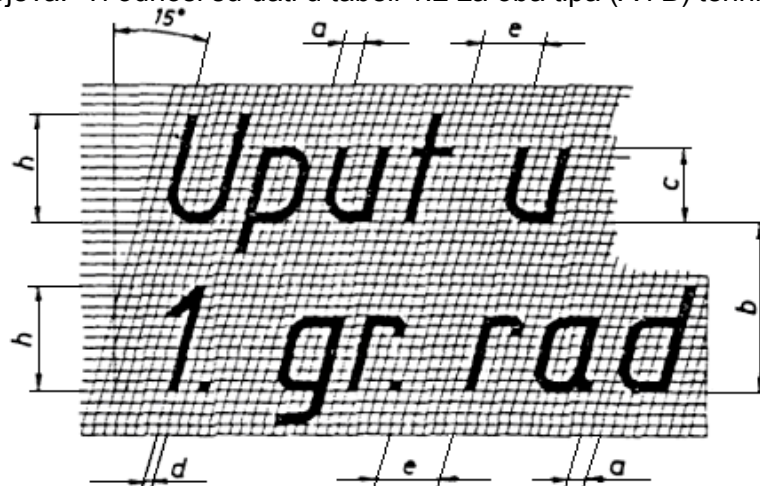
### 2.1. TEHNIČKO PISMO (BAS EN ISO 3098-3:2001, BAS EN ISO 3098-6:2001, BAS EN ISO 3098-4:2001)

Za ispisivanje natpisa, oznaka i brojeva u tehničkim crtežima koristi se tehničko pismo.

Tehničko pismo sadrži mala i velika slova ćirilice, latinice i grčkog alfabeta, arapske i rimske cifre i znake interpunkcije.

Tehničko pismo može biti pravo ili koso, pod uglom od  $15^\circ$  prema vertikali.

Sve veličine tehničkog pisma, pokazane na slici 2.1., određuju se u zavisnosti od nazivne visine  $h$  velikih slova i brojeva. Ti odnosi su dati u tabeli 1.2 za oba tipa (A i B) tehničkog pisma.



Slika 2.1. Veličine tehničkog pisma

Standardom su propisane nazivne visine  $h$  tehničkog pisma: 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14 i 20 mm. Nazivna visina tehničkog pisma određuje se prema veličini raspoloživog prostora, pri čemu se vodi računa o estetskom izgledu i preglednosti crteža.

**Tabela 2.1.** Veličine tehničkog pisma

Karakteristike		Tip A	Tip B
Visina velikih slova	$h$	$(14/14)h$	$(10/10)h$
Visina malih slova	$c$	$(10/14)h$	$(7/10)h$
Rastojanje između slova ili brojki	$a$	$(2/14)h$	$(2/10)h$
Najmanje rastojanje između osnovnih linija	$b$	$(22/14)h$	$(16/10)h$
Najmanje rastojanje između reči	$e$	$(6/14)h$	$(6/10)h$
Debljina linija	$d$	$(1/14)h$	$(1/10)h$



**Slika 2.2.** Latinično pismo tipa B – koso



Slika 2.3. Čirilično pismo tipa B - koso




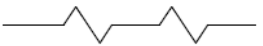
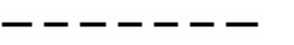
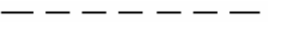
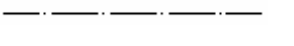
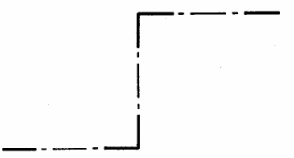
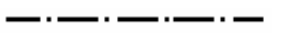
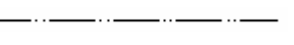
## 2.2. TIPOVI I DEBLJINE LINIJA (BAS A.A0.110)

Standardom su propisane vrste linija koje se mogu upotrebljavati u mašinskom tehničkom crtanju. Svaka linija ima svoj naziv, oznaku, tačno propisan oblik, debljinu i primjenu. Na crtežima se koriste dvije debljine linija čiji je odnos 2:1. Standardne debljine linija su: 0,25; 0,35; 0,5; 0,7; 1,0; 1,4 i 2,0 mm.

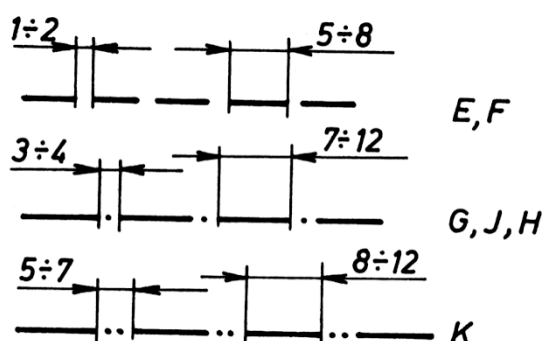
Tabela 2.2. Debljine linija

Oznaka formata	Debljina linije, mm	
	Debela	Tanka
A0, A1	0,7	0,35
A2, A3, A4	0,5	0,25

**Tabela 2.3.** Tipovi linija i njihova primjena

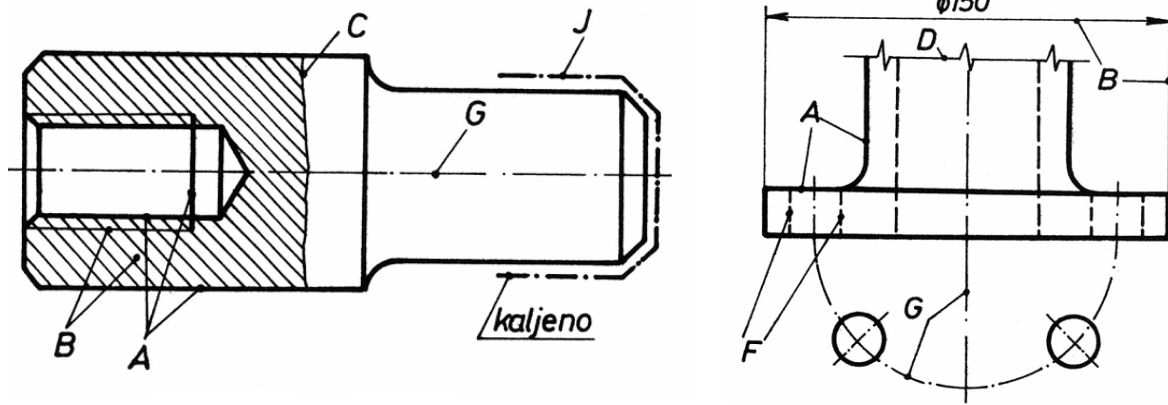
Tip linije	Opis	Primjena
 A	Puna debela	Konture i nezaklonjene ivice
 B	Puna tanka	Kotne i pomoćne kotne linije, pokazne linije, linije šrafure, konture zaokrenutih preseka
 C	Puna tanka, izvučena slobodnom rukom	Ograničavanje djelimičnih presjeka, prekida
 D	Puna tanka cik-cak	Služi kao i linija C, ali na jednom crtežu uvek koristiti samo jedan tip linije
 E	Isprekidana debela	Crtanje zaklonjenih ivica i kontura
 F	Isprekidana tanka	Služi kao i linija E, ali na jednom crtežu uvijek koristiti samo jedan tip linije
 G	Crta-tačka-crta, tanka	Osne linije, simetrale i putanje
 H	Crta-tačka-crta, tanka, zadebljana na krajevima i mjestima promjene prvca	Crtanje tragova ravni presjeka
 J	Crta-tačka-crta, debela	Prikazivanje površi na kojima se izvode specijalni postupci (galvanizacija, cementacija, itd)
 K	Crta-dvije tačke-crta, tanka	Prikazivanje kontura susjednih dijelova, kontura mašinskih dijelova prije oblikovanja i za crtanje međupoložaja pokretnih dijelova

Iako standardom nisu detaljno određene dužine odsječaka i rastojanja između njih za pojedine vrste linija, na slici 2.4. data je preporuka rastojanja.



**Slika 2.4.** Preporučene mjere pojedinih vrsta linija

Na slikama 2.5. i 2.6. prikazani su primjeri primjene nekih tipova linija.

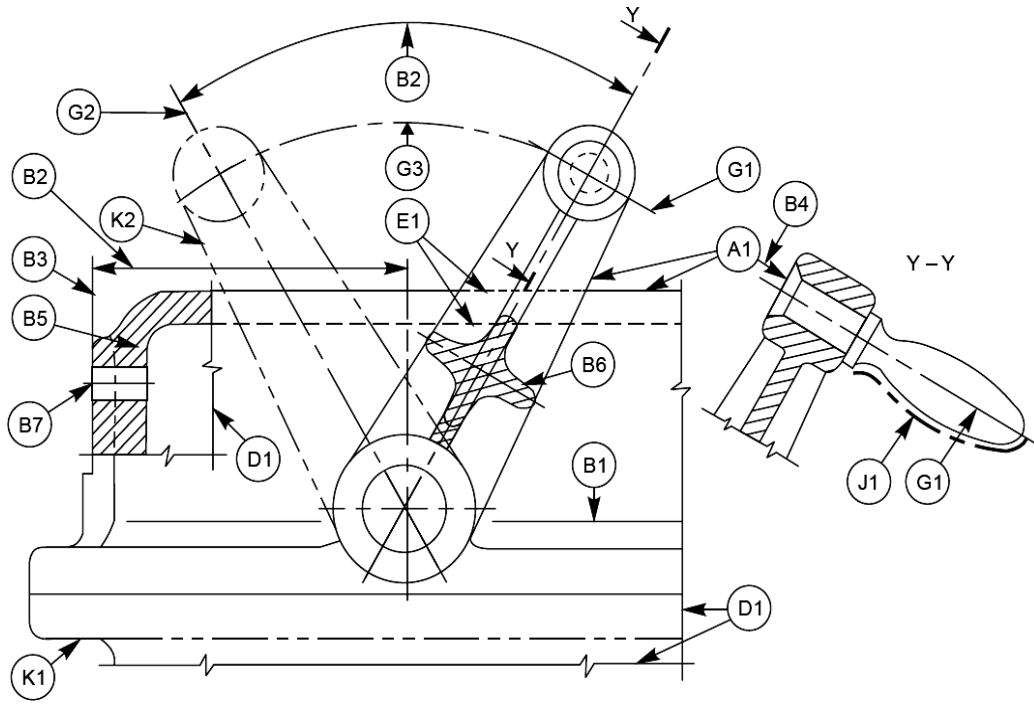


Slika 2.5. Primjeri primjene nekih tipova linija

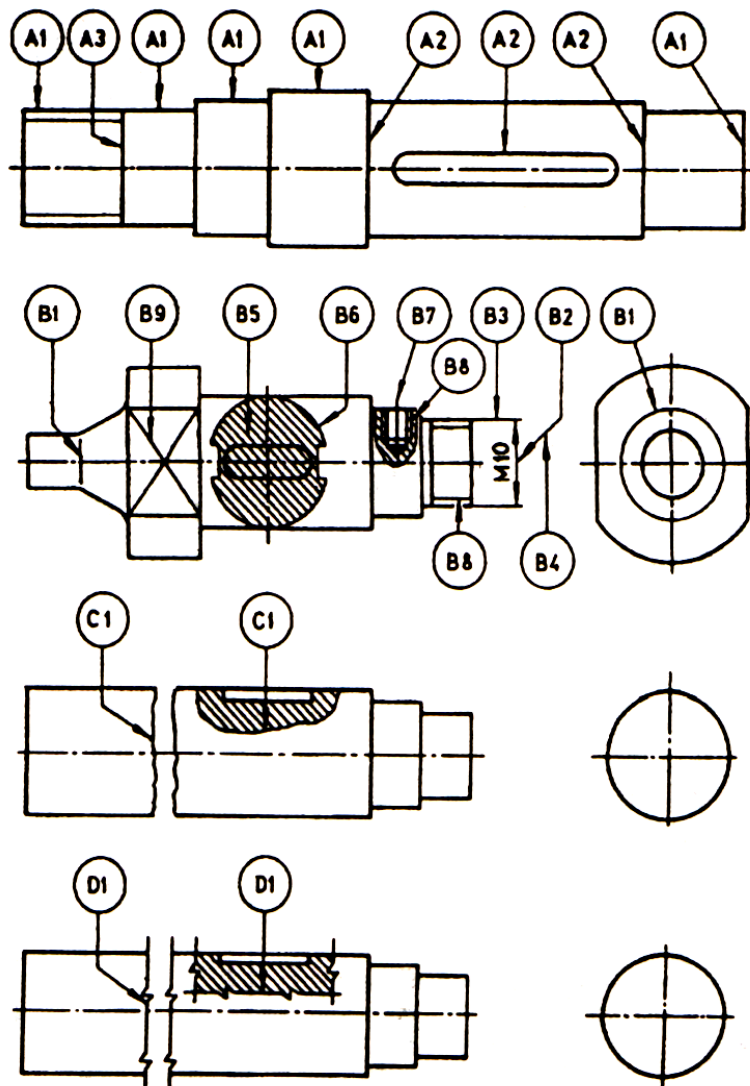
Tabela 2.4. Pravila upotrebe osnih linija

Pravila	Ispravno	Neispravno
Osna linija počinje i završava se dužim segmentom		
Dvije osne linije međusobno se sjeku dužim segmentom		
Osne linije obavezno prelaze konturu i to dužim segmentom		





Slika 2.6. Primjeri primjene nekih tipova linija



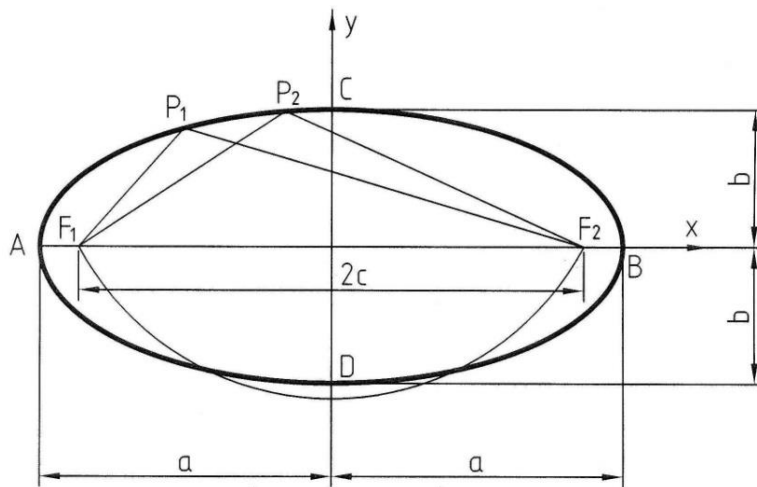
Slika 2.7. Primjeri primjene linija A, B, C i D

## 2.3. TEHNIČKE KRIVE LINIJE

Za izradu tehničkih crteža potrebno je poznavati crtanje krivih linija, koje spadaju u grupu krivih linija u ravni (npr. elipsa, parabola, cikloida, evolventa i dr.). Ovdje su opisani načini crtanja krivih linija za zadane podatke. Obično se krive linije konstruišu tačku po tačku, a spajanje tih tačaka se vrši pomoću priručnog pribora, npr. krivuljara.

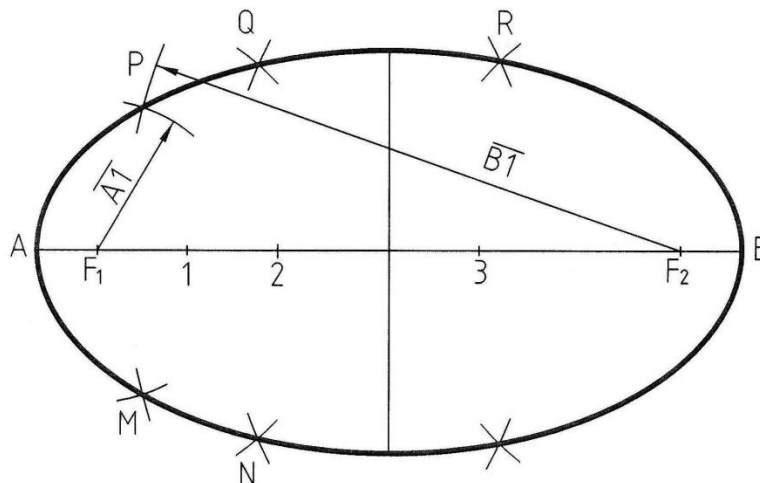
### 2.3.1. Elipsa

Elipsa je zatvorena kriva linija u ravni, koja se može definisati kao geometrijsko mjesto tačaka  $P_1, P_2, \dots, P_n$ , čiji su zbrojevi rastojanja od dvije fiksirane tačke, koje nazivamo žiže (fokusi)  $F_1$  i  $F_2$ , jednaki (slika 2.8). Pri tome vrijedi odnos  $F_1P_1 + F_2P_1 = F_1P_2 + F_2P_2 = \text{const} = 2a$ ,  $c^2 = a^2 + b^2$ . Duža osa elipse je  $AB = 2a$ , kraća osa je  $CD = 2b$ , a rastojanje između žiža  $F_1F_2 = 2c$ .



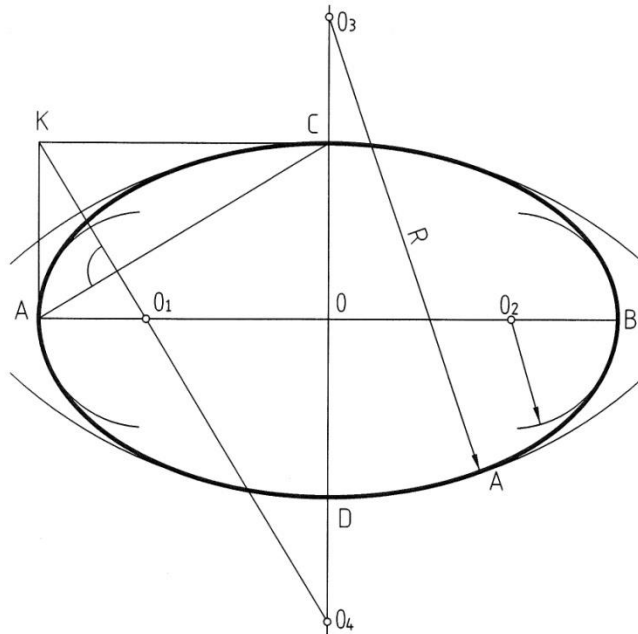
Slika 2.8. Elipsa

Na slici 2.9 je prikazana konstrukcija elipse prema njoj definiciji. Zadana duža osa  $AB$  je podijeljena tačkama 1,2,3,... Prvo je u otvor šestara uzeto rastojanje  $A1$  i iz žiže  $F_1$  su povučeni lukovi. Zatim je u otvor šestara uzeto rastojanje  $B1$  i iz žiže  $F_2$  su povučeni lukovi koji se sa prethodnim sijeku u tačkama na elipsi  $P$  i  $M$ . Isti postupak se ponavlja tako što se u otvor šestara uzima rastojanje  $A2$  i povlači luk iz žiže  $F_1$  iznad i ispod veće ose, koji se siječe sa lukom iz žiže  $F_2$  sa uzetim rastojanjem  $B2$  u tačkama  $Q$  i  $N$  na elipsi. Zatim se postupak ponavlja za tačku 3 itd. Što je veći broj tačaka koje se dobiju, to je preciznije i crtanje elipse. Na kraju se dobijene tačke spoje krivuljarom.



Slika 2.9. Elipsa konstruisana prema njoj definiciji

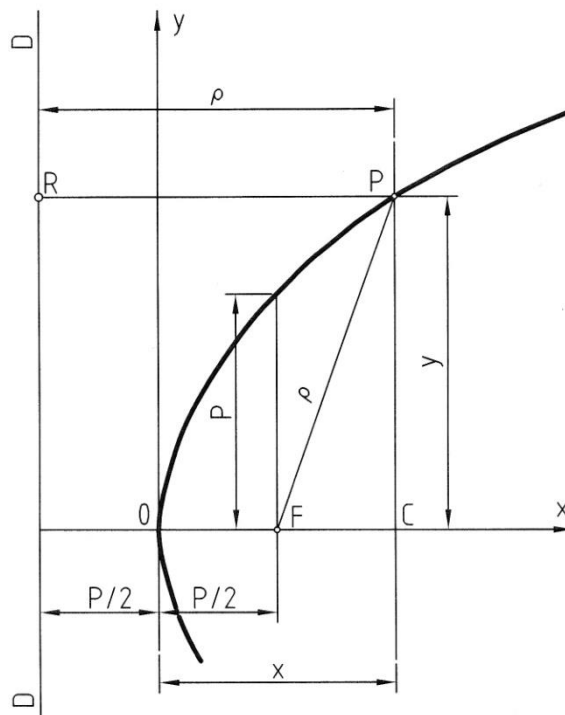
Na slici 2.10. je prikazana metoda crtanje elipse pomoću šestara koja se često primjenjuje u praksi. Ako su zadate ose  $AB$  i  $CD$  elipse, onda se na polusama konstruiše pravougaonik  $OAKC$  i dijagonala  $AC$ . Iz tačke  $K$  je povučena prava upravna na dijagonalu  $AC$  koja ose elipse siječe u tačkama  $O_1$  i  $O_4$  centrima kružih lukova pomoću kojih se odrede centri  $O_2$  i  $O_3$ . Iz tačkaka  $O_1$  i  $O_2$  povučeni su lukovi kroz tačke  $A$  i  $B$ , a iz tačkaka  $O_3$  i  $O_4$  kroz tačke  $C$  i  $D$ . Pošto se lukovi mimoilaze njihovo spajanje je izvršeno pomoću krivuljara.



Slika 2.10. Elipsa konstruisana pomoću šestara

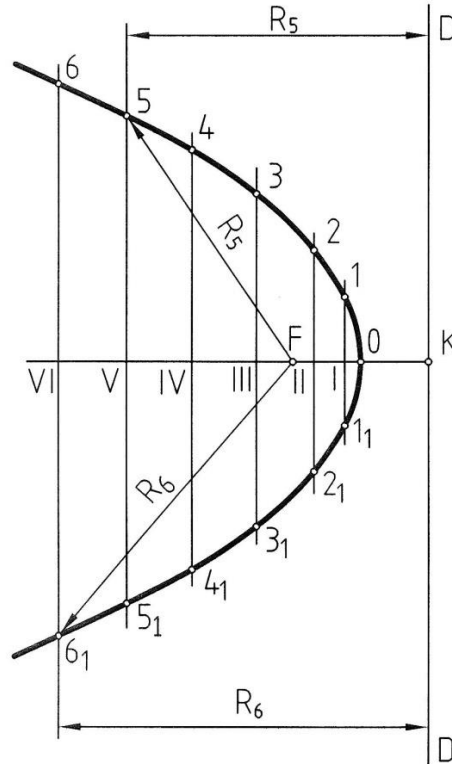
### 2.3.2. Parabola

Parabola je geometrijsko mjesto tačkaka u ravni koje su podjednako udaljene od jedne tačke (žiža  $F$ ) i date prave (direktrisa  $DD$ ), tako da je  $FP=PR$  (slika 2.11.).



Slika 2.11. Parabola

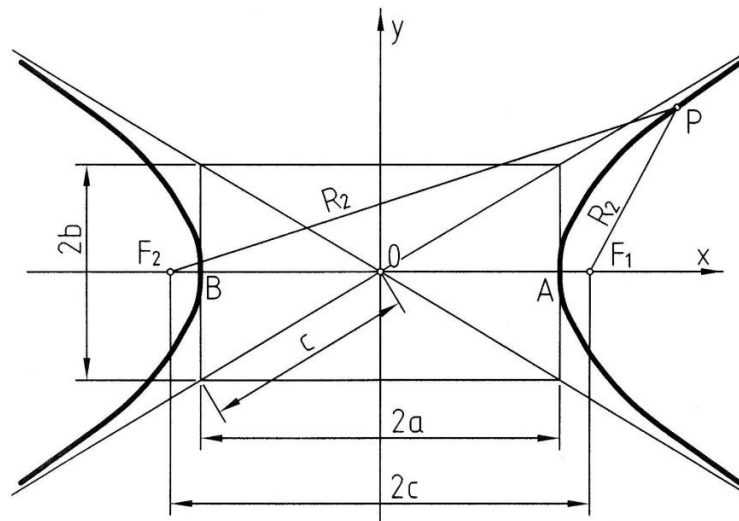
Ako je dat položaj direktrise  $DD$  i žiže  $F$  parabola se može konstruisati kao što je prikazano na slici 2.12. Prvo je osa parabole podjeljena na dijelove koji su označeni tačkama  $I, II, III, IV$  itd. Kroz te tačke su povučene prave paralelne direktrisi. U otvor šestara uzeto je rastojanje prave kroz tačku  $I$  od direktrise i iz žiže  $F$  je povučen luk koji siječe pravu iz tačke  $I$  sa obje strane u tačkama  $1$  i  $1_1$  na paraboli. Zatim je uzeto u otvor šestara rastojanje prave kroz tačku  $II$  od direktrise itd. Na slici 2.12. prikazan je postupak crtanja tačkaka  $5$  i  $6$ .



Slika 2.12. Parabola konstruisana pomoću direktrise i žiže

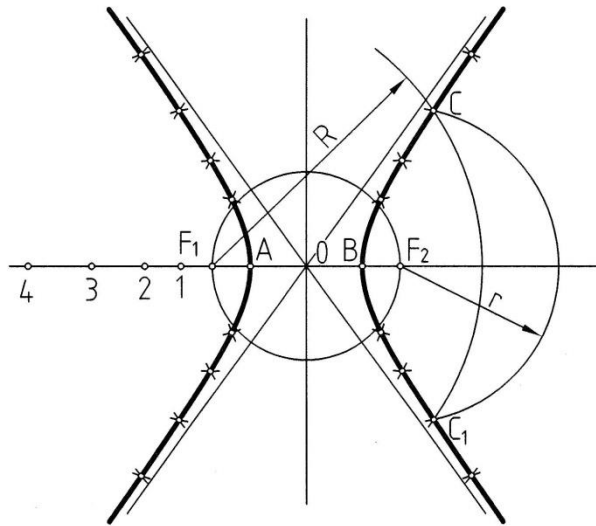
### 2.3.3. Hiperbola

Hiperbola je geometrijsko mjesto tačaka čije su razlike odstojanja od dvije fiksne tačke ( $F_1, F_2$ ), koje nazivamo žiže, konstantne. Za bilo koju tačku  $P$  na hiperboli vrijedi odnos  $PF_2 - PF_1 = \pm 2a$ . Rastojenje između tjemena  $AB=2a$  je jedna osa, a  $CD=2b$  druga osa. Žiže hiperbole  $F_1$  i  $F_2$  udaljene su od središta  $O$  za  $c^2=a^2+b^2$ , pri čemu je  $c>a$ . Tangente na hiperbolu u beskonačno udaljenim tačkama zovu se asimptote (slika 2.13.).



Slika 2.13. Hiperbola

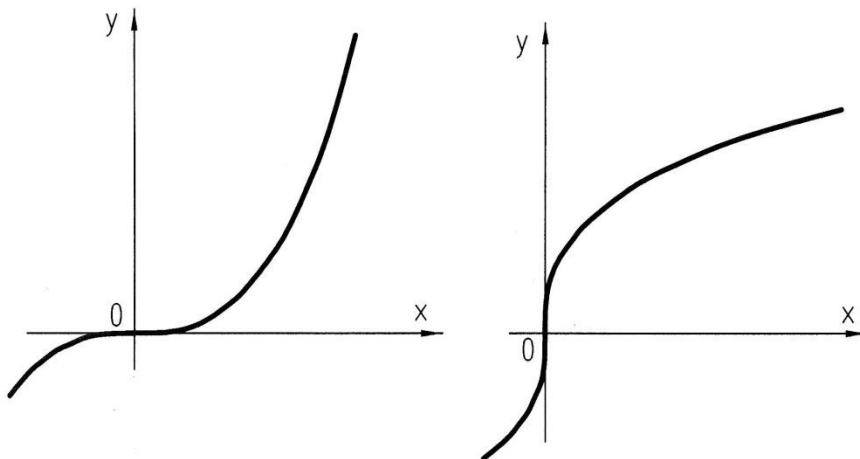
Konstrukcija hiperbole kada su poznata rastojanja tjemena i žiža ( $2a$  i  $2c$ ) prikazana je na slici 2.14. Na osi  $AOB$  hiperbole obilježen je proizvoljan broj tačaka 1,2,3,4 s tim da se rastojanje među njima povećava. Bilo koja tačka  $C$ ,  $C_1$  na hiperboli nalazi se na presjeku lukova opisanih iz žiže  $F_1$  sa poluprečnikom  $R=B3$  i žiže  $F_2$  sa poluprečnikom  $r=A3$ . Ostale tačke na hiperboli se nalaze po istom postupku, tako što se u otvor šestara uzimaju rastojanja od tjemena  $A$  i  $B$  do drugih podionih tačaka. Za crtanje druge (lijeve) grane hiperbole uloge žiža se mijenjaju, iz žiže  $F_2$  povlači se luk poluprečnika  $R=B3$ , a iz žiže  $F_1$  luk  $r=A3$ , itd. Na kraju se dobijene tačke spajaju krivuljarom.



**Slika 2.14.** Hiperbola konstruisana pomoću tjemena i žiža

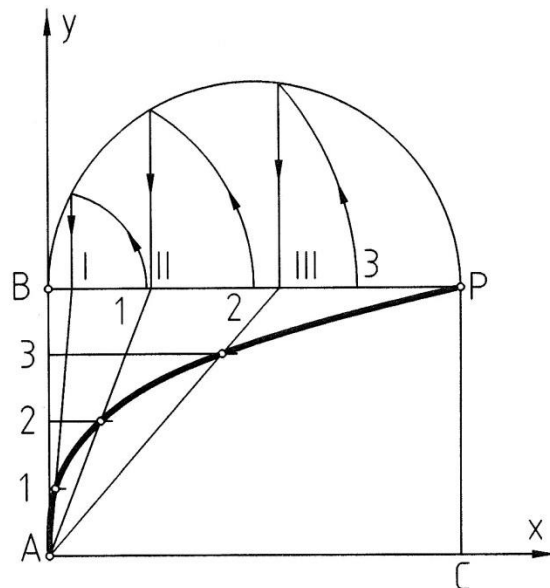
### 2.3.4. Kubna parabola

Kubna parabola je kriva linija koja spada u grupu parabola višeg reda i može biti konkavna prema osi  $y$  ili prema osi  $x$  (slika 2.15.).



**Slika 2.15.** Kubna parabola

Na slici 2.16. je prikazana konstrukcija kubne parabole za datu tačku  $P$  i koordinatni početak označen tačkom  $A$ . Prvo se konstruiše pravougaonik  $ABPC$ , a zatim se strane  $AB$  i  $BP$  izdjele na jednak broj dijelova i dobiju se tačke 1,2,3. Na duži  $BP$ , koja koja predstavlja prečnik, opisana je polukružnica. Lukovima iz tačke  $B$  prenesene su tačke 1,2 i 3 sa duži  $BP$  na polukružnicu, a odatle normalama ponovo na duž  $BP$  do novih tačaka  $I$ ,  $II$ ,  $III$ . Tačke  $I$ ,  $II$  i  $III$  spojene su pravama sa tačkom  $A$ , a iz tačaka 1,2 i 3 na duži  $AB$  povučene su horizontalne prave, čime su dobijene tačke na paraboli.

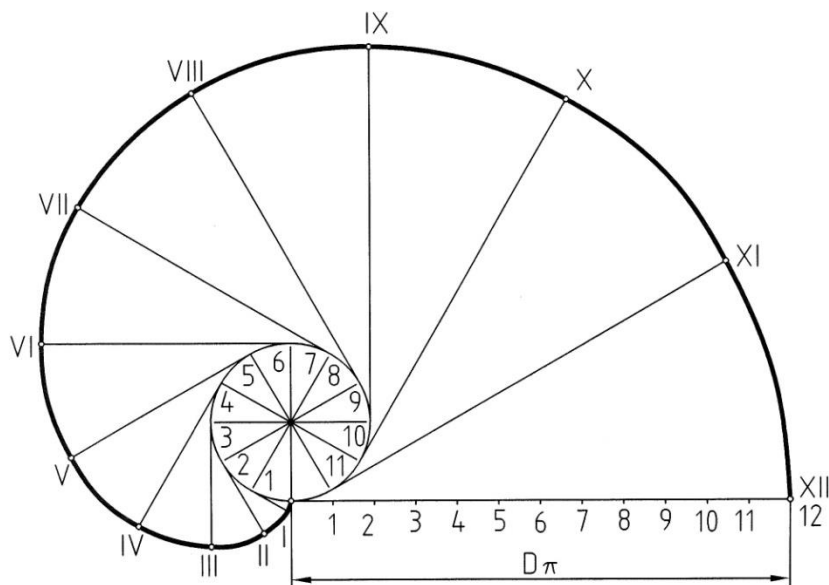


**Slika 2.16.** Kubna parabola konstruisana za zadate tačke P i A

### 2.3.5. Evolventa kruga

Krive linije koje opisuje tačka na pravoj ili krivoj liniji, koja se kotrlja bez klizanja po drugoj nepokretnoj liniji, zovu se rulete. U tehničkoj praksi najpoznatije su evolventa kruga, cikloida i epicikloida. Evolventa kruga je kriva linija koju opisuje jedna tačka prave koja se kotrlja bez klizanja po krugu.

Evolventa kruga se konstruiše na način prikazan na slici 2.17. Krug je prvo izdjeljen na 12 jednakih dijelova koji su obilježeni sa 1,2,3,...,12. U izdjeljenim tačkama povučene su tangente na krug. Na tangenti iz tačke 1 nanijeta je  $1/12$  obima kruga i dobijena je tačka I, na tangenti iz tačke 2 nanijete su  $2/12$  obima kruga i dobijena je tačka II, itd. Na tangenti iz tačke 12 nanesen je obim druga  $D\pi$  i dobijena je tačka XII. Tačke I,II,III,...XII se spajaju krivoljarom i dobija se evolventa kruga.

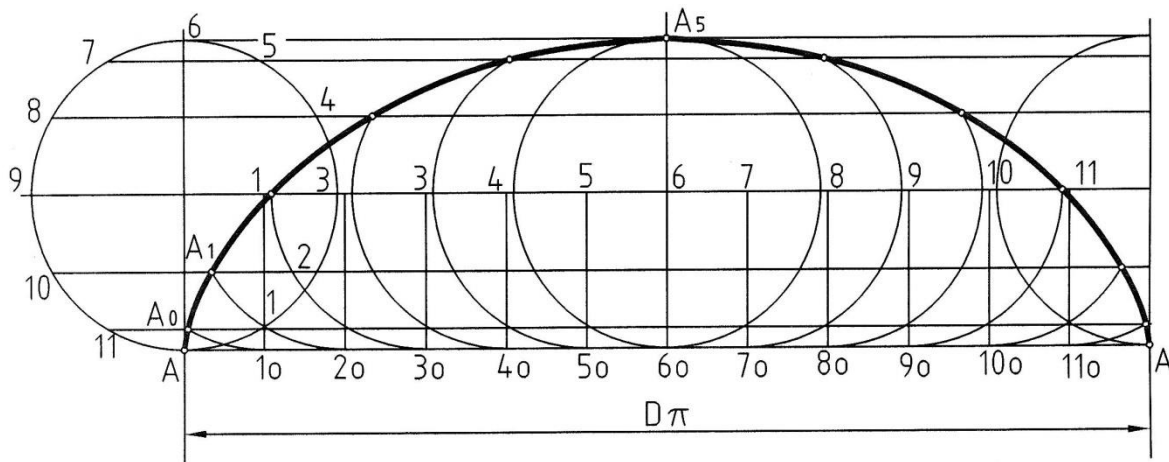


**Slika 2.17.** Evolventa kruga

Evolventa kruga se najčešće primjenjuje pri konstruisanju i izradi ozubljenja zupčanika kod kojih bočna linija zupca ima oblik evolvente kruga (evolventni zupčanici).

### 2.3.6. Cikloida

Cikloida je kriva linija koju opisuje tačka  $A$  na krugu prečnika  $D$ , koji se bez klizanja kotrlja po nepomičnoj pravoj (slika 2.18.). Prvo je krug izdjeljen na 12 jednakih dijelova koji su označeni brojevima 1,2,3,...,12. Obim kruga je zatim razvijen po pravoj koja predstavlja tangentu kruga u tački  $A$ , a razdijeljeni dijelovi su nanoseni na pravu i označeni sa  $1_0, 2_0, 3_0, \dots, 11_0, A_0$ . Pri kotrljanju kruga po pravoj, putanja njegovog središta je prava linija na kojoj je povlačenjem vertikalnih pravih iz tačaka  $1_0, 2_0, 3_0, \dots, 11_0, A_0$  dobijeno 12 uzastopnih položaja središta 1, 2, 3, ..., 11,  $A$ . Lukovi sa poluprečnikom  $D/2$  opisani iz uzastopnih središta sijeku odgovarajuće horizontalne prave povučene iz podioka na krugu, u tačkama na cikloidi.



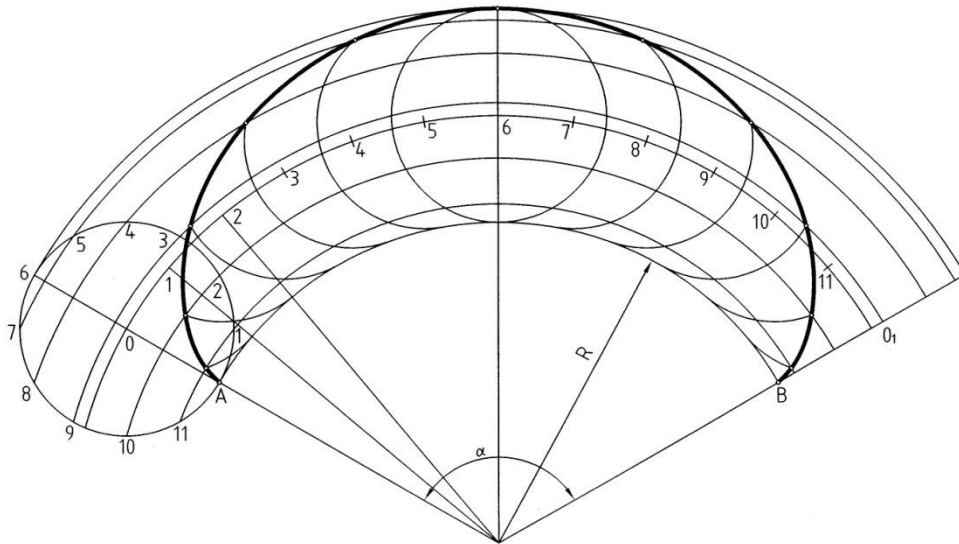
Slika 2.18. Cikloida

Cikloida se najčešće primjenjuje pri konstruisanju i izradi ozubljenja zupčanika kod kojih bočna linija zupca ima oblik cikloide (cikloidni zupčanici).

### 2.3.7. Epicikloida

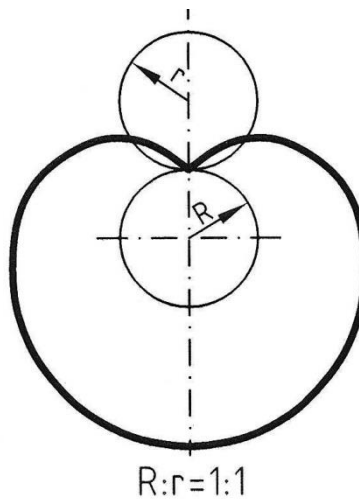
Kriva koju opisuje tačka  $A$  na krugu, poluprečnika  $r$ , koji se kotrlja bez klizanja po drugom nepomičnom krugu, poluprečnika  $R$ , pri njihovom spoljnom dodirivanju, naziva se epicikloida.

Na slici 2.19. prvo je nacrtan luk nepomičnog kruga poluprečnika  $R$ , i pokretni krug poluprečnika  $r=d/2$  na početku kotrljanja. Pokretni krug se izdijeli na 12 jednakih dijelova i dobiju se podione tačke 1, 2, 3, ...,  $A$ . Iz centra nepomičnog kruga povuku se koncentrični lukovi kroz podione tačke pokretnog kruga, pri čemu se ucrtava i putanja centra pokretnog kruga (luk kroz tačku  $O$ ). Po obimu nepokretnog kruga razvije se razdijeljeni obim pokretnog kruga i dobiju se tačke  $A, 1_0, 2_0, 3_0, \dots, B$ . Zatim su povučeni radijalni zruci iz centra nepokretnog kruga kroz te tačke do luka koji određuje putanju centra pokretnog kruga. Na taj način je određeno 12 položaja centara pokretnog kruga koji su označeni sa  $O, 1, 2, \dots, 11, O_1$ . Iz ovih centara su opisani lukovi sa poluprečnikom  $r$  do presijeka sa prethodno opisanim koncentričnim lukovima, a presiječne tačke spojene krivuljarom prikazuju epicikloidu.



**Slika 2.19.** Epicikloida

Ako je odnos poluprečnika nepretnog i pokretnog kruga  $R:r=1:1$ , tj.  $R=r$  nastaje kardioida (slika 2.20.).

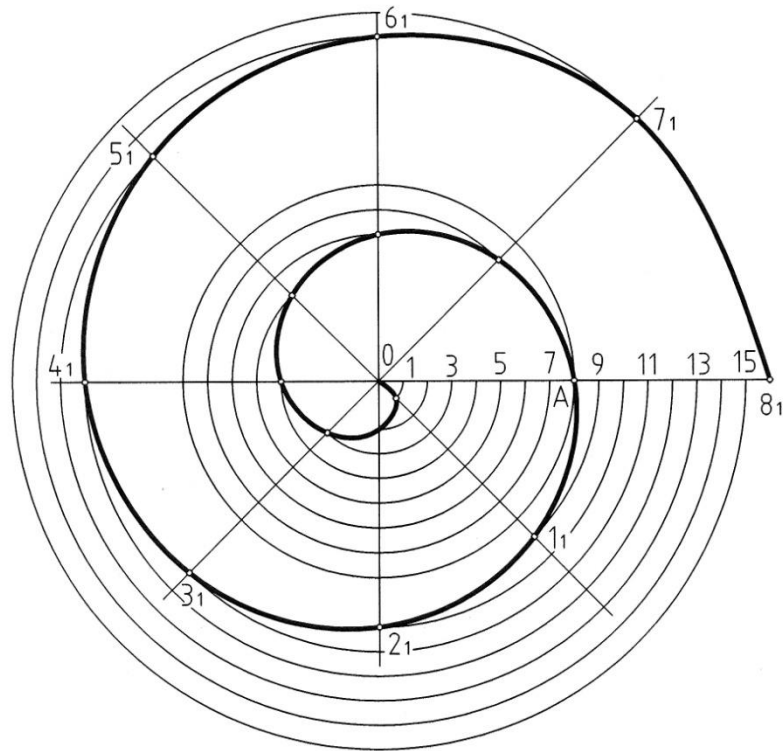


**Slika 2.20.** Kardioida

### 2.3.8. Arhimedova spirala

Spirala je kriva linija koja se kružno udaljava (približava) od svoga centra. Ako se neka tačka kreće ravnomjernom brzinom po pravoj, koja se istovremeno okreće u ravni oko neke tačke, tačka će opisivati Arhimedovu spiralu. Konstrukcija Arhimedove spirale prikazana je na slici 2.21. Prvo je nacrtan krug poluprečnika  $r=OA$ , a zatim se obim kruga i poluprečnik  $OA$  izdjele na jednak broj dijelova. Kroz podione tačke na obimu kruga povuku se radijalni zraci, pa se lukovima iz centra  $O$ , podione tačke sa duži  $OA$  prenesu na odgovarajuće radijalne zrake. Tačke na zracima su tačke spirale.

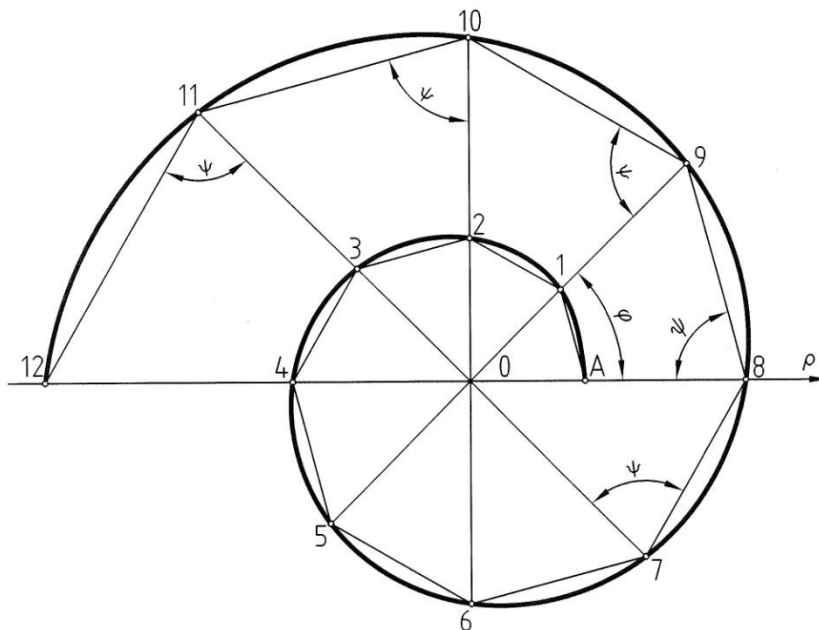




**Slika 2.21.** Arhimedova spirala

### 2.3.9. Logaritamska spirala

Logaritamska spirala presijeca sve zrake povučene iz pola 0 pod istim uglom (slika 2.22.). Crta se tako što se na polarnoj osi  $\rho$  nanese dužina  $0A$ , a zatim se iz tačke  $A$  povlači prava pod zadatim uglom  $\psi$ , do prvog zraka i dobija se tačka 1. Iz tačke 1 se pod istim uglom  $\psi$  povlači prava do drugog zraka i dobija se tačka 2, itd.

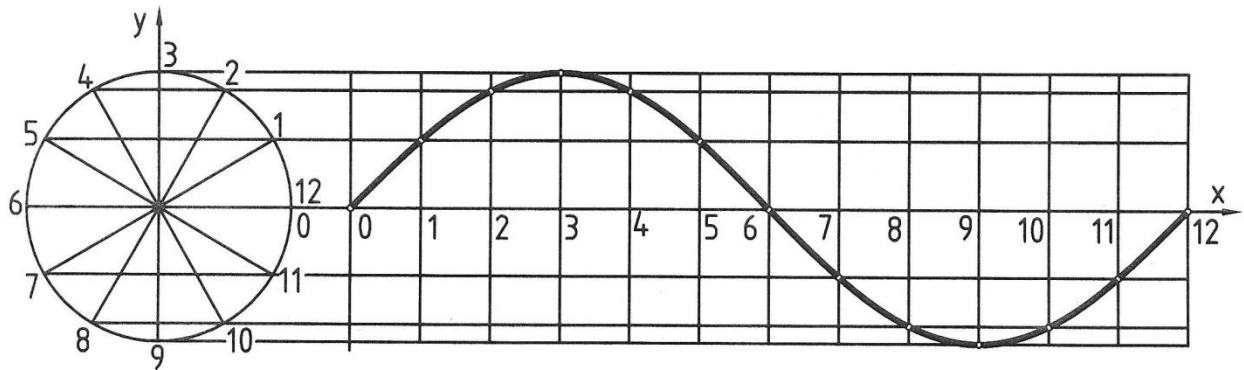


**Slika 2.22.** Logaritamska spirala

### 2.3.10. Trigonometrijske krive

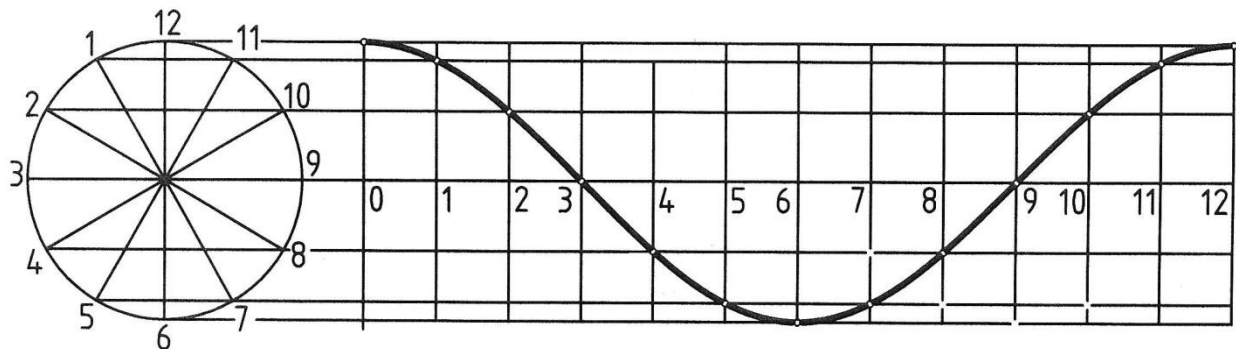
Trigonometrijske krive su definisane trigonometrijskim funkcijama i predstavljaju periodične krive jer se ponavljaju.

Sinusoida odgovara putanji tačke koja slobodno osciluje u smjeru ose  $\pm y$ , a tačka se istovremeno kreće ravnomjernom brzinom u smjeru ose  $x$ . Konstrukcija sinusoida prikazana je na slici 2.23. Prvo je konstruisan krug poluprečnika  $r$  i podijeljen na 12 jednakih dijelova označenih sa  $0,1,2,\dots,12$ . Zatim je na pravac ose  $x$  nanoseno 12 jednakih dijelova ukupne dužine  $2\pi r$ , koji su na pravcu označeni sa  $0,1,2,\dots,12$ . Horizontalne prave povučene iz podioka na krugu i vertikalne prave povučene iz odgovarajućih podioka na osi  $x$ , se sijeku na sinusoidi.



**Slika 2.23.** Sinusoida

Kosinusoida se konstruiše na isti način, s tim što podjela na obimu kruga počinje za  $90^\circ$  okrenuto u smjeru suprotnom od kretanja kazaljke na satu (slika 2.24.).

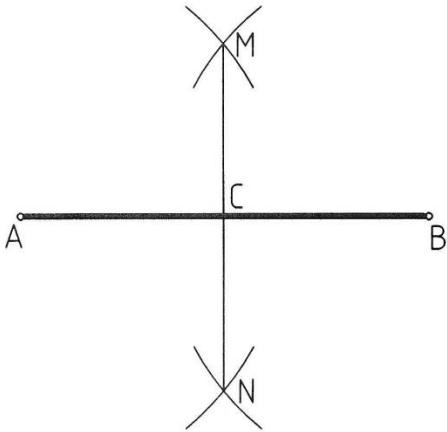


**Slika 2.24.** Kosinusoida

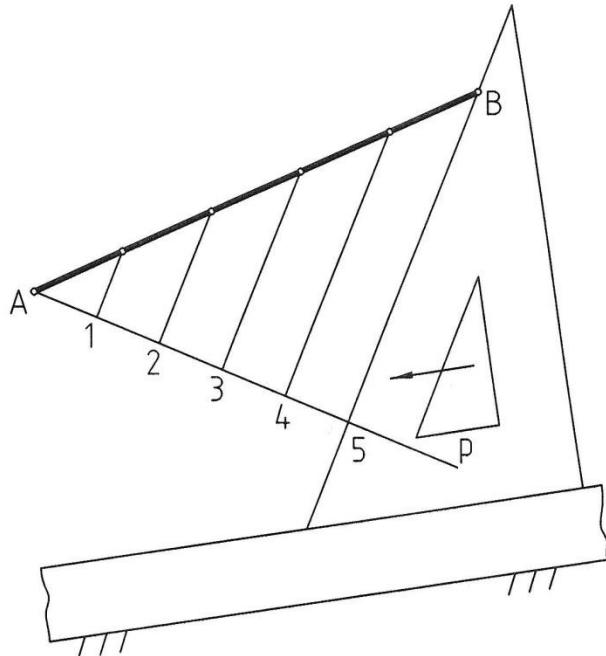
## 2.4. TEHNIČKA GEOMETRIJA

### 2.4.1. Dijeljenje duži

Dijeljenje duži  $AB$  na proizvoljan broj jednakih dijelova se vrši tako što se iz krajnjih tačaka opišu lukovi sa poluprečnikom većim od polovine duži. Simetrala duži spaja sjecišta  $M$  i  $N$  tih lukava (slika 2.25.).

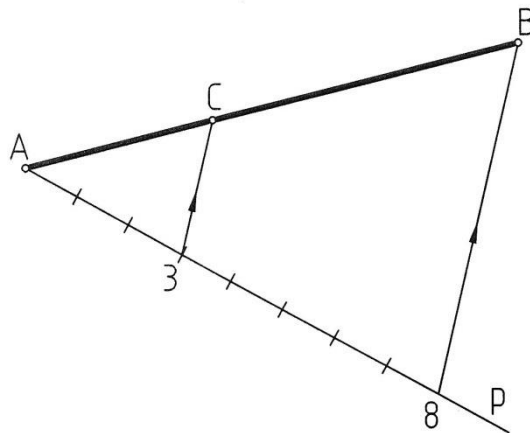


**Slika 2.25.** Dijeljenje duži na 2 dijela



**Slika 2.26.** Dijeljenje duži na 5 dijelova

Dijeljenje duži  $AB$  na proizvoljan broj jednakih dijelova vrši se tako da se kroz tačku  $A$  povuče, pod nekim uglom, pomoćna prava  $p$  (slika 2.26.). Na njoj se zatim, počev od tačke  $A$ , odmjeri broj podioka proizvoljne veličine jednak broju dijelova na koliko se dijeli duž. U ovom slučaju 5 podioka, koji se označe brojevima 1,2,3,4 i 5. Prvo se povuče linija kroz tačke 5 i  $B$ , a zatim njoj paralelne linije kroz 4,3,2 i 1 koje duž  $AB$  dijele na 5 jednakih dijelova.



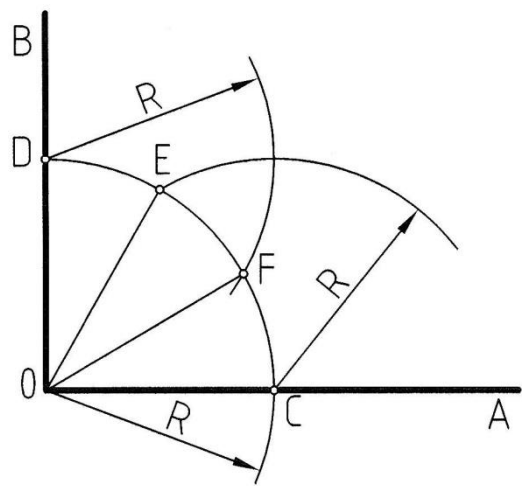
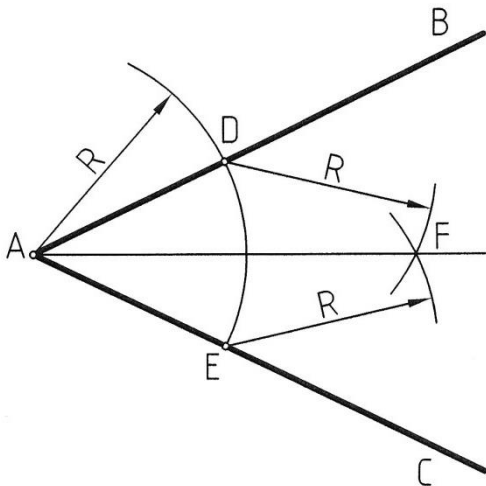
**Slika 2.27.** Dijeljenje duži na proporcionalne dijelove (3:5)

Dijeljenje duži na međusobno proporcionalne dijelove prikazano je na slici 2. 27. Duž  $AB$  je podijeljena tačkom  $C$  na 2 dijela čiji je međusobni odnos  $AC:CB=3:5$ . Kroz tačku  $A$  prvo je povučena prava  $p$  pod nekim uglom prema duži  $AB$ . Na pravu se, počev od tačke  $A$  nanesu

prvo 3 a zatim još 5 podioka, što je ukupno 8. Zatim se tačka  $B$  spoji sa podiokom 8 linijom, a iz podioka 3 povuče se njoj paralelna linija i dobije se tačka  $C$ , koja duž dijeli na dva dijela u odnosu 3:5.

### 2.4.2. Dijeljenje ugla

Ugao  $BAC$  dijeli se na dva jednaka dijela tako što se iz tjemena  $A$  opiše luk sa proizvoljnim poluprečnikom (slika 2.28.). Iz tačkaka  $D$  i  $E$  se opišu ponovo dva luka sa istim poluprečnikom koji se sijeku u tački  $F$ . Simetrala ugla  $BAC$  prolazi kroz tačku  $F$  i tjeme  $A$ .



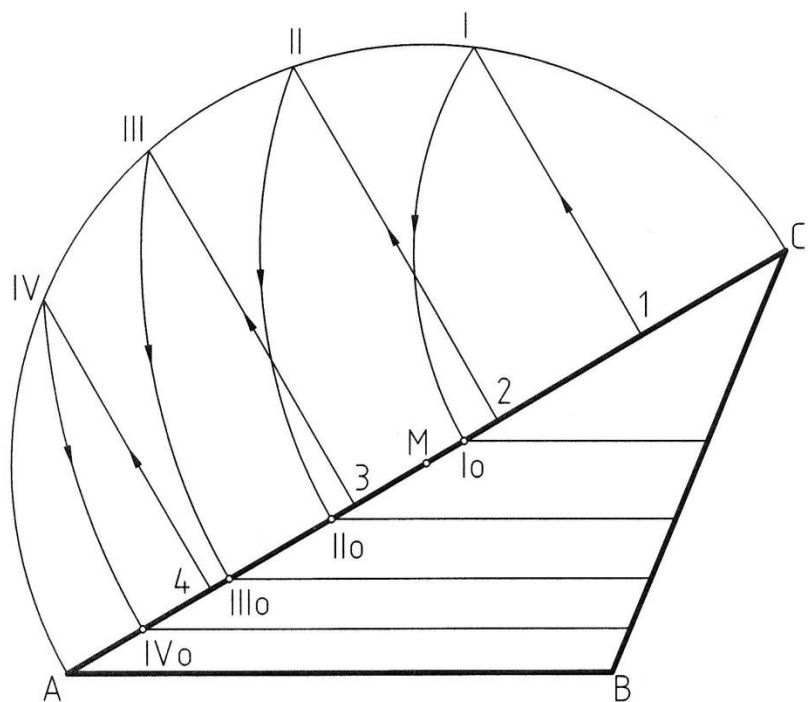
**Slika 2.28.** Dijeljenje ugla na 2 dijela

**Slika 2.29.** Dijeljenje pravog ugla na 3 dijela

Na slici 2.29. je prav ugao pomoću šestara podijeljen na tri jednaka dijela.

### 2.4.3. Dijeljenje površine trougla

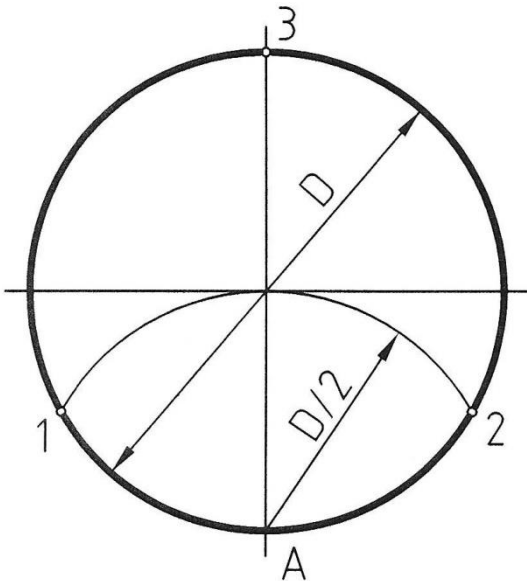
Površina trougla  $ABC$  je podijeljena na 5 jednakih dijelova na slici 2.30. Prvo je podijeljena stranica  $AC$  na 5 jednakih dijelova. Zatim je iz tačke  $M$  opisana polukružnica nad stranom  $AC$ , kao prečnikom. Iz podionih tačkaka 1,2,3 i 4 povučene su normale do presjeka sa opisanom polukružnicom i dobijene su tačke  $I, II, III$  i  $IV$ . Iz tjemena  $C$  su tačke  $I, II, III$  i  $IV$  okretanjem dovedene u položaj na stranici  $AC$  i dobijene su tačke  $I_0, II_0, III_0$  i  $IV_0$ . Iz ovih tačkaka su paralelno povučene tražene podione linije.



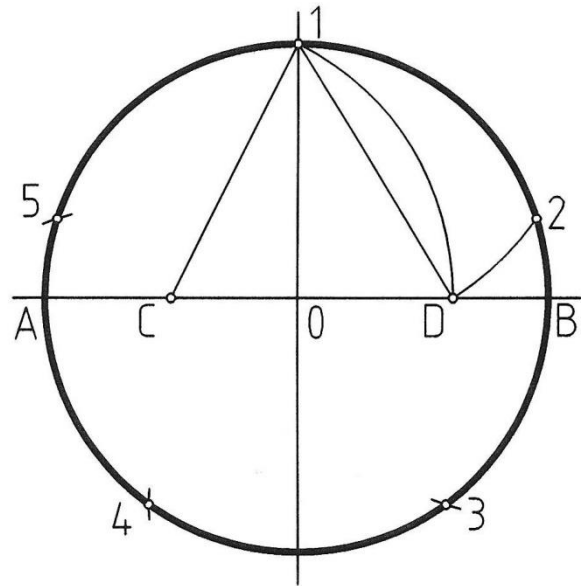
**Slika 2.30.** Dijeljenje površine trougla na 5 jednakih dijelova

### 2.4.4. Dijeljenje obima kruga

Na slici 2.31. krug je podijeljen na tri jednaka dijela pomoću luka opisanog oko tačke A, poluprečnika  $D/2$ . Tačke 1, 2 i 3 dijele krug na tri jednaka dijela.

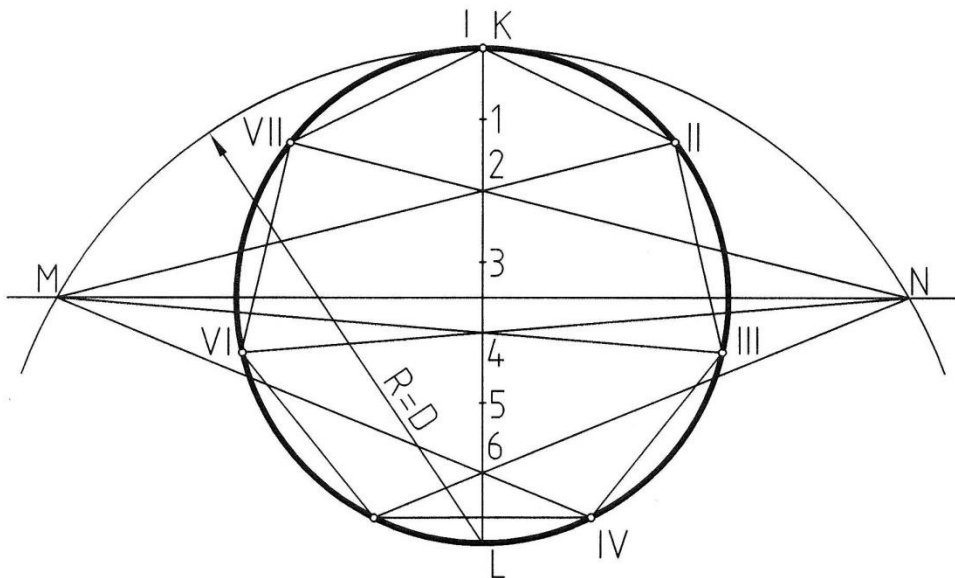


**Slika 2.31.** Dijeljenje kruga na 3 jednaka dijela



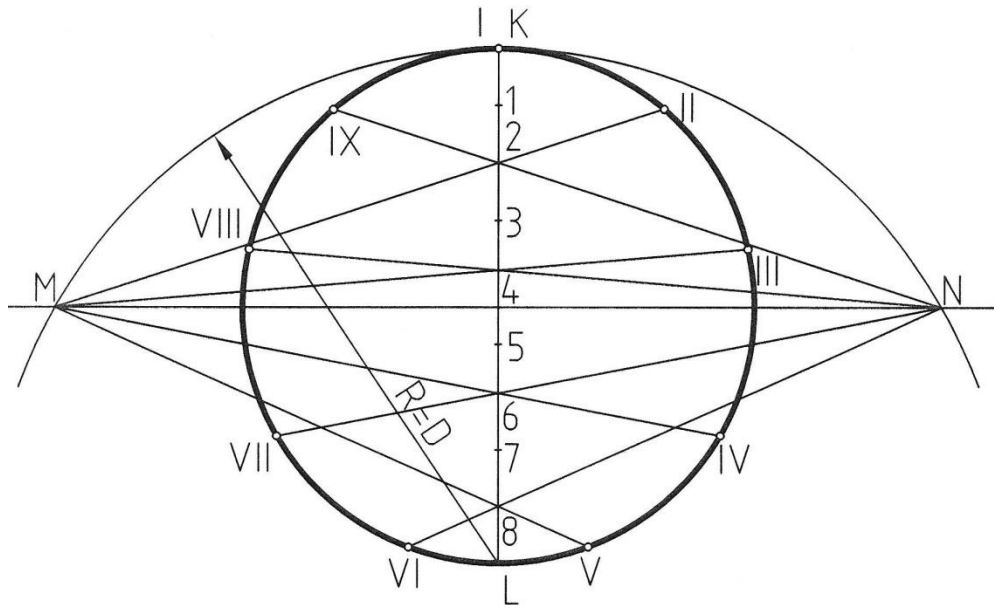
**Slika 2.32.** Dijeljenje kruga na 5 jednakih dijelova

Dijeljenje obima kruga na 5 jednakih dijelova prikazano je na slici 2.32. Prvo je na sredini poluprečnika  $OA$  određena tačka  $C$ . Iz tačke  $C$  kao centra kružnim lukom je tačka  $1$  prenesena u tačku  $D$  na poluprečniku  $OB$ . Duž  $1D$  je strana upisanog pravilnog petougona tj. podiona tetiva, koja krug dijeli na 5 jednakih dijelova počevši od tačke  $1$ .



**Slika 2.33.** Dijeljenje kruga na 7 jednakih dijelova

Krug se dijeli na 7 jednakih dijelova tako što se prvo jedan od spregnutih prečnika ( $KL$ ) podijeli na 7 jednakih dijelova (slika 2.33.). Zatim se opiše luk poluprečnika  $KL$  sa središtem u  $L$ , koji drugi spregnuti prečnik kruga siječe u tačkama  $M$  i  $N$ . Prave povučene kroz te tačke i parne tačke na prečniku  $KL$  presijecaju obim kruga u podionim tačkama  $I, II, III, \dots, VII$ .



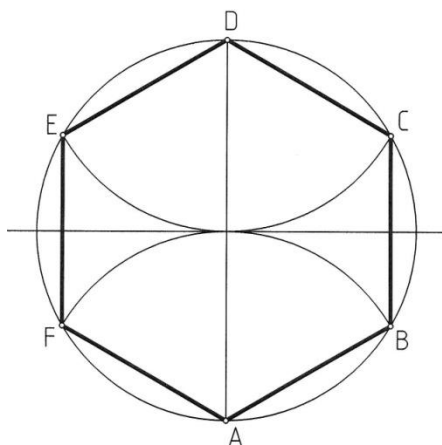
**Slika 2.34.** Dijeljenje kruga na 9 jednakih dijelova

Na isti način je podijeljen obim kruga na 9 jednakih dijelova, pri čemu je prečnik  $KL$  podijeljen na 9 jednakih dijelova kao na slici 2.34.

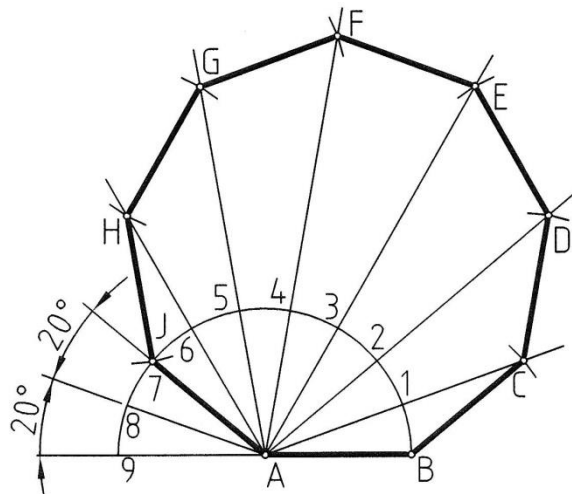
### 2.4.5. Crtanje pravilnih poligona

Pravilan šestougao je šestougao kod koga su sve stranice jednake dužine i svi unutrašnji uglovi jednaki. Obim šestougla kome je stranica  $a$  je  $6a$ , dužina veće dijagonale  $2a$ , a dužina kraće dijagonale. Konstrukcija pravilnog šestougla prikazana je na slici 2.35. Prvo je nacrtana kružnica prečnika  $AD=2a$ . Iz presječnih tačaka vertikalne osne linije sa kružnicom opišemo lukove čiji su poluprečnici jednaki poluprečniku kruga. Presječne tačke ovih lukova i kružnice su tjemena  $E, C, F$  i  $B$ . Spajanjem ovih tačaka sa postojećim tačkama  $A$  i  $B$  dobijamo pravilni šestougao.

Crtanje pravilnog devetougla za zadatu stranu  $AB$  prikazano je na slici 2.36. Iz tačke  $A$  opisan je polukrug poluprečnika  $AB$ . Polukrug je zatim podijeljen na 9 jednakih dijelova čiji kraci čine ugao  $180^\circ : 9 = 20^\circ$ . Kroz tačke  $1, 2, \dots, 9$  iz tačke  $A$  povučene su prave, koje se počev od tačke  $B$  presjecaju lukovima čiji je poluprečnik jednak zadatoj strani. Tačke presjecanja  $C, D, E, F, G, H$  i  $J$  su tjemena devetougla. Na isti način se crta bilo kakav pravilni mnogougao ako je zadata njegova stranica.



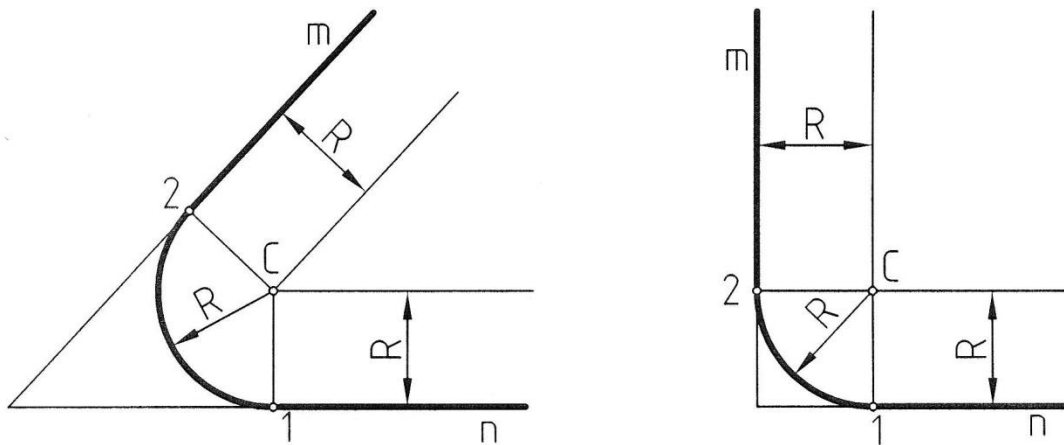
**Slika 2.35.** Pravilan šestougao



**Slika 2.36.** Pravilan devetougao

### 2.4.6. Spajanje linija kružnim lukom

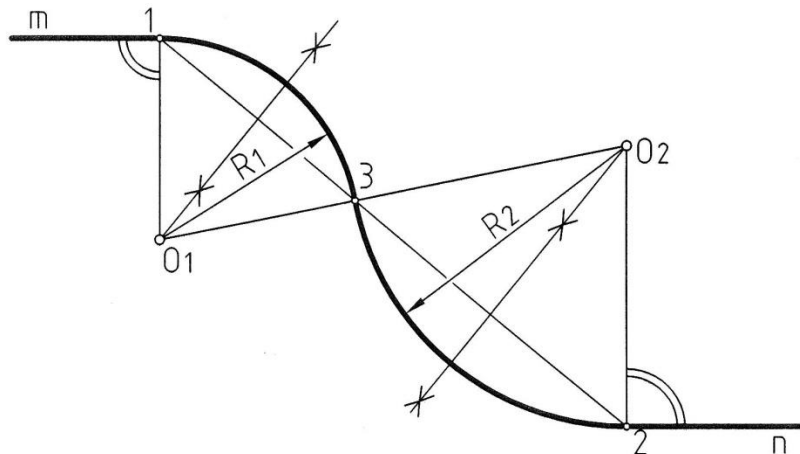
Spajanje pravih linija  $m$  i  $n$  kružnim lukom poluprečnika  $R$ , je prikazano ba slici 2.37.



Slika 2.37. Spajanje pravih kružnim lukom

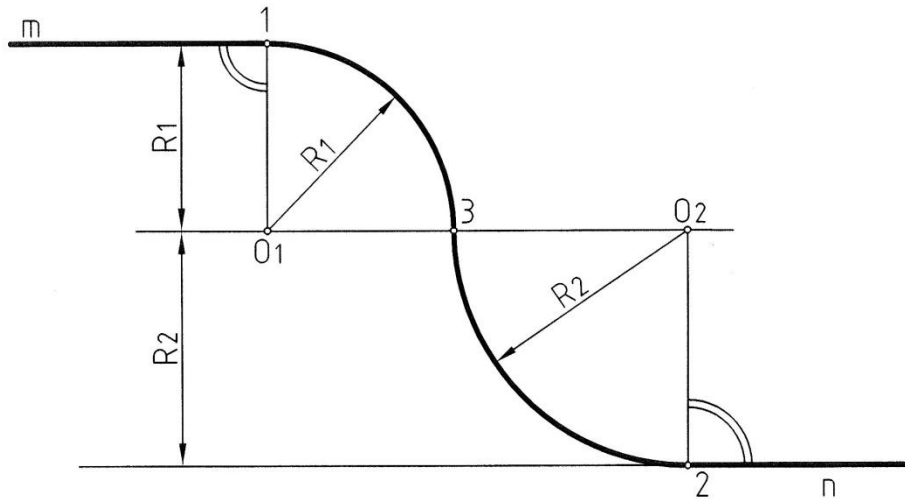
### 2.4.7. Spajanje pravih sa dva suprotna kružna luka

Dvije paralelne prave  $m$  i  $n$  su spojene sa dva suprotna kružna luka, ako su poznate spojne tačke 1 i 2 i prevojna tačka 3. Iz tačka 1 i 2 povučene su normale na  $m$  i  $n$  koje se sijeku u tačkama  $O_1$  i  $O_2$  sa simetralama duži 1-3 i 3-2. Tačke  $O_1$  i  $O_2$  su centri spojenih lukova (slika 2.38.).



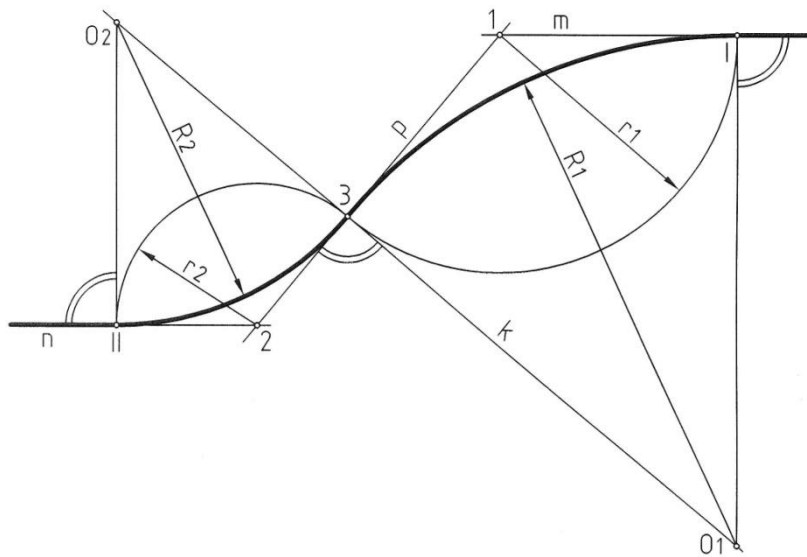
Slika 2.38. Spajanje pravih ako su poznate tačke 1, 2 i 3

Na slici 2.39. dvije paralelne prave  $m$  i  $n$  su spojene sa dva suprotna kružna luka ako je poznato rastojanje  $R_1+R_2$  i spojna tačka 1. Prvo je iz tačke 1 povučena normala na pravu  $m$  do tačke  $O_1$ , iz koje je prenesena dužina  $R_1$  i dobijena tačka 3, a zatim iz te tačke i dužina  $R_2$  i dobijena je tačka  $O_2$ . Tačke  $O_1$  i  $O_2$  su centri lukova sa poluprečnicima  $R_1$  i  $R_2$  koji spajaju tačke 1,3 i 3,2.



**Slika 2.39.** Spajanje pravih ako je poznato rastojanje  $R_1+R_2$  i spojna tačka 1

Na slici 2.40. je prikazano spajanje dvije paralelne prave  $m$  i  $n$  koje siječe prava  $p$  u tačkama 1 i 2, ako je poznata prevojna tačka 3, sa dva suprotna kužna luka. Prvo je nacrtana normala  $k$  na pravu  $p$  kroz tačku 3, a zatim su opisani lukovi iz tačke 1 i 2 sa poluprečnicima  $r_1$  i  $r_2$  i dobijene su tačke I i II. Centri  $O_1$  i  $O_2$  su dobijeni u sjecištu normala povučenih iz tačaka I i II. Isti postupak se primjenjuje kod spajanja pravih  $m$  i  $n$  koje nisu međusobno paralelne.

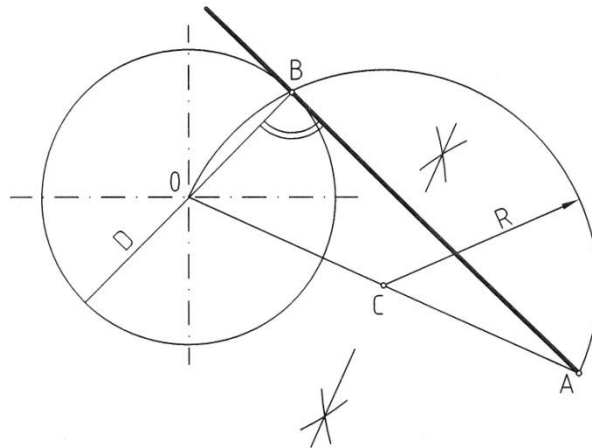


**Slika 2.40.** Spajanje pravih ako je poznata prava  $p$  i tačka 3

#### 2.4.8. Crtanje tangente na krug

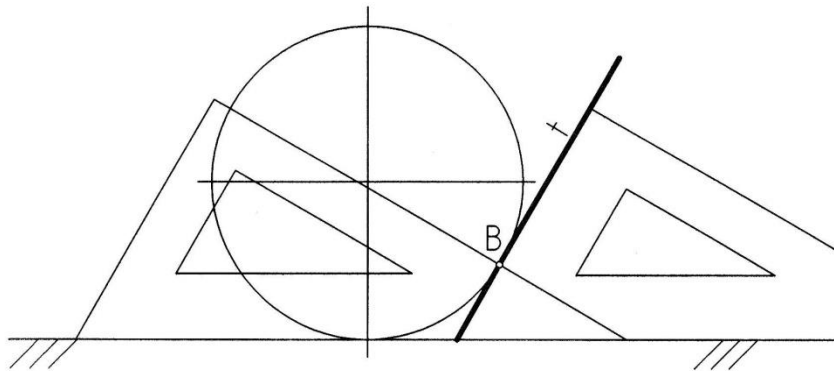
Tangenta u nekoj tački je upravna na prečnik čiji je jedan kraj određen tom tačkom. Na slici 2.41. iz tačke  $A$  je povučena tangenta na krug, tako što je tačka  $A$  spojena sa centrom kruga  $O$  i nađeno je središte  $C$  te duži. Iz tačke  $C$  je opisan polukrug sa poluprečnikom  $R=CA=CD$ , koji siječe krug u tački  $B$ . Prava povučena kroz tačke  $A$  i  $B$  je tangenta kruga.





**Slika 2.41. Tangenta**

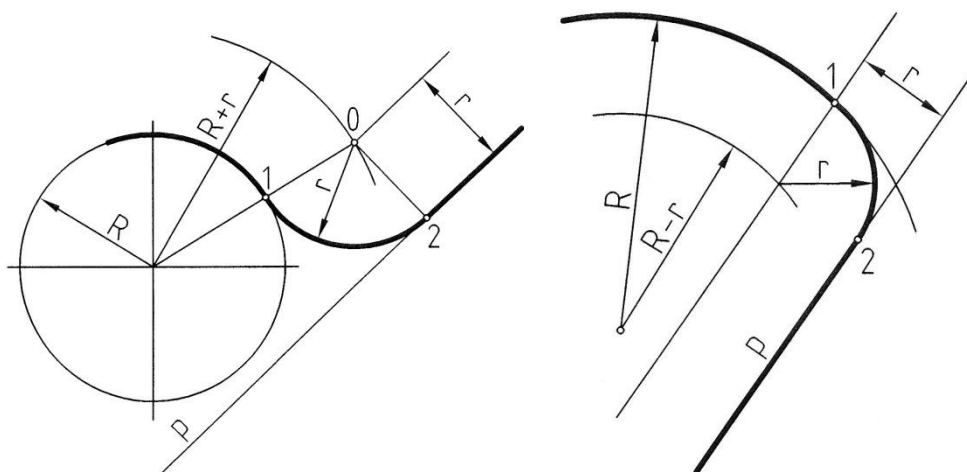
Na osnovu upravnosti prečnika kruga kroz tačku  $B$  i tangente u istoj tački na slici 2.42. je prikazano crtanje tangente pomoću trougla.



**Slika 2.42. Tangenta konstruisana pomoću trougla**

#### 2.4.9. Spajanje kružnog luka sa pravom

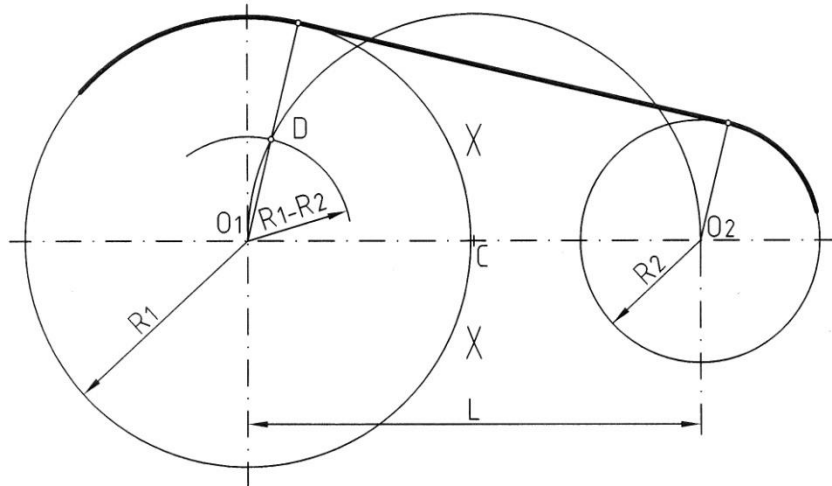
Zadat je krug poluprečnika  $R$ , prava  $p$  i poluprečnik spojnog kruga  $r$ . Spajanje je izvršeno na slici 2.43. za različite položaje kruga i prave.



**Slika 2.43. Spajanje kružnog luka sa pravom**

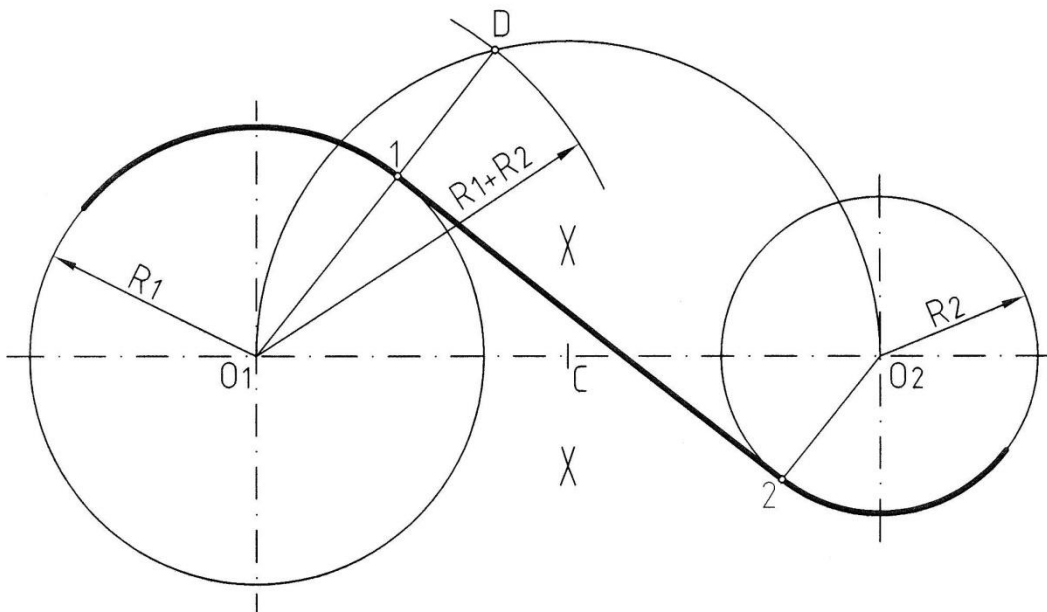
### 2.4.10. Spajanje kružnih lukova sa pravom

Kružni lukovi poluprečnika  $R_1$  i  $R_2$  sa centrom u tačkama  $O_1$  i  $O_2$  spojeni su lukovima tako što je prvo rastojanje  $L$  između  $O_1$  i  $O_2$  podijeljeno tačkom  $C$ . Zatim je opisan luk poluprečnika  $CO_1=CO_2$  sa centrom u  $C$ . Iz  $O_1$  opisan je luk poluprečnika  $R_1-R_2$  koji prethodno povučeni luk siječe u tački  $D$ . Kroz tačke  $O_1$  i  $D$  povučena je prava koja siječe krug u tački 1. Kroz tačku  $O_2$  je zatim povučena prava paralelna pravoj  $O_1D$  i dobijena je tačka 2. Tačke 1 i 2 su dodirne tačke prave koja spaja zadate krugove sa spoljne strane (slika 2.44.).



**Slika 2.44.** Spoljašnje spajanje kružnih lukova pravom

Unutrašnje spajanje lukova sa pravom prikazano je na slici 2.45.

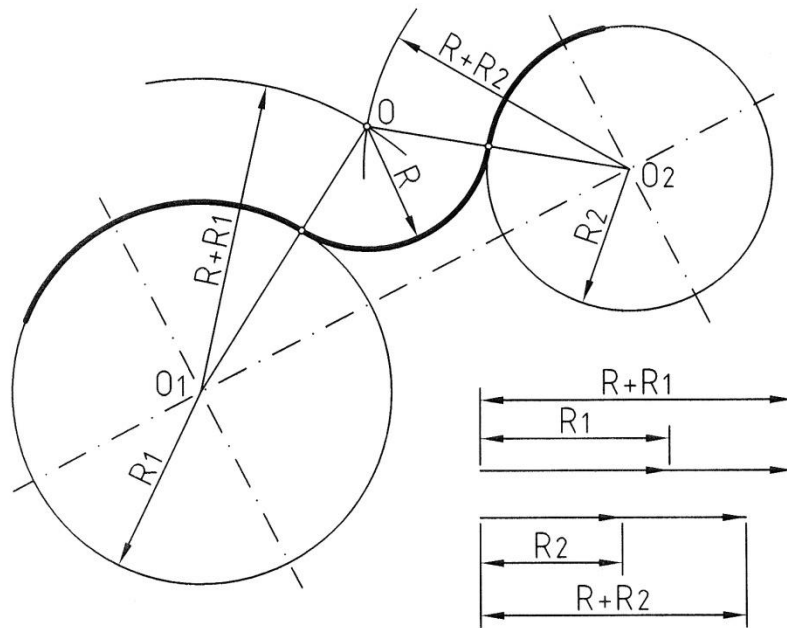


**Slika 2.45.** Unutrašnje spajanje kružnih lukova pravom

### 2.4.11. Spajanje kružnih lukova drugim lukom

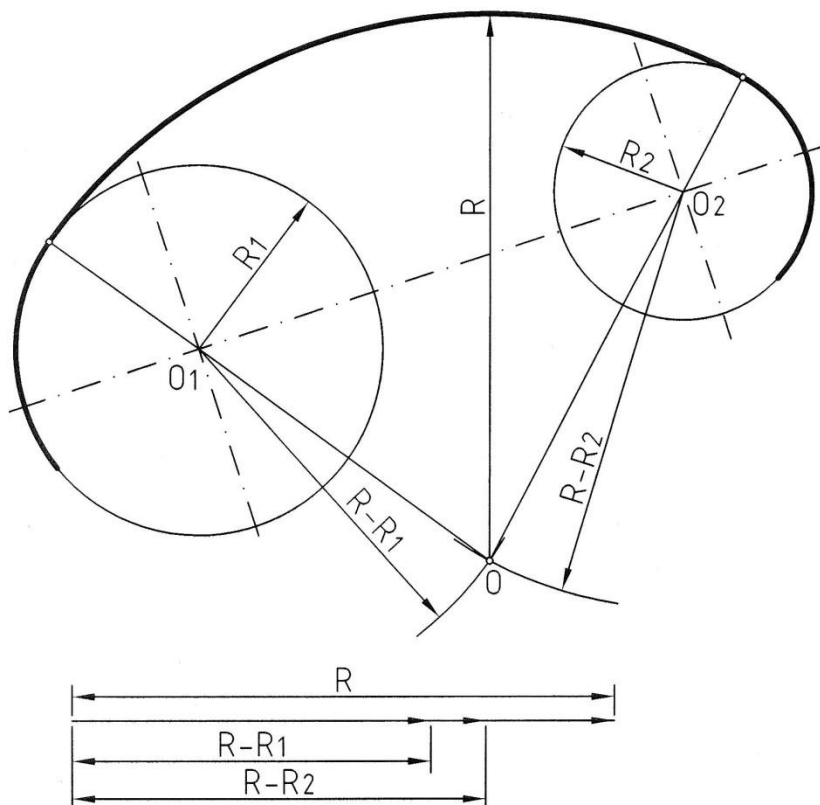
Pri spajanju kružnih lukova čiji su centri  $O_1$  i  $O_2$ , a poluprečnici  $R_1$  i  $R_2$ , sa spojnim lukom poluprečnika  $R$ , potrebno je odrediti centar spojnog luka  $O$  i spojne tačke 1 i 2.

Kod „spoljašnjeg“ spajanja je centar spojnog luka  $O$  određen u sjecištu lukova opisanih iz  $O_1$  i  $O_2$  sa poluprečnicima  $R+R_1$  i  $R+R_2$  (slika 2.46.). Spojne tačke su određene povlačenjem pravih kroz  $OO_1$  i  $OO_2$ .



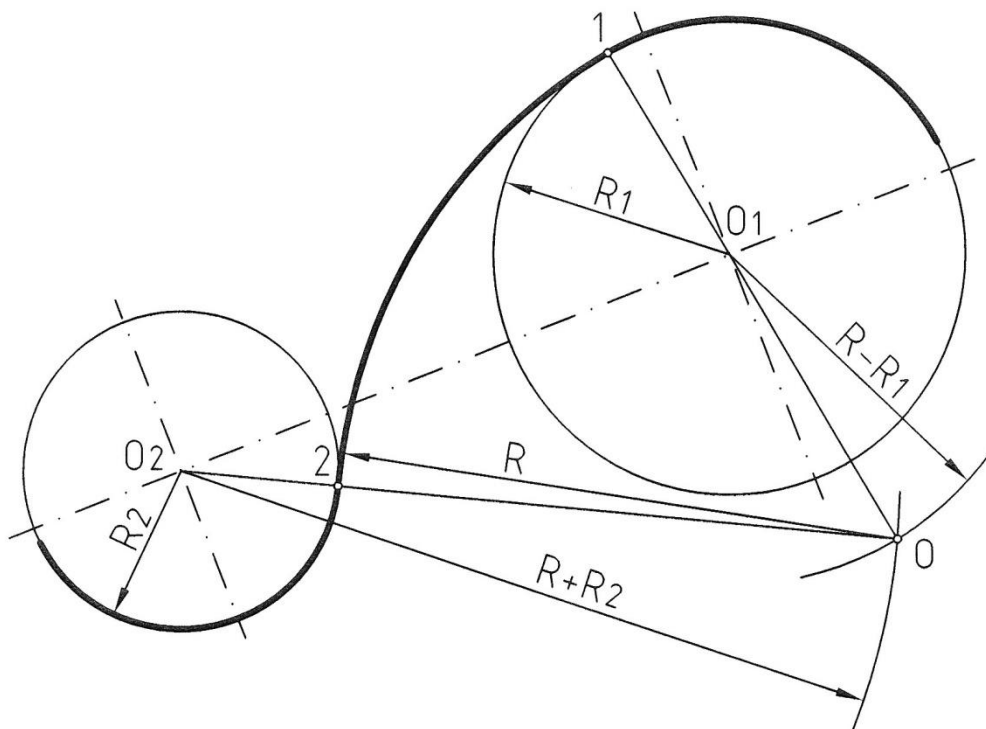
**Slika 2.46.** Spoljno spajanje kružnih lukova

Kod “unutrašnjeg” spajanje lukova, centar spojnog luka  $O$  je određen u sjecištu lukova iz  $O_1$  i  $O_2$  sa poluprečnicima  $R - R_1$  i  $R - R_2$  (slika 2.47.).

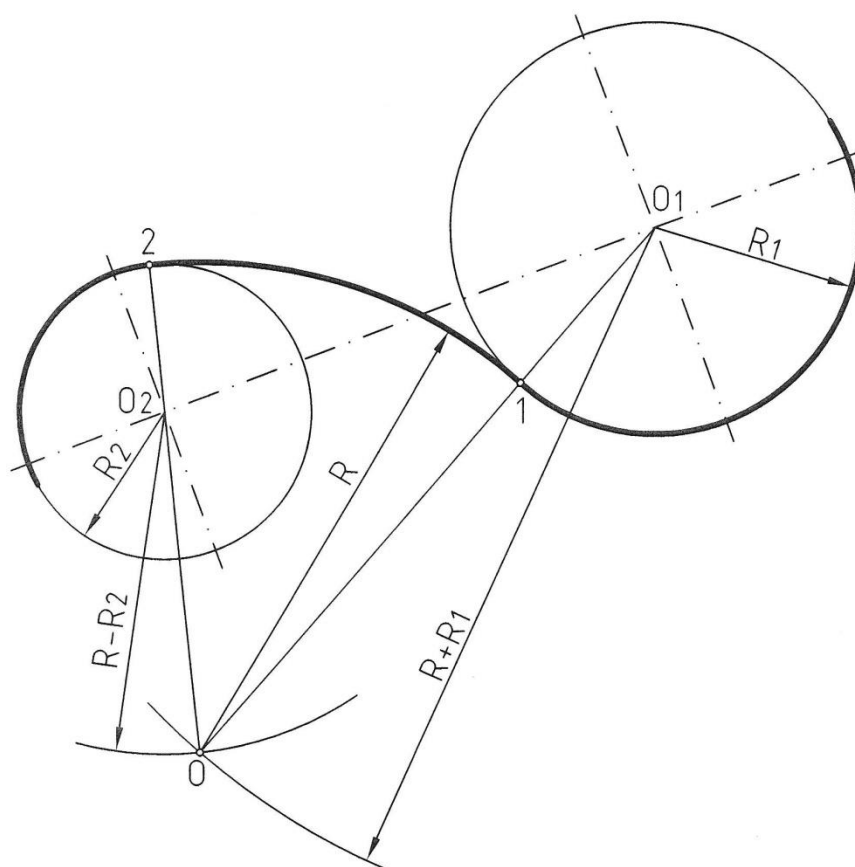


**Slika 2.47.** Unutrašnje spajanje kružnih lukova

Ako se radi o “kombinovanom” spajanju onda se centar spojnog luka određuje kao na slikama 2.48. i 2.49.

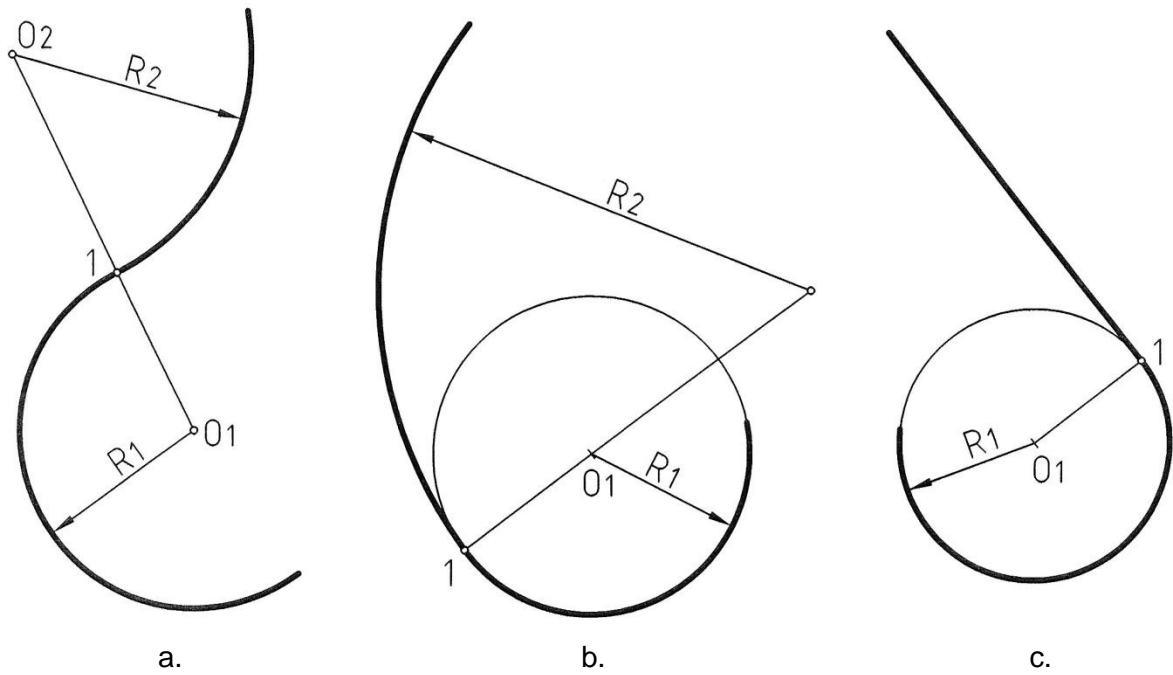


Slika 2.48. Kombinovano spajanje kružnih lukova



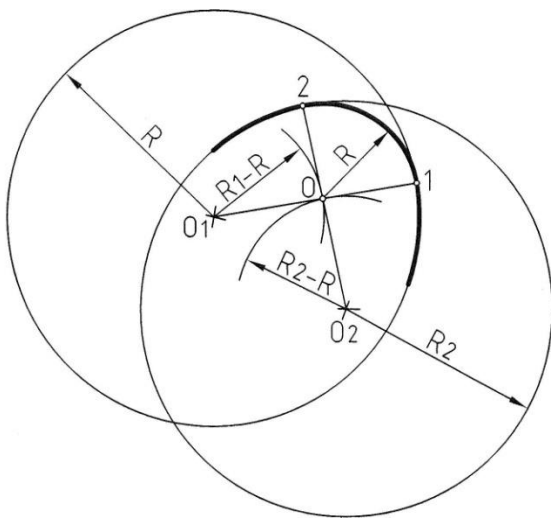
Slika 2.49. Kombinovano spajanje kružnih lukova

Dva luka se nadovezuju na način kao što je prikazan na slici 2.50. a i b, dok je nadovezivanje luka na pravu prikazano na slici 2.50.c.

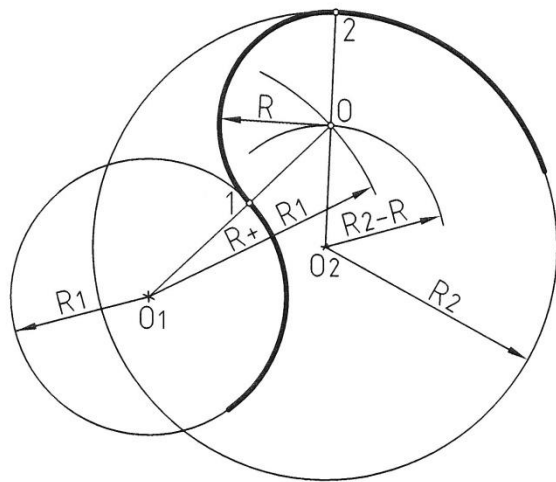


**Slika 2.50.** Nadovezivanje lukova

Složenije spajanje lukova prikazano je na slikama 2.51. i 2.52., ali su postupci crtanje slični prethodnim.

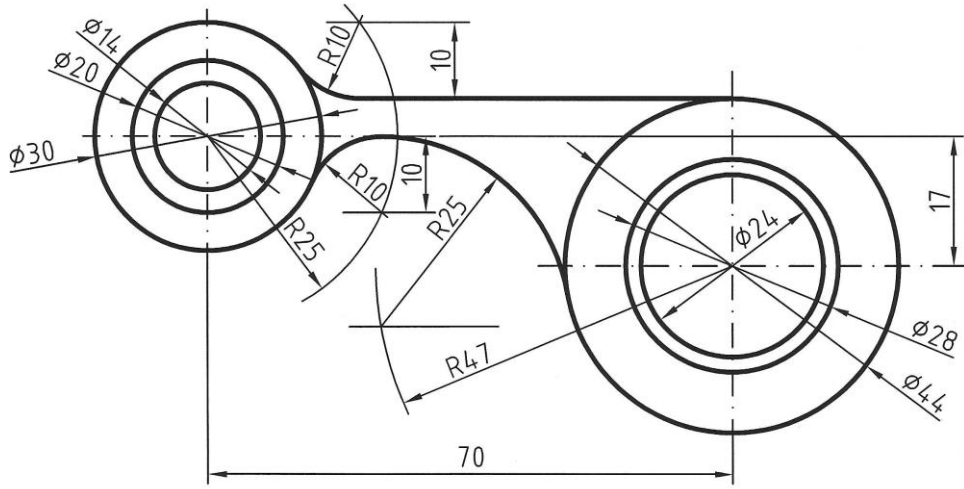


**Slika 2.51** Spajanje lukova

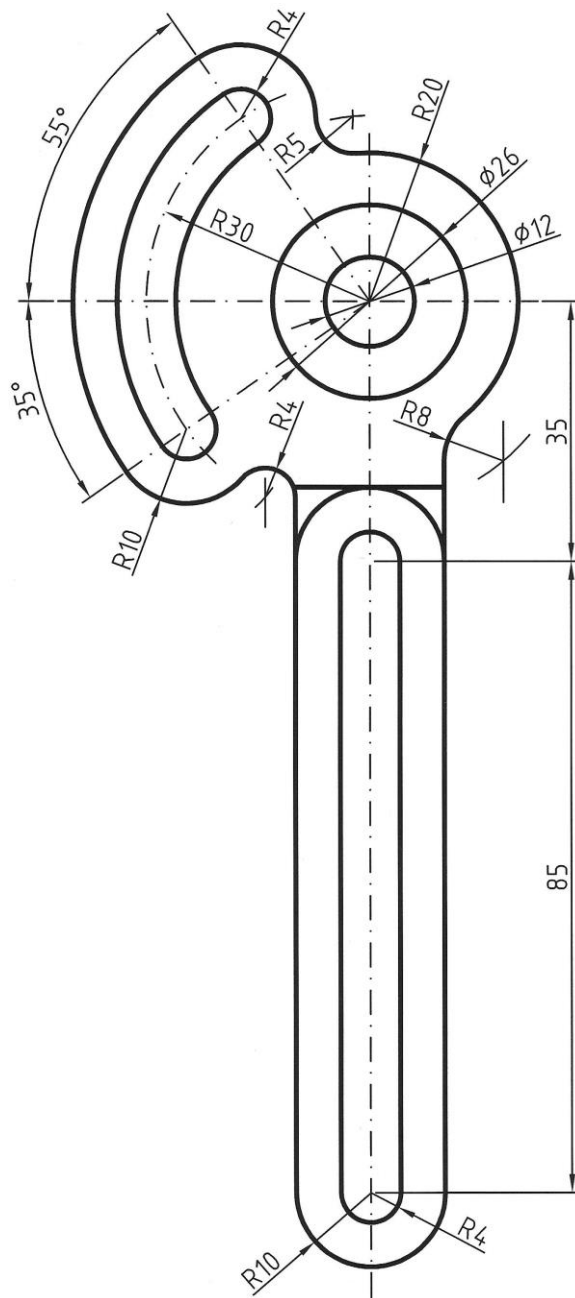


**Slika 2.52.** Spajanje lukova

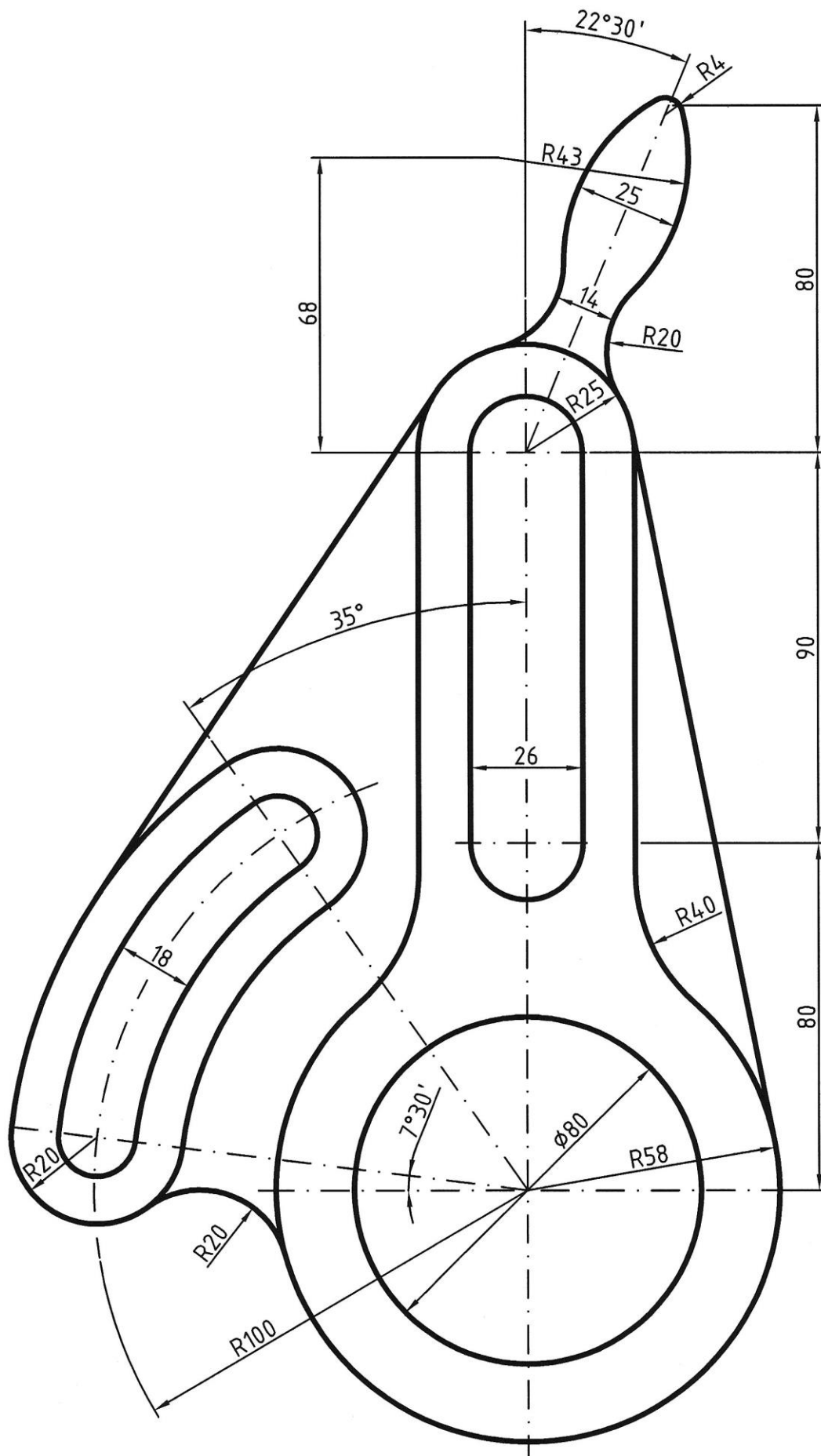
Djelovi na slikama 2.53., 2.54. i 2.55. su primjeri iz prakse i mogu poslužiti za vježbe.



Slika 2.53.



Slika 2.54.



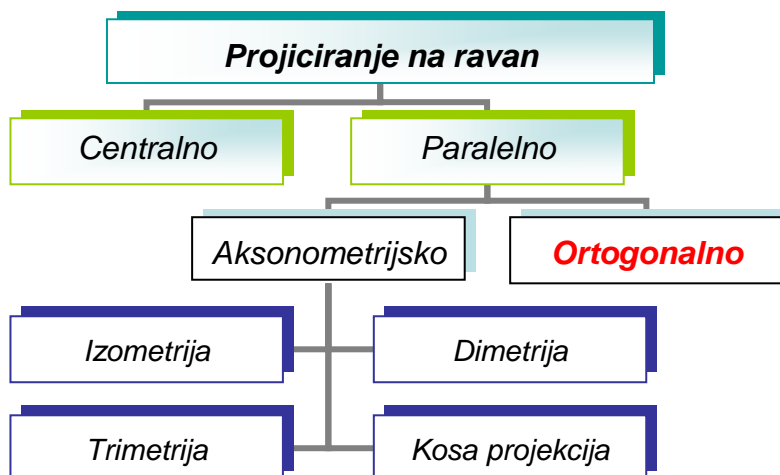
Slika 2.55.

## 3. PROJICIRANJE NA RAVAN

### 3.1. VRSTE PROJICIRANJA

Cilj tehničkog crtanja u mašinstvu je prikaz prostornog mašinskog dijela u ravni crteža. Mašinski dio je u većini slučajeva geometrijsko tijelo ili sklop geometrijskih tijela. Oblik mašinskog dijela se prikazuje na crtežu projiciranjem. Projekcija je prikaz trodimenzionalnog predmeta u ravni.

Različite vrste projiciranja prikazane su na slici 3.1

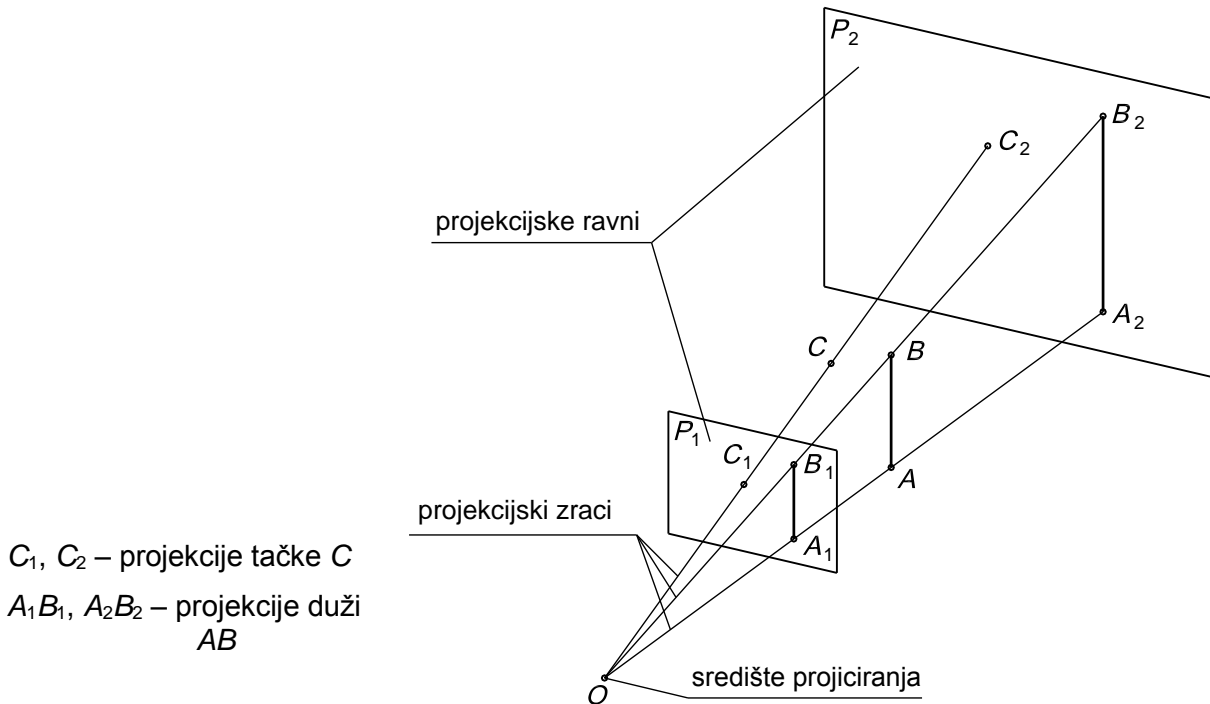


**Slika 3.1.** Vrste projiciranja



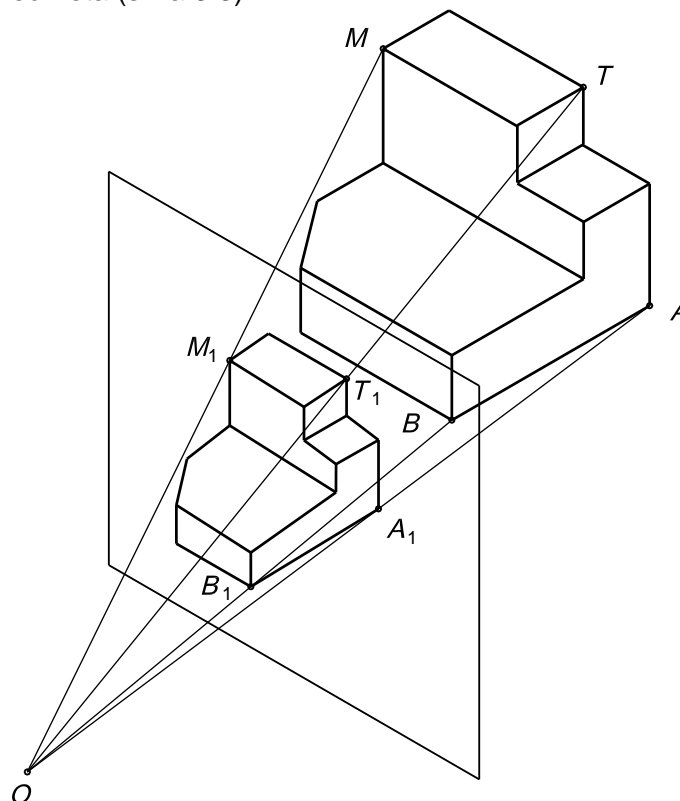
### 3.2. CENTRALNA PROJEKCIJA - PERSPEKTIVA

Kod centralnog projiciranja projekcijski zraci polaze iz jedne tačke – središta projiciranja (slika 3.2).



**Slika 3.2.** Centralno projiciranje

Projekcija predmeta se dobija na osnovu projekcija njegovih karakterističnih tačaka. Spajanjem projekcija tačaka predmeta istim redom kojim su i tačke predmeta spojene dobija se projekcija predmeta (slika 3.3).



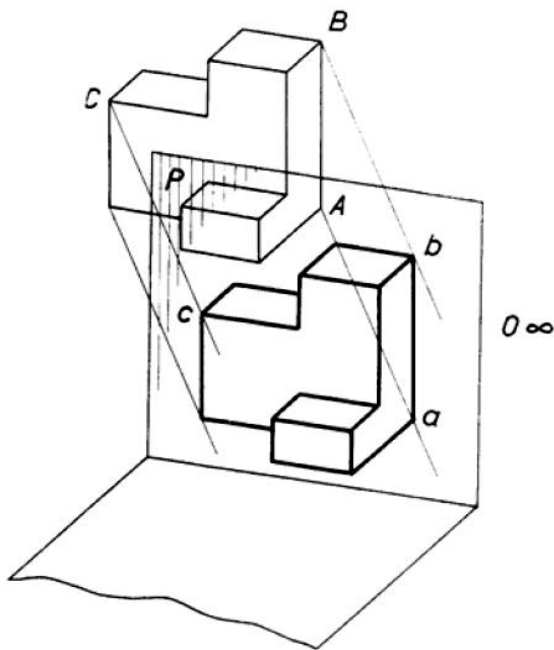
**Slika 3.3.** Centralna projekcija

Osnovna svojstva centralne projekcije:

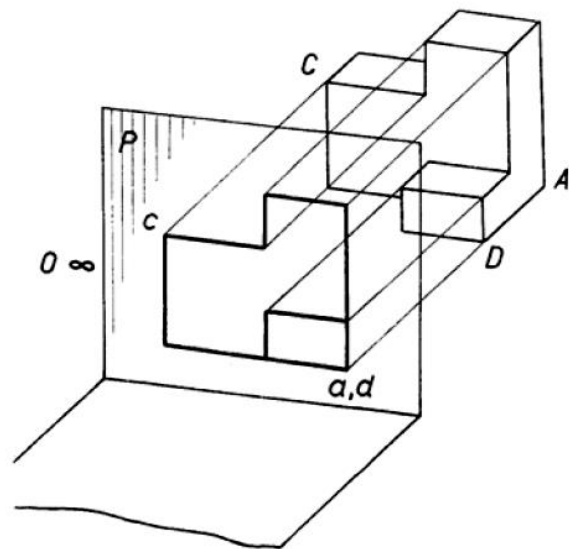
- veličina centralne projekcije u odnosu na predmet projiciranja zavisi od položaja projekcijske ravni u odnosu na međusobni položaj središta i predmeta projiciranja;
- paralelne ivice ne zadržavaju takav odnos na crtežu;
- najbolja prostorna predstava predmeta na crtežu.

### 3.3. PARALELNO PROJICIRANJE

Kod paralelnog projiciranja projekcijski zraci su međusobno paralelni (središte projiciranja je u beskonačnosti). Paralelo projiciranje može biti koso, kada su projekcijski zraci kosi u odnosu na projekcijsku ravan (slika 3.4) ili ortogonalno, kada su zraci upravni na projekcijsku ravan (slika 3.5).



*Slika 3.4. Koso projiciranje*



*Slika 3.5. Ortogonalno projiciranje*

#### 3.3.1. Aksonometrijsko projiciranje

Za prostorno razumijevanje oblika predmeta pogodno je primjeniti **prostorni prikaz**. Kod prostornog prikaza vidljive su sve tri glavne dimenzije predmeta.

Da bi se objekti iz trodimenzionalnog prostora mogli projicirati na dvodimenzionalnu ravan neophodno je bar jednu prostornu dimenziju prikazati pod nekim uglom.

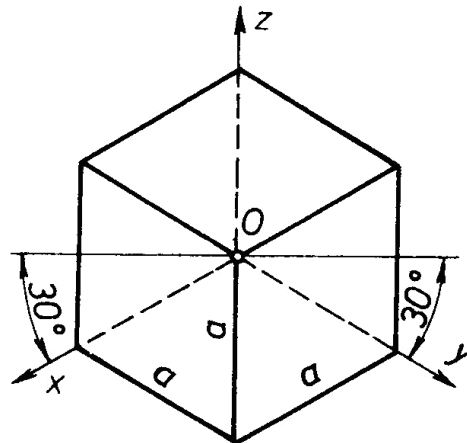
Takve vrste projekcije nazivaju se **aksonometrijske projekcije**.

Za razliku od perspektive, kod aksonometrije paralelne ivice na predmetu zadržavaju takav položaj i na crtežu.

U zavisnosti od položaja glavnih osa i skraćenja u smjeru pojedinih osa razlikuju se sledeće vrste aksonometrijskih projekcija:

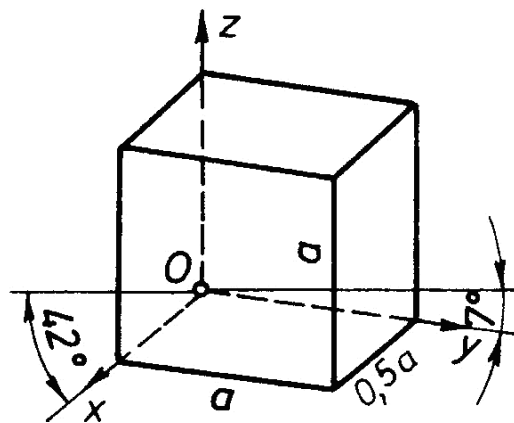
- Izometrija;
- Dimetrija;
- Trimetrija;
- Kosa projekcija.

**Izometrija** - ose su ravnomjerno raspoređene pod uglovima od  $120^\circ$ , nema skraćenja u smjeru osa.



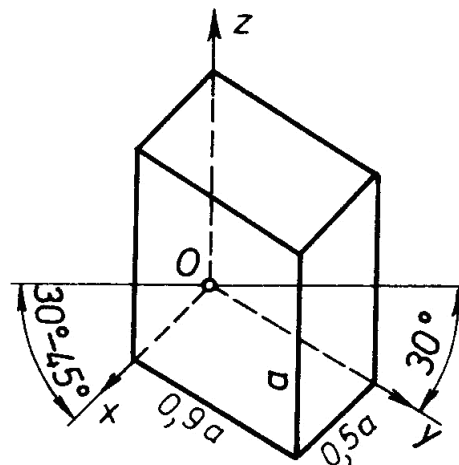
Slika 3.6. Izometrija

**Dimetrija** - dvije ose su pod uglovima od  $7^\circ$  i  $90^\circ$  bez skraćenja, a jedna pod uglom od  $42^\circ$  sa skraćenjem 1:2.



Slika 3.7. Dimetrija

**Trimetrija** - svaka osa ima drugačiji nagib i skraćenje.

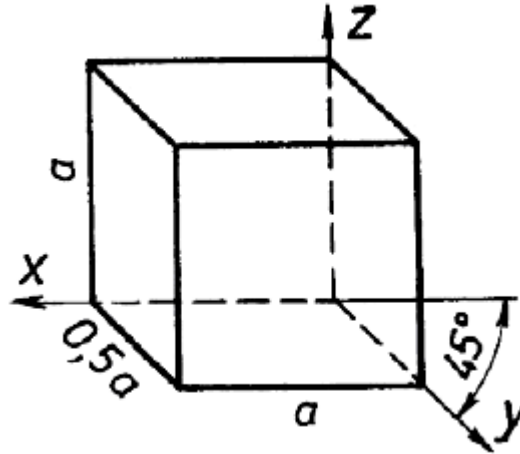


Slika 3.8. Trimetrija

**Kosa projekcija** - dvije ose su pod uglom od  $90^\circ$  i bez skraćenja, a treća je pod uglom od  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  ili  $60^\circ$  sa proizvoljnim skraćenjem.

Osnovna svojstva kose projekcije su:

- veličine u ravnima paralelnim projekcijskoj ravni se prikazuju u pravoj veličini;
- veličine upravne na projekcijsku ravan se prikazuju skraćeno;
- prostorna predstava predmeta na crtežu sa izvjesnim deformacijama.



*Slika 3.9. Kosa projekcija*

Aksonometrijske projekcije su pogodne za prostorno razumijevanje oblika predmeta, ali imaju nedostatke u pogledu predstavljanja stvarnih dimenzija.

### 3.4. ORTOGONALNO PROJICIRANJE

U tehničkom crtanju mašinskih dijelova za prikazivanje predmeta na crtežu po pravilu se primenjuje ortogonalno projiciranje.

Razlozi zbog kojih je ortogonalno projiciranje najpogodnije za prikazivanje predmeta na crtežu u mašinskom tehničkom crtanju su:

- najveći broj mašinskih dijelova predstavlja geometrijska tijela sa međusobno upravnim površinama;
- prikazivanje predmeta na crtežu sa jednom površinom paralelnom projekcijskoj ravni u slučaju ortogonalnog projiciranja je konstrukciono najjednostavnije;
- najjednostavnije je unošenje ostalih potrebnih podataka o predmetu (dimenzija, tolerancija, ...).

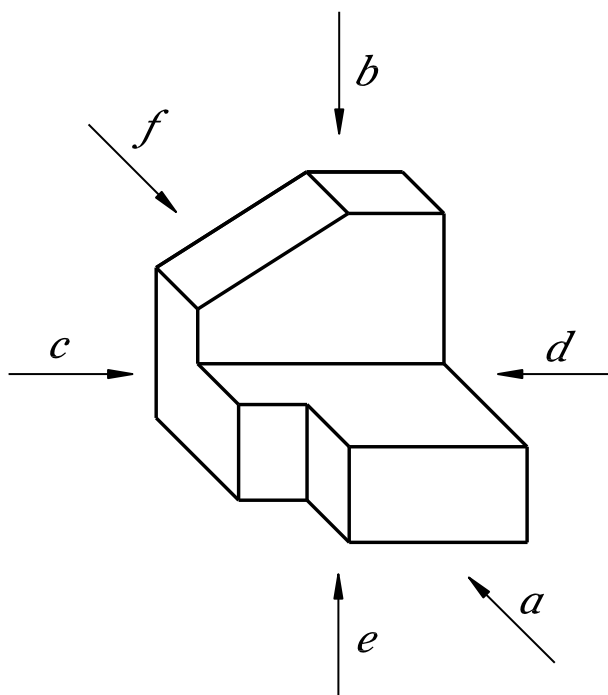
Kod ortogonalnog projiciranja u tehničkom crtanju koriste se sledeći pojmovi:

- projekcija – izgled;
- projekcijski zrak – pogled.

Za ortogonalno projiciranje je svejedno da li je predmet ispred ili iza projekcijske ravni.

U ortogonalnom projiciranju ima ukupno **šest osnovnih pogleda**:

- pogled u pravcu *a* - pogled sprijeda (glavni);
- pogled u pravcu *b* - pogled odozgo;
- pogled u pravcu *c* - pogled sa lijeve strane;
- pogled u pravcu *d* - pogled sa desne strane;
- pogled u pravcu *e* - pogled odozdo;
- pogled u pravcu *f* - pogled straga.

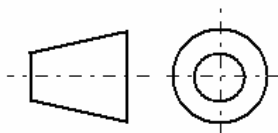


**Slika 3.10.** Prikaz različitih pogleda

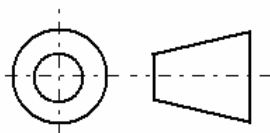
### **Načini ortogonalnog projiciranja**

Evropski način projiciranja: posmatrač – predmet – projekcijska ravan. Simbol za označavanje crteža po evropskoj metodi dat je na slici 3.11.

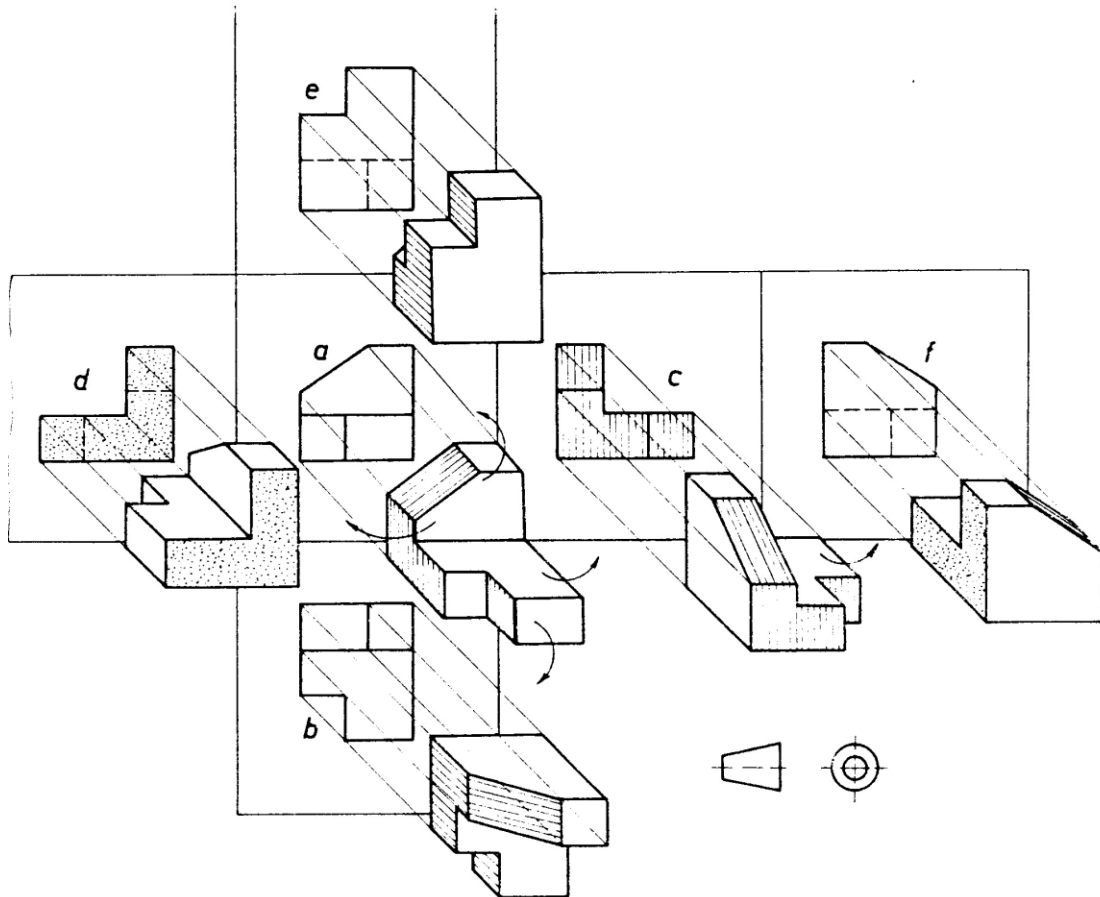
Američki način projiciranja: posmatrač – projekcijska ravan – predmet. Simbol za označavanje crteža po američkoj metodi dat je na slici 3.12.



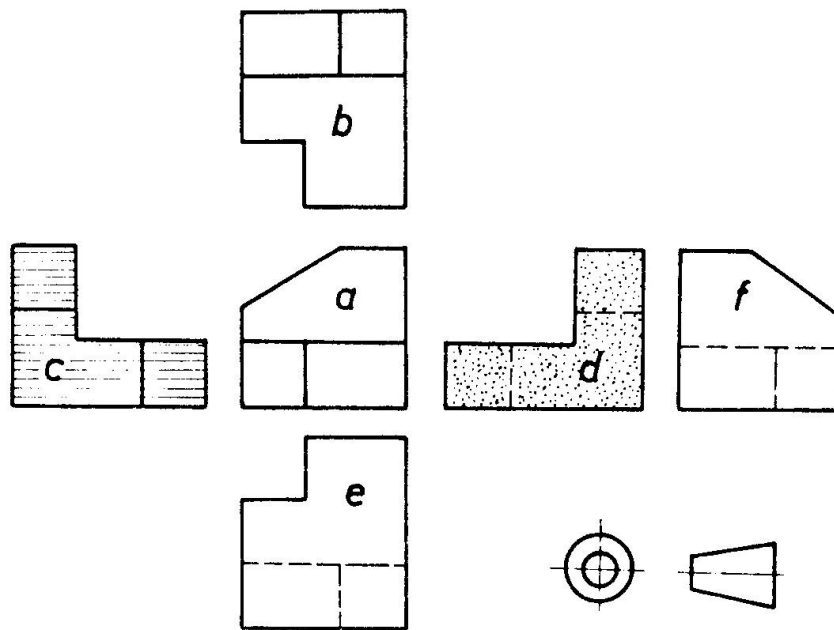
**Slika 3.11.** Simbol za označavanje crteža po evropskoj metodi



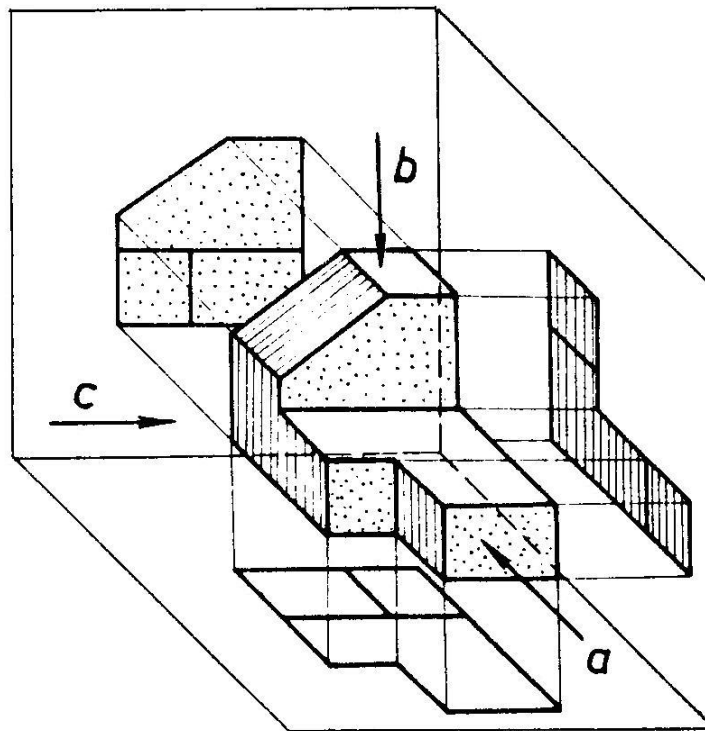
**Slika 3.12.** Simbol za označavanje crteža po američkoj metodi



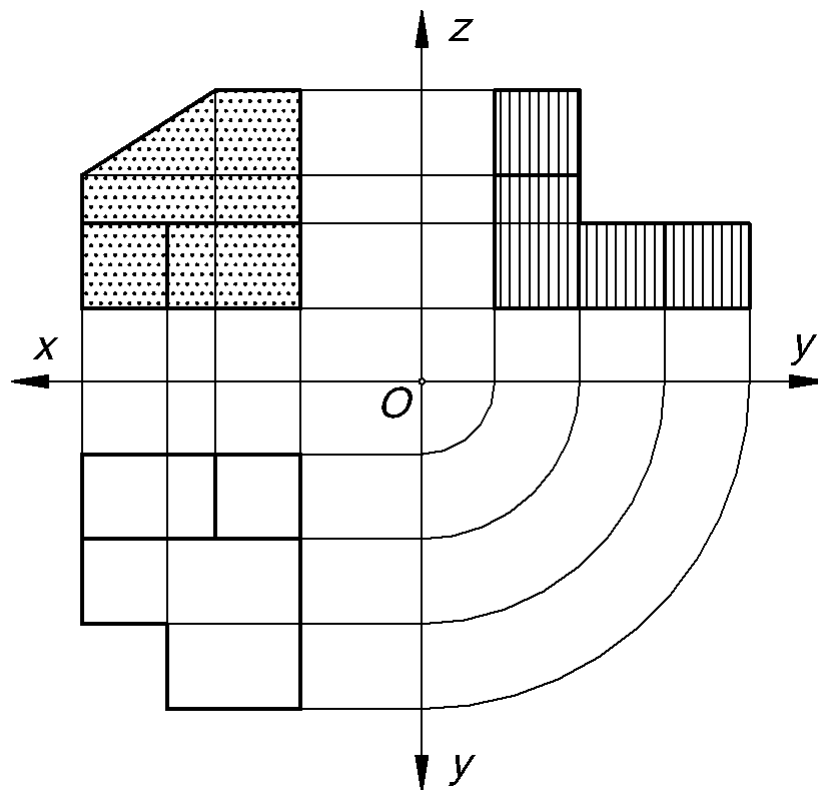
**Slika 3.13.** Raspored ortogonalnih projekcija – evropski način projiciranja



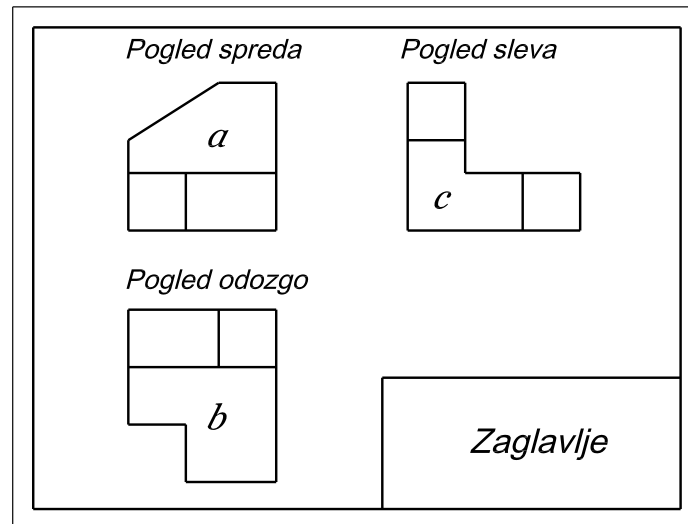
**Slika 3.14.** Raspored ortogonalnih projekcija – američki način projiciranja



Slika 3.15. Postupak dobijanja ortogonalnih projekcija



Slika 3.16. Međusobna veza ortogonalnih projekcija prikazanih u ravni crteža



**Slika 3.17.** Raspored tri osnovne projekcije na tehničkom crtežu

Osnovna svojstva ortogonalne projekcije:

- veličine u ravnima paralelnim projekcijskoj ravni se prikazuju u pravoj veličini,
- površine upravne na projekcijsku ravan se prikazuju kao duži,
- duži upravne na projekcijsku ravan se prikazuju kao tačke,
- prostorna predstava predmeta na crtežu se potpuno gubi.

Na jednom crtežu koristi se onoliki broj pogleda koji je dovoljan za potpuno definisanje oblika i dimenzija objekta. Najčešće su dovoljna dva ili tri pogleda, a ponekad i samo jedan.

#### **Kriterijumi za izbor glavnog izgleda**

- Kod crtanja mašinskih dijelova:
  - što više podataka o obliku, dimenzijama, tolerancijama,
  - što manje nevidljivih (zaklonjenih) ivica,
  - položaj kod izrade ili primjene.
- Kod crtanja mašinskih sklopova:
  - što više dijelova u presjeku sa međusobnim položajima i vezama,
  - položaj kod primjene,
  - optimalna ispunjenost formata,
  - estetski aspekt.

### **3.5. IZGLEDI I POGLEDI**

#### **Posebni izgledi**

U nekim slučajevima, zavisno od oblika predmeta, neophodno je predmet prikazati u posebnim izgledima, koji odstupaju od šest osnovnih izgleda, sl. 3.18.

Strelicom i velikim slovom se označava posebni pogled dok se pored odgovarajućeg posebnog izgleda naznačava iz kog pogleda je ovaj izgled dobijen.

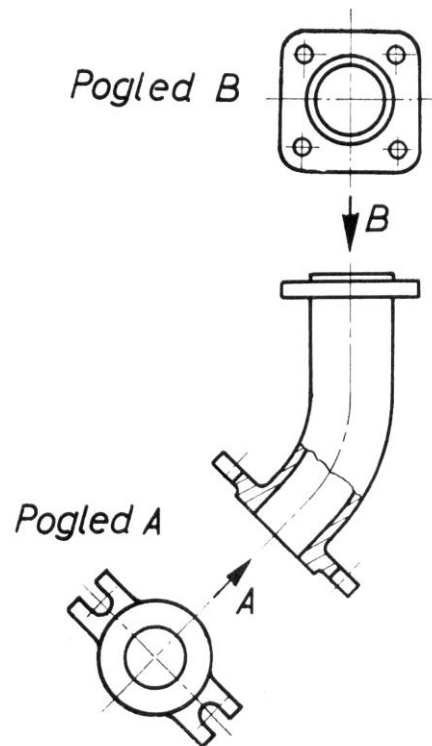
#### **Djelimični izgledi**

Za prikazivanje pojedinih detalja mogu se primjeniti i djelimični pogledi. U tom slučaju ne crta se cijeli predmet u tom pogledu, nego samo detalj za koji je važan taj pogled, sl. 3.19.

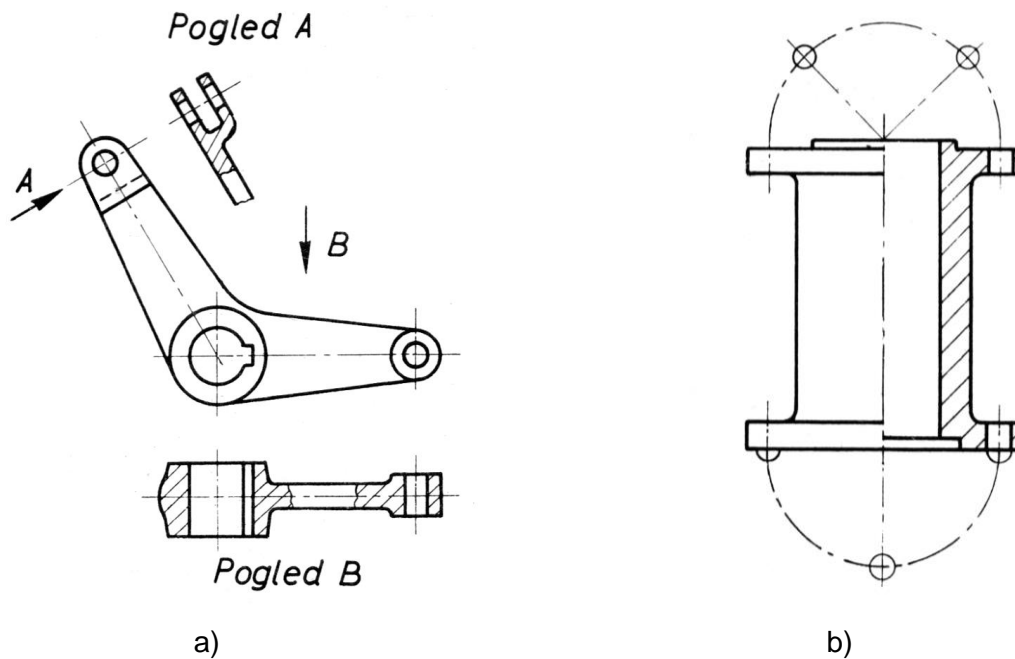


### Skraćeni izgledi

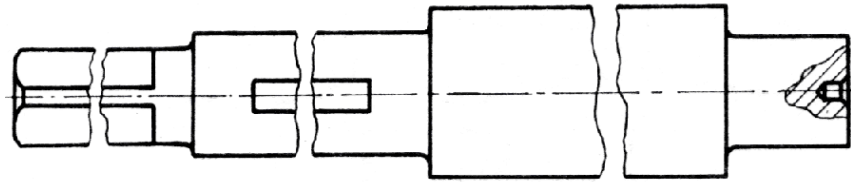
Dugački dijelovi sa nepromjenljivim poprečnim presjekom na većoj dužini mogu se prikazati u skraćenim izgledima, sl. 3.20.



Slika 3.18. Označavanje posebnog izgleda



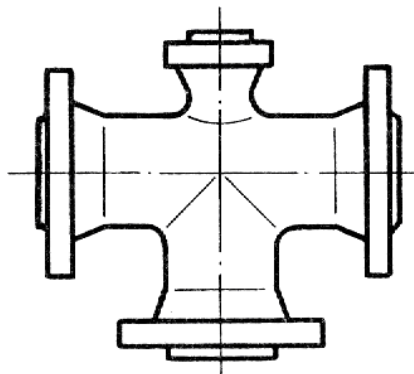
Slika 3.19. Djelimični izgledi



**Slika 3.20.** Prikaz skraćenog izgleda

### **Imaginarni prodori**

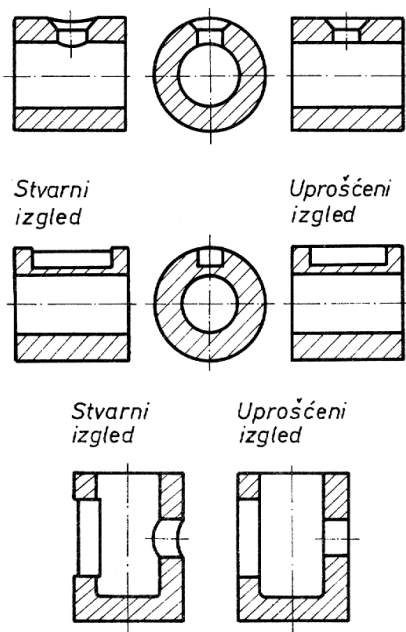
Linije imaginarnih prodora (blagih prelaza između površina) označavaju se pomoću punih tankih linija koje ne dodiruju konture, sl. 3.21.



**Slika 3.21.** Prikaz linija imaginarnih prodora

### **Uprošćeno predstavljanje otvora i žlijebova**

Stvarni izgledi blago naglašenih otvora i žlijebova mogu se predstaviti uprošćeno, a da se time ne umanjuje jasnoća crteža, sl. 3.22.



**Slika 3.22.** Uprošćeno predstavljanje konusnih i cilindričnih otvora i žlijebova

**ZADATAK 1.**

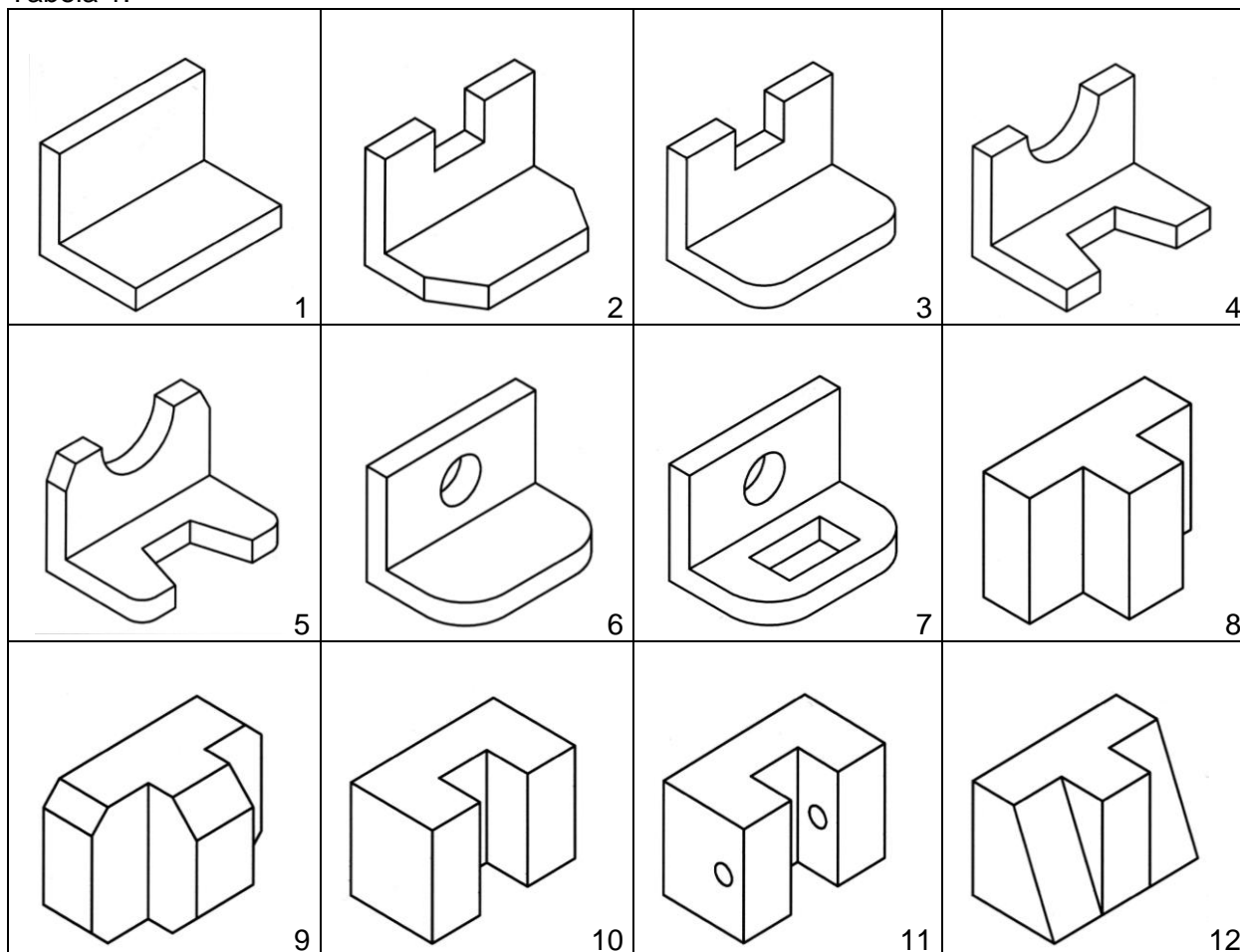
Za dijelove čiji su aksonometrijski prikazi dati u tabeli 1, na crtežima pod rednim brojevima \_\_\_\_\_ i \_\_\_\_\_, nacrtati tri osnovna pogleda koristeći se evropskim rasporedom projekcija. Projekcije rasporediti tako da se vide kao odvojene slike. Zaklonjene konture i ivice ucrtati isprekidanim linijama tipa F. Dimenzije uzeti proizvoljno, vodeći računa o njihovom odnosu, da bi se zadržao zadati izgled dijela. Otvore koji nisu jasno definisani na crtežima smatrati potpuno izbušenim.

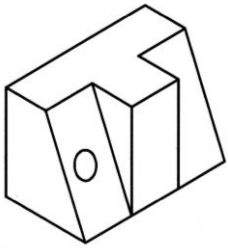
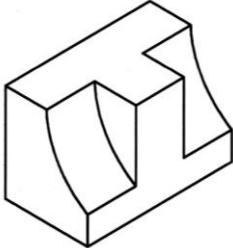
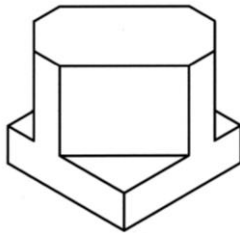
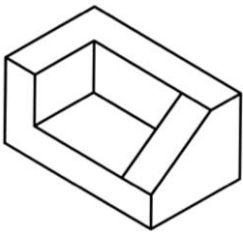
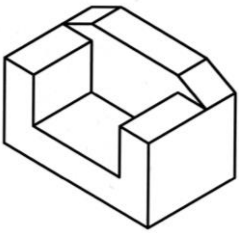
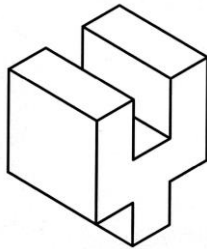
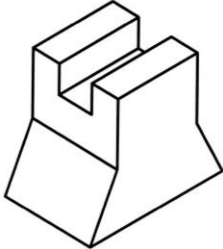
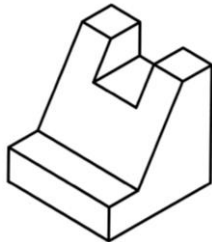
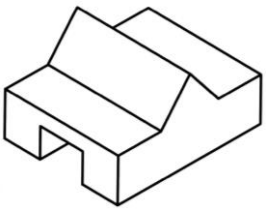
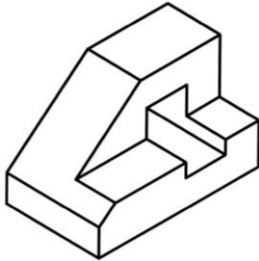
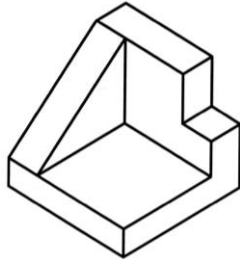
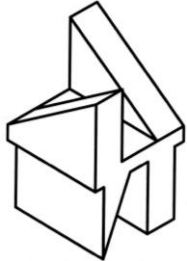
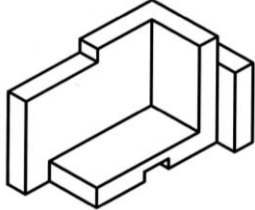
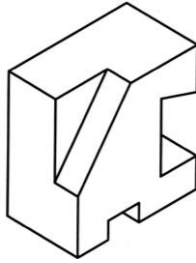

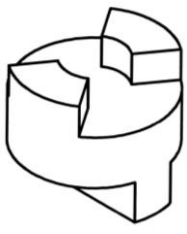
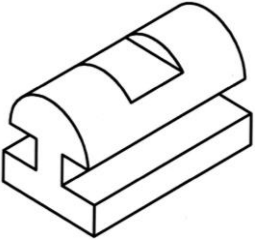
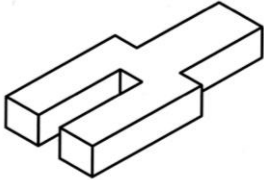
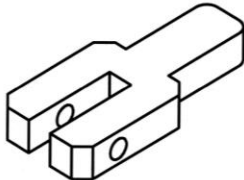
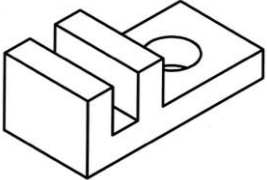
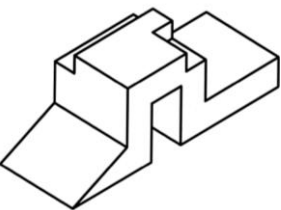
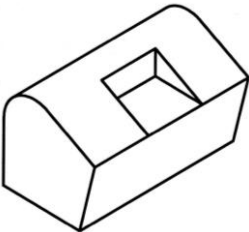

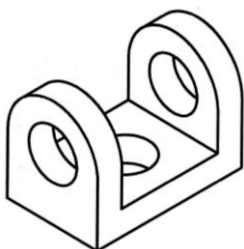
Zadatak skicirati grafitnom olovkom na bijelom papiru bez linija formata A4 (A3), zatim, poslije ovjere, nacrtati na računaru u programu AutoCAD i odštampati takođe na formatu A4 (A3) u odgovarajućoj razmjeri.

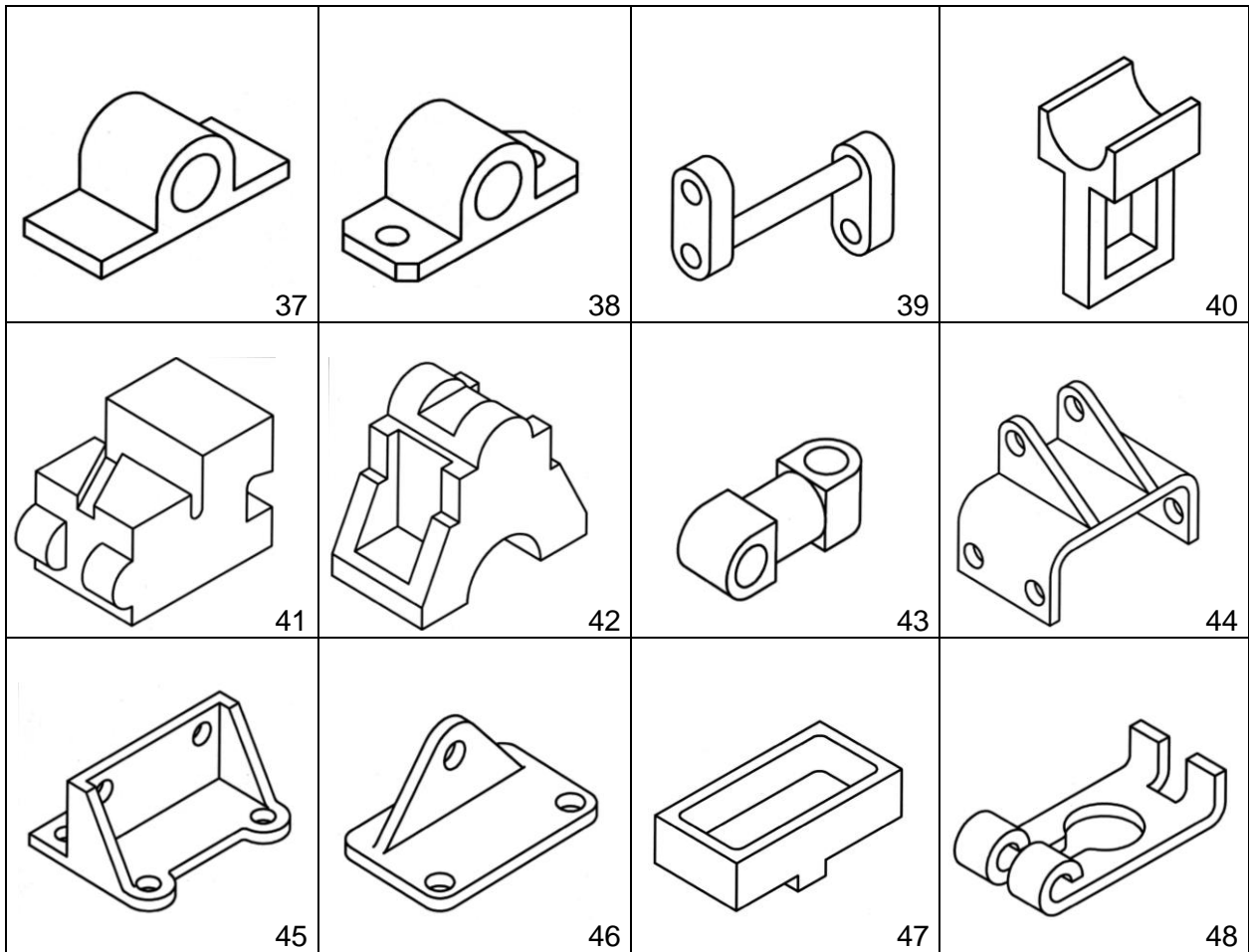
Nazivi dijelova iz tabele 1. su sljedeći:

- |                |             |                       |
|----------------|-------------|-----------------------|
| 1 – 7. Ugaonik | 33. Prizma  | 41. Stopa             |
| 8 - 26. Prizma | 34. Pult    | 42. Stopa             |
| 27. Spojnica   | 35. Ušice   | 43. Spona             |
| 28. Spojnica   | 36. Ušice   | 44. Stalak            |
| 29. Stopa      | 37. Ležište | 45. Stalak            |
| 30. Viljuška   | 38. Ležište | 46. Stalak            |
| 31. Viljuška   | 39. Krivaja | 47. Prizma sa vođicom |
| 32. Osigurač   | 40. Nosač   | 48. Stezni držač      |

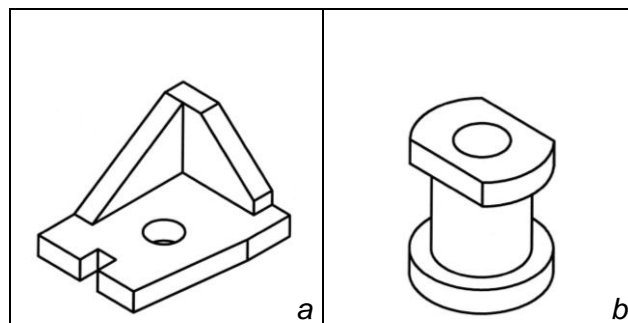
Tabela 1.

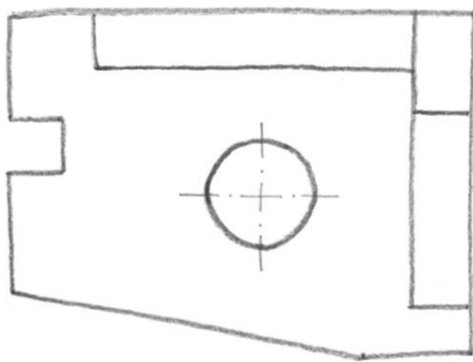
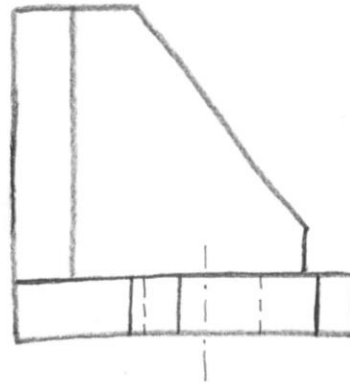
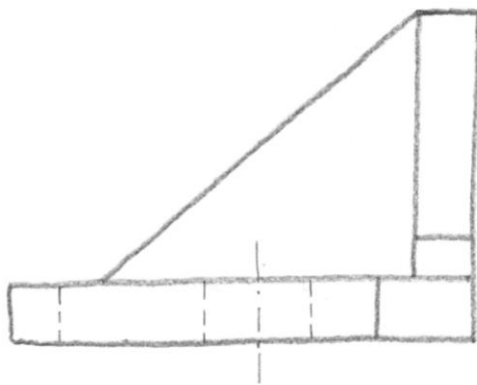


			
13	14	15	16
			
17	18	19	20
			
21	22	23	24
			
25	26	27	28
			
29	30	31	32
			
33	34	35	36

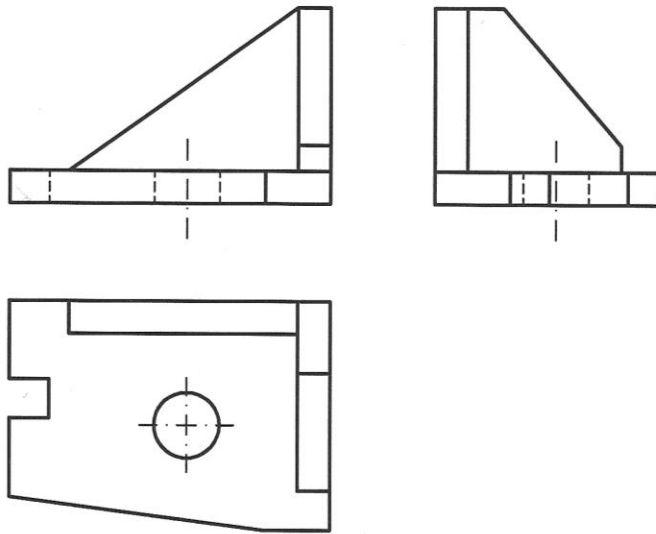


U nastavku su urađena dva primjera *a* – graničnik (prizmatični) i *b* - ožljebljeni nosač (cilindrični).

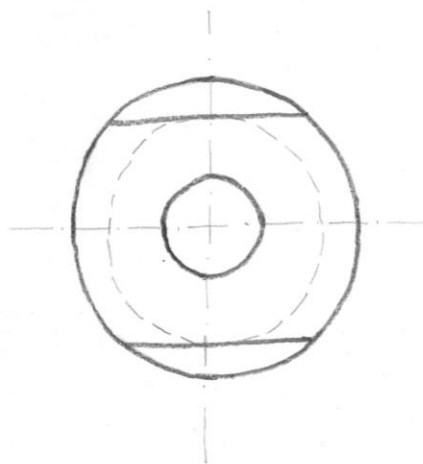
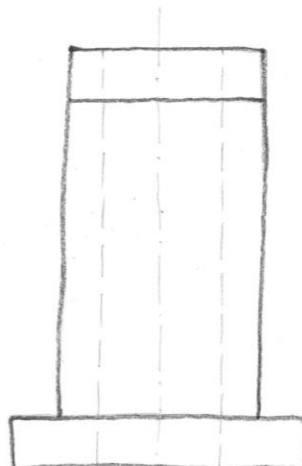
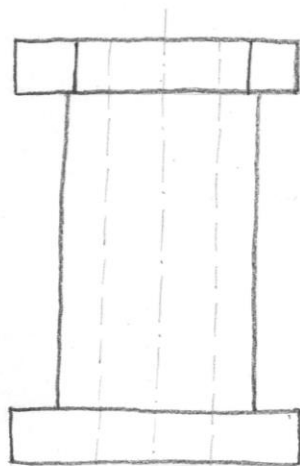




Obradio: Ime i prezime	Odobrio:	Mašinski fakultet Istočno Sarajevo	Naziv: GRANIČNIK	1
			Oznaka: 02.01.	2

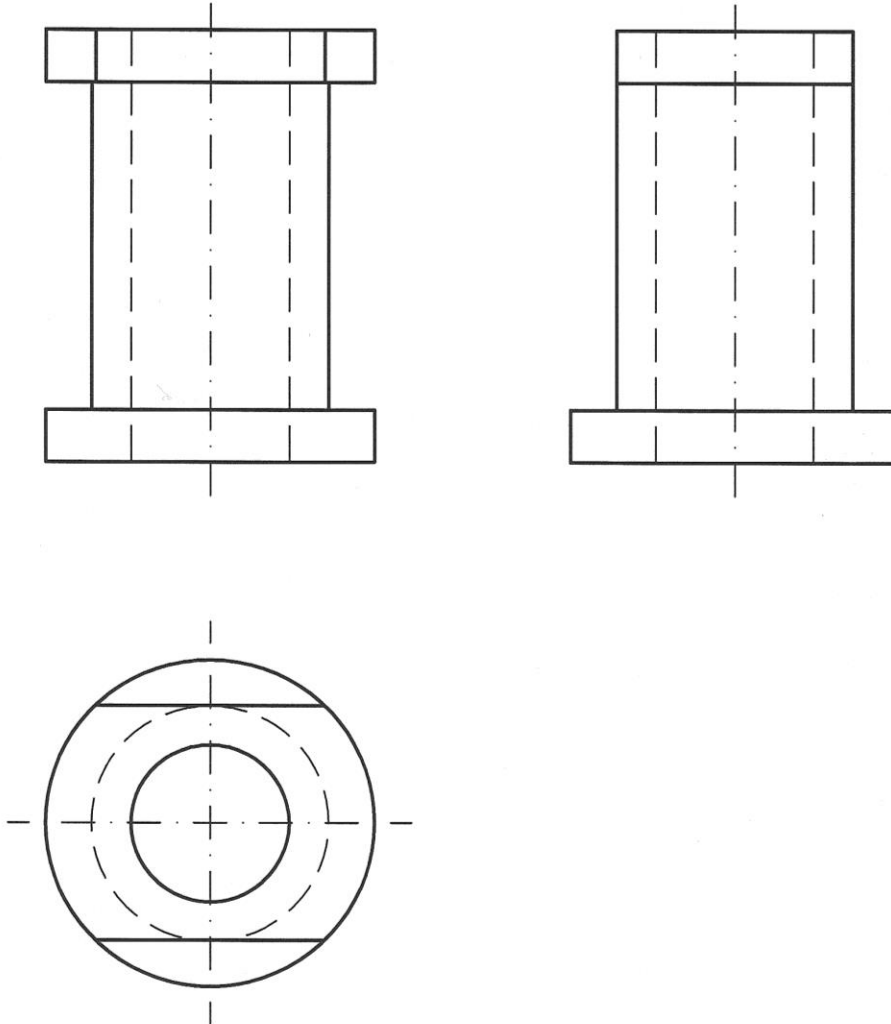


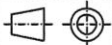
Tolerancije slobodnih mjera		Površinska hrapavost		Površinska zaštita			
Materijal				Termička obrada			
		Masa		Razmjera 1 : 1			
		Datum		Naziv  <b>GRANIČNIK</b>			
		Obrad.				Ime	
						Prezime	
		Stand.					
		Odobr.					
		MAŠINSKI FAKULTET ISTOČNO SARAJEVO		Oznaka 02.01.			
St i		Izmjene		Datum			
		Ime		Izv pod.			
				Zamjena za			
				List 1 L 2			



Obradio: Ime i prezime	Odobrio:	Mašinski fakultet Istočno Sarajevo	Naziv OŽLJEBLJENI NOSAČ	2
			Oznaka 02.02.	2





Tolerancije slobodnih mjera		Površinska hrapavost		Površinska zaštita		
Materijal				Termička obrada		
		Masa		Razmjera 1 : 1		
		Datum	Naziv			
		Obrad.	Ime	Prezime	<b>OŽLJEBLJENI NOSAČ</b>	
		Stand.				
		Odobr.				
		MAŠINSKI FAKULTET ISTOČNO SARAJEVO		Oznaka		List
				02.02.		2
St i	Izmjene	Datum	Ime	Izv pod.	Zamjena za	L 2

## 4. KOTIRANJE

Oblik mašinskog dijela je na crtežu određen projekcijama, a kada je to potrebno i presjecima.

Za izradu mašinskog dijela potrebno je da on bude ne samo oblikovno već i dimenziono određen. To se postiže kotiranjem. Kotiranje je unošenje brojnih vrijednosti veličina dijela na crtež.

Bez obzira na to u kojoj se razmjeri crta, unesene vrijednosti označavaju krajnje stanje veličina gotovog komada.

### 4.1. OSNOVNA PRAVILA KOTIRANJA

Unošenje kota na crtežima složenih dijelova zahtijeva iskustvo i poznavanje proizvodnih procesa. Najbolji način unošenja kota je onaj koji je usklađen s redoslijedom radnih operacija pri izradi dijela.

Osnovna pravila kotiranja su:

- kotama se moraju označiti sve mjere potrebne za tačnu i jednoznačnu izradu prikazanog dijela;
- svaka mjera se na crtežu kotira samo jednom;
- kota se smiješta u onu projekciju, odnosno presek koji daje najjasniju predstavu o obliku predmeta na tom mjestu;
- kote moraju biti raspoređene po svim projekcijama;
- sve mjere se daju u milimetrima, ali se jedinica ne piše međutim ako se radi o nekoj drugoj mjernoj jedinici npr. stepenima, jedinica se upisuje.

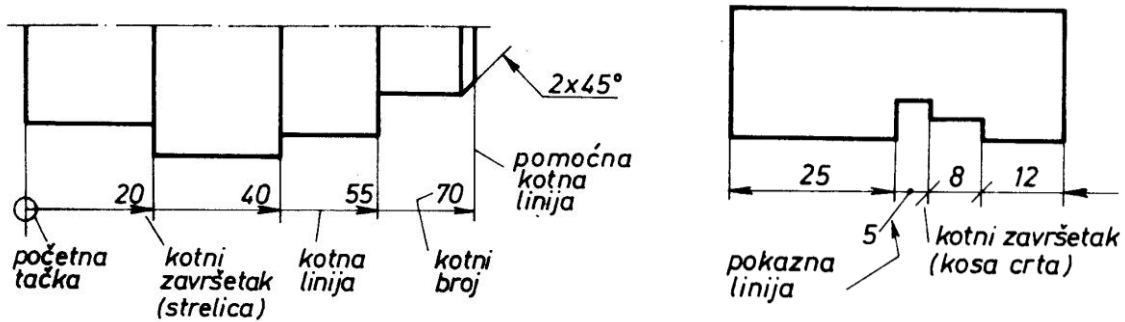
Kotiranje crteža izvodi se uz pomoć elemenata kotiranja.

## 4.2. ELEMENTI KOTIRANJA

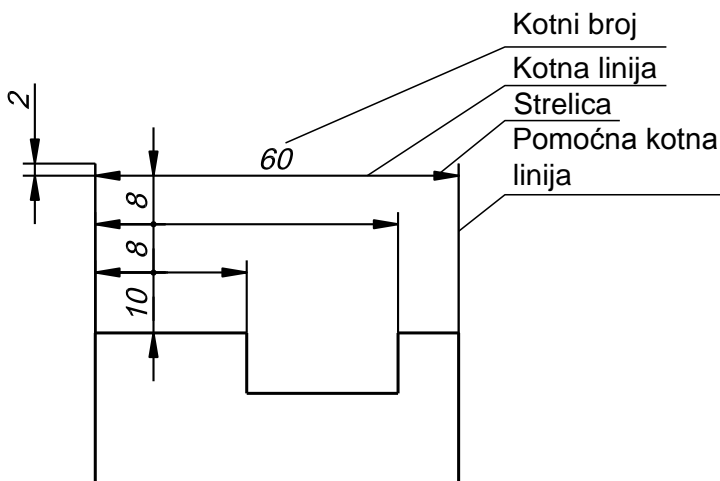
Elementi kotiranja su:

- pomoćna kotna linija;
- kotna linija;
- pokazna linija;
- kotni završetak;
- početna tačka;
- kotni broj.

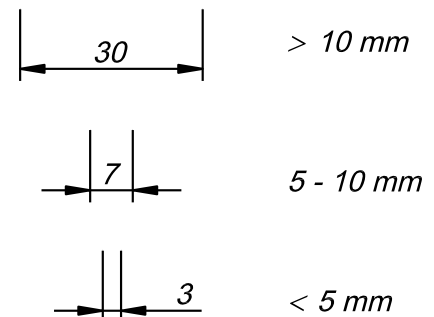
Različiti elementi kotiranja su prikazani na slikama od 4.1. do 4.8.



Slika 4.1. Elementi kotiranja

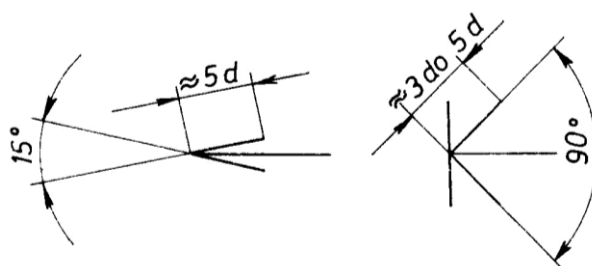


Slika 4.2. Međusobno odstojanje između kotnih linija (preporuka)



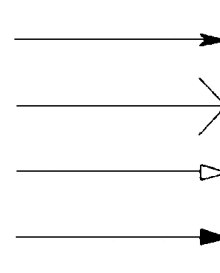
Slika 4.3. Preporuka za položaj strelica i kotnog broja

Kotne linije moraju imati jasno označene kotne završetke.

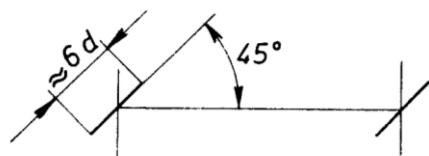


$d$  – debljina pune debele linije

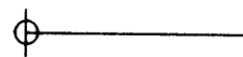
Slika 4.4. Kotni završeci - strelice



Slika 4.5. Oblici strelica



Slika 4.6. Kotni završetak – kosa crta

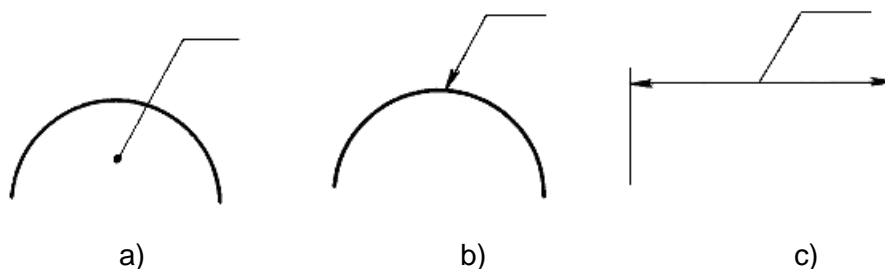


Slika 4.7. Početna tačka

### 4.3. PRAVILA KOTIRANJA

Sve kotne, pomoćne kotne i pokazne linije crtaju se punom tankom linijom. Pokazna linija tj. linija koja upućuje na predmet, konturu, mjeru itd., može da se završi (slika 4.8):

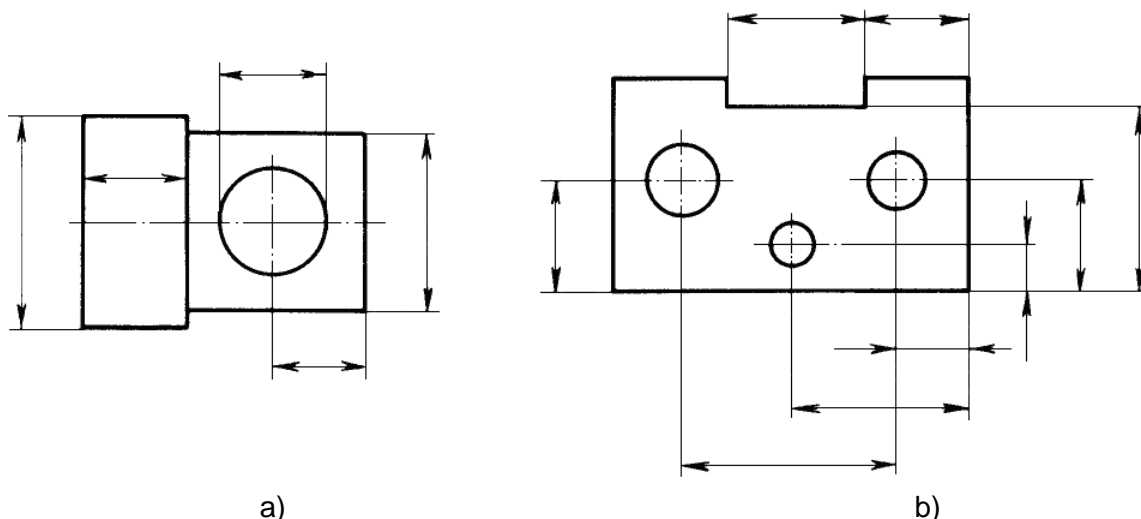
- tačkom, ako se završava u okviru konture nekog predmeta
- strelicom, ako se završava na konturi predmeta i
- bez tačke ili strelice, ako se završava na kotnoj liniji.



Slika 4.8. Različiti završeci pokaznih linija

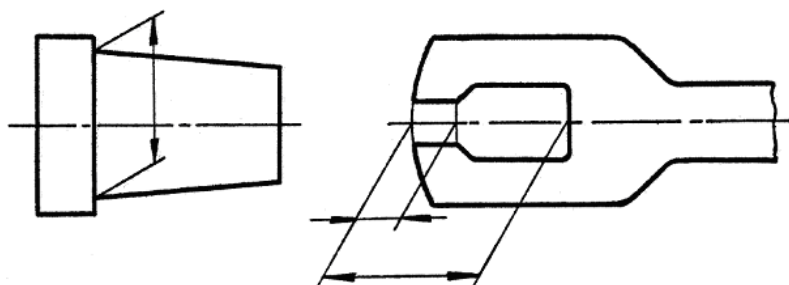
Pomoćne kotne linije ograničavaju kotnu liniju i prelaze je za 1 do 3 mm. Strelice se vrhovima oslanjaju na pomoćne kotne linije ili, ako je to pogodno, na same ivice dijela koje takođe definišu dužinu koju treba kotirati. Po pravilu, kotne i pomoćne kotne linije ne bi trebalo da presjecaju druge linije, osim ako je to neizbježno (slika 4.9, a). Međusobni presjek kotne i pomoćne kotne linije bi trebalo izbjegavati, a kada to nije moguće, nijedna od njih ne smije imati prekid (slika 4.9, b).

Osne i konturne linije se ne smiju koristiti kao kotne, ali mogu kao pomoćne kotne linije.



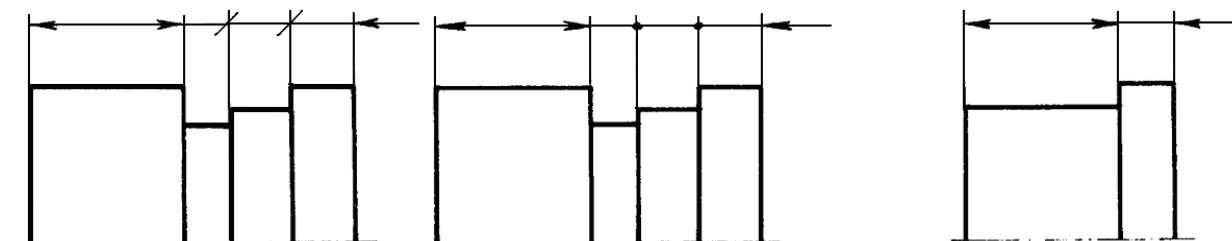
Slika 4.9. Crtanje kotnih i pomoćnih kotnih linija

Pomoćne kotne linije se crtaju upravno na veličinu koja se kotira ili koso, ali međusobno paralelno (slika 4.10).



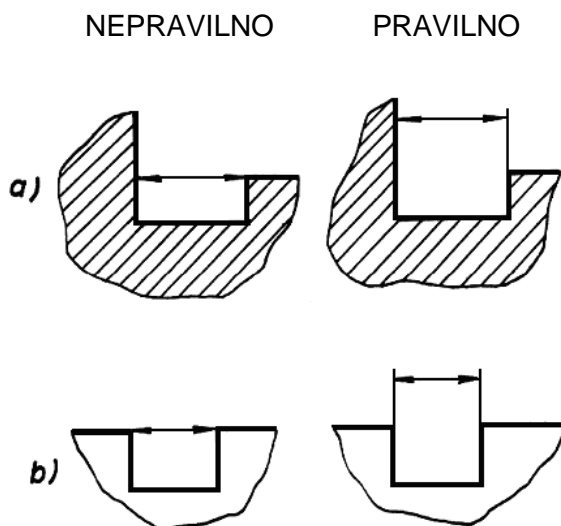
**Slika 4.10.** Kose pomoćne kotne linije

Kada na crtežu ima dovoljno prostora, vrh strelice se postavlja unutar granica kotne linije, a ako nema dovoljno prostora strelice se mogu nalaziti izvan predviđenih granica kotne linije, koja se u tu svrhu produžuje (slika 4.11). U slučajevima kada za postavljanje strelica nema mjesta, mogu se umjesto strelica koristiti tačke ili kose crte (nagnute pod uglom od 45°).



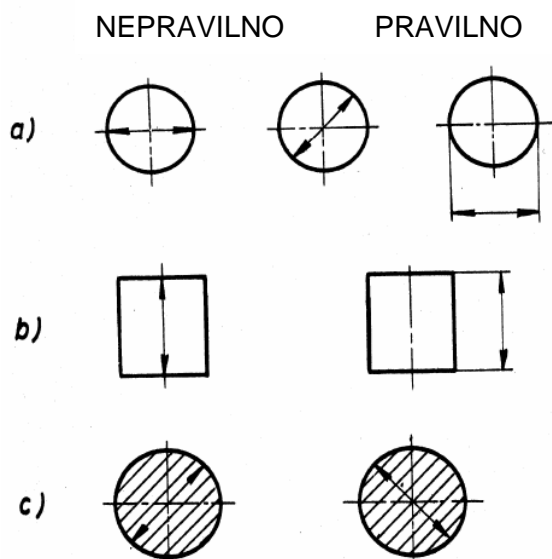
**Slika 4.11.** Položaj strelica i zamena strelica kosim crtama ili tačkama

Strelica ne smije da vrhom dodiruje tačku presjeka dvaju linija, kao što je to prikazano na slici 4.12.

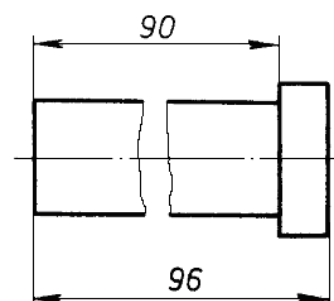


**Slika 4.12.** Položaj kotnih linija

Nikakva postojeća linija predmeta, osa, linija šrafure i ivica, ne smije da se koristi kao kotna linija (slika 4.13). Kotiranje u šrafiranim poljima se izbjegava, a kada to nije moguće kotna linija se ne smije crtati u pravcu šrafure (slika 4.13, c). Ako je dio prikazan sa skraćanjem, kotna linija se ne prekida (slika 4.14).



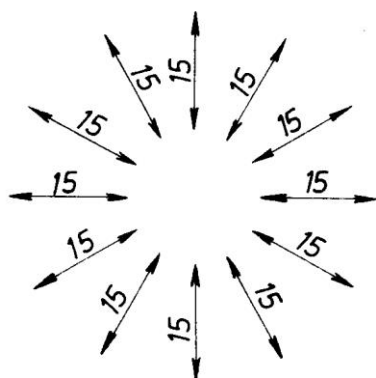
Slika 4.13. Položaj kotnih linija



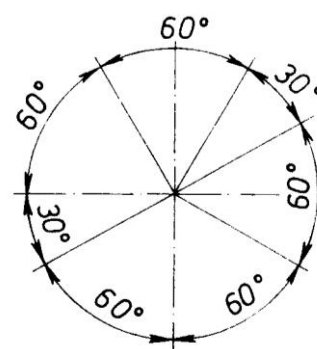
Slika 4.14. Kotiranje skraćenog dijela

#### 4.3.1. Upisivanje kotnog broja

Kotni broj se upisuje paralelno sa kotnom linijom, prvenstveno u sredinu i iznad kotne linije. Upisuje se tako da ga ne presjecaju nikakve linije na crtežu i to tako da se mogu čitati odozdo ili sa desne strane crteža.



Slika 4.15. Način postavljanja kotnih brojeva za različite položaje kotnih linija

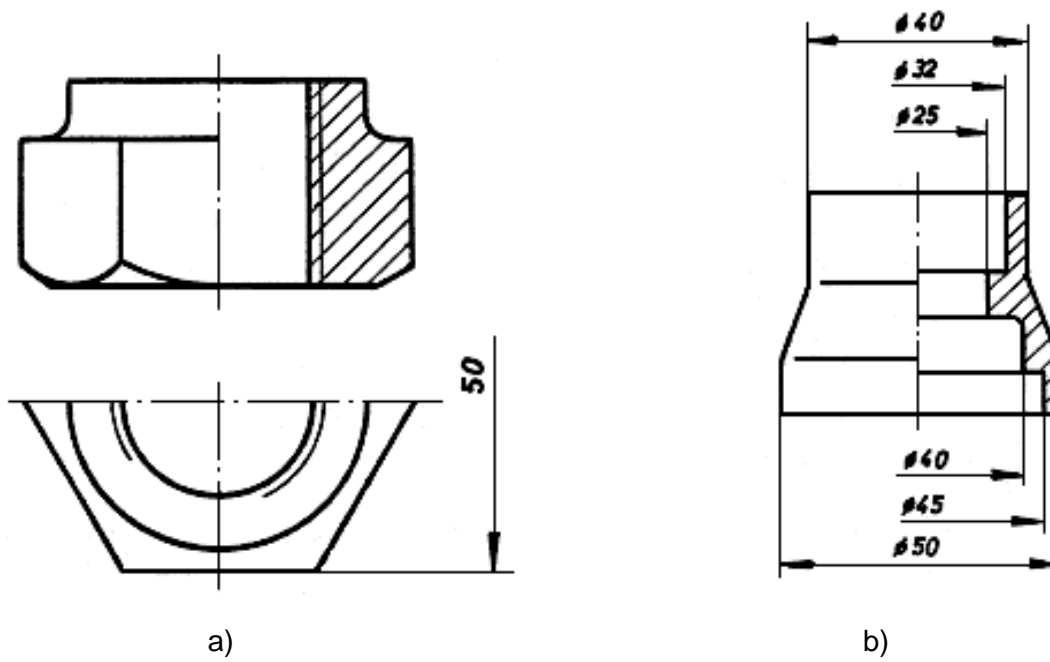


Slika 4.16. Upisivanje kotnih brojeva za uglove

Svi kotni brojevi na jednom crtežu moraju biti iste veličine.

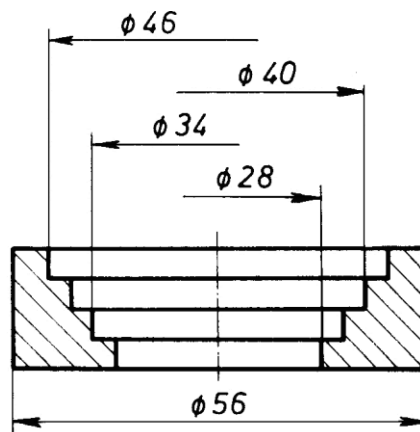
#### 4.3.2. Primjeri različitih položaja kotnih brojeva

Kod simetričnih dijelova, bilo da je nacrtana samo jedna polovina izgleda (slika 4.17, a) ili polupresjek (slika 4.17, b), mogu da se daju skraćene kotne linije samo sa jednom strelicom.

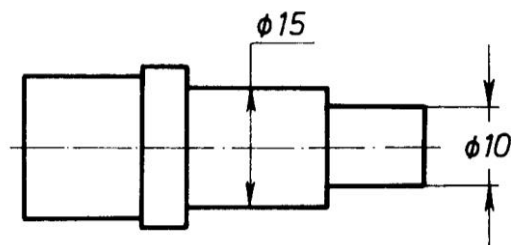


**Slika 4.17.** Kotiranje simetričnih dijelova

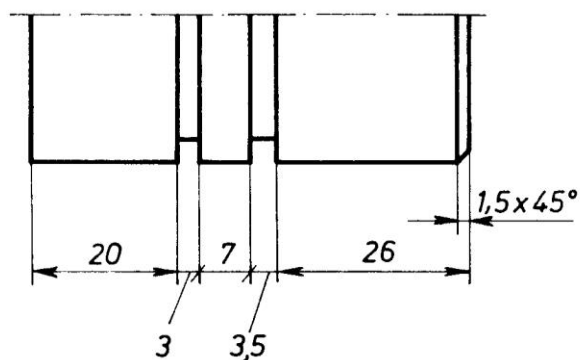
Da bi se izbjegla dugačka kotna linija, kotni broj može da se upiše bliže kotnom završetku.



**Slika 4.18.** Kotni broj bliže kotnom završetku

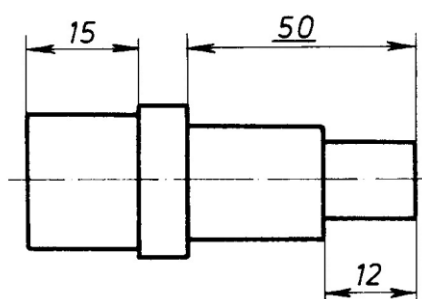


**Slika 4.19.** Kotni broj iznad produžetka kotne linije



**Slika 4.20.** Kotni brojevi na ograničenom prostoru

Kotni broj čija razmjera ne odgovara nacrtanoj dužini (zbog naknadne izmjene crteža) podvlači se ravnom debelom linijom (slika 4.21).



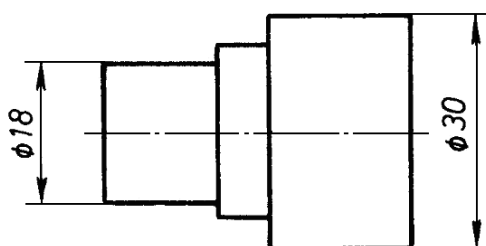
**Slika 4.21.** Kotni broj čija razmjera ne odgovara nacrtanoj dužini

### 4.3.3. Primjena simbola na crtežima

Za kotiranje nekih posebnih oblika, a u cilju jednostavnijeg označavanja i jasnijeg tumačenja crteža, koriste se simboli koji se upisuju ispred kotnog broja, i to:

- ∅ – prečnik
- R – poluprečnik
- – kvadrat
- SR – poluprečnik kugle
- S ∅ – prečnik kugle.

#### Primjeri primjene simbola na crtežima

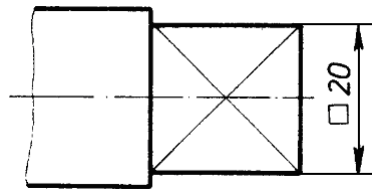


**Slika 4.22.** Kotiranje prečnika

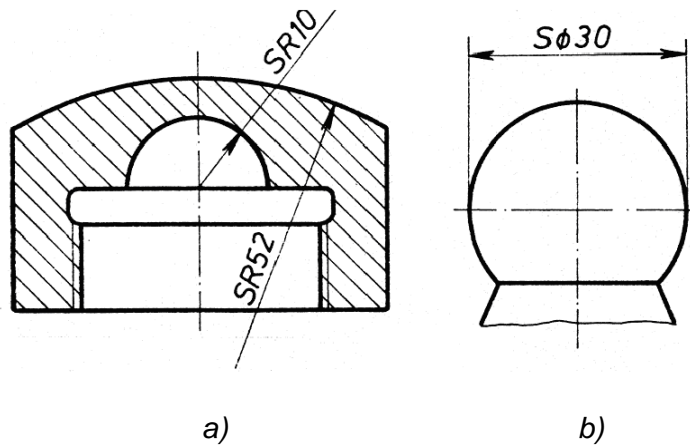


**Slika 4.23.** Kotiranje poluprečnika



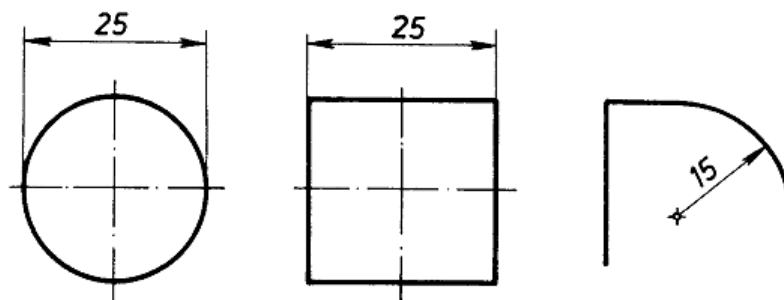


**Slika 4.24.** Kotiranje kvadrata



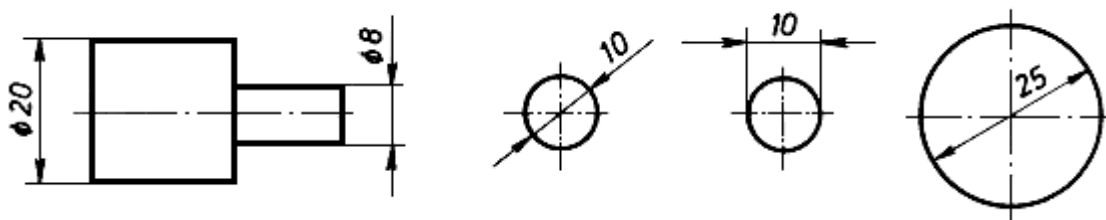
**Slika 4.25.** Kotiranje a) poluprečnika, b) prečnika kugle

Kada je oblik dijela jasno prikazan, oznake za prečnik, poluprečnik i kvadrat mogu se izostaviti (slika 4.26).



**Slika 4.26.** Izostavljanje oznaka za prečnik, kvadrat i poluprečnik

Položaj kota i kotnih strelica pri kotiranju prečnika dat je na slici 4.27.

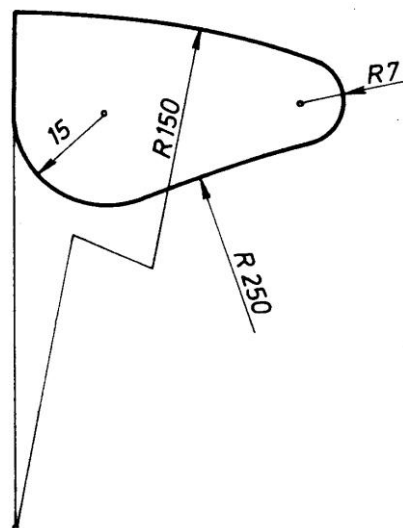


**Slika 4.27.** Kotiranje prečnika – primjeri

#### 4.3.4. Kotiranje poluprečnika

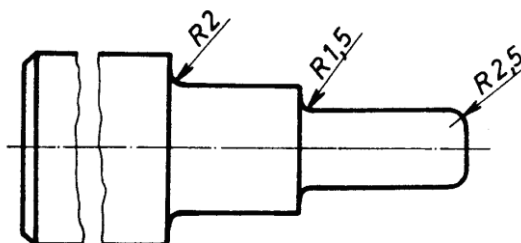
Pri kotiranju poluprečnika koristi se samo strelica kao kotni završetak. Vrh strelice može biti sa udubljene ili ispučene strane kružnog luka, što zavisi od mjesta kojim se raspolaže za smještaj strelice i kotnog broja. Kod zaobljenja centar se označava tačkom.

Kad je centar luka van okvira crteža, kotna linija poluprečnika crta se izlomljena ili prekinuta, zavisno od toga da li je potrebno ili ne odrediti centar (slika 4.28).



**Slika 4.28.** Kotiranje poluprečnika

Kod zaobljenja manjih od 2,5 mm centar se ne obilježava (slika 4.29).



**Slika 4.29.** Kotiranje zaobljenja malih poluprečnika

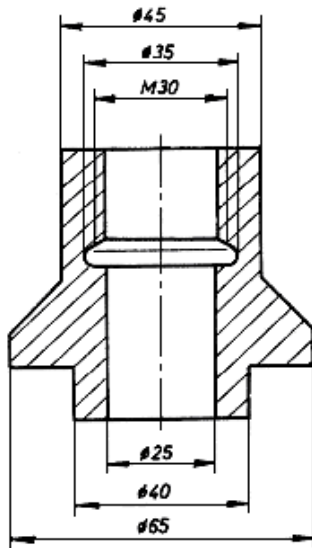
#### 4.4. VRSTE KOTIRANJA (BAS ISO 129-1:2007)

Vrste kotiranja su:

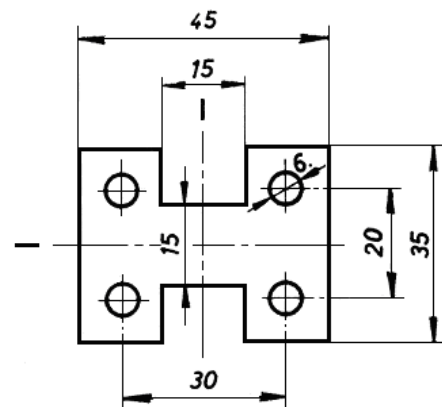
- Simetrično kotiranje;
- Redno kotiranje;
- Paralelno kotiranje;
- Kotiranje preklapanjem kotnih linija;
- Kotiranje koordinatama;
- Kombinovano kotiranje.

##### 4.4.1. Simetrično kotiranje

Simetrično kotiranje se primenjuje kod dijelova simetričnih u odnosu na jednu (slika 4.30) ili dvije njegove ose (slika 4.31).



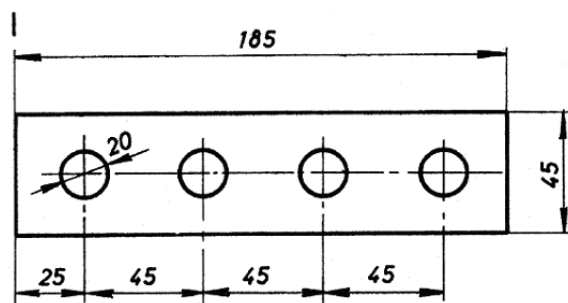
**Slika 4.30.** Simetrično kotiranje



**Slika 4.31.** Simetrično kotiranje

#### 4.4.2. Redno (serijsko) kotiranje

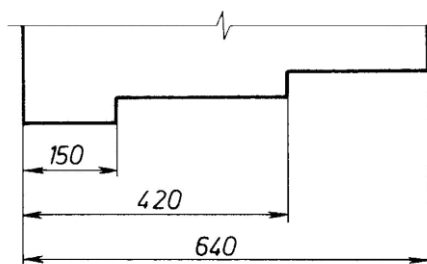
Redno kotiranje se koristi kod dijelova kod kojih zbir odstupanja većeg broja vrijednosti u redu nema uticaja na funkcionalnost dijela samostalno upotrebljenog ili kasnije postavljenog u sklopu (slika 4.32).



**Slika 4.32.** Redno (serijsko) kotiranje

#### 4.4.3. Paralelno kotiranje

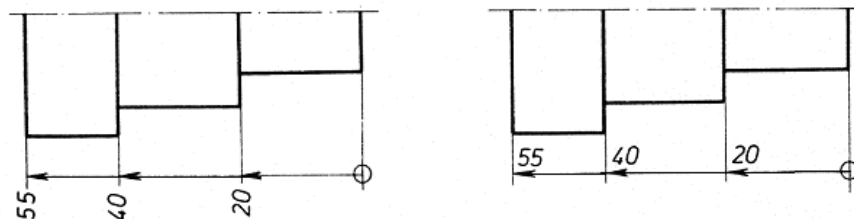
Kod paralelnog kotiranja kotne linije su međusobno paralelne, a počinju od određene površine – vrednosne osnove. Koristi se tamo gdje je neophodno obezbjediti tačna udaljenja ostalih površina u odnosu na osnovu ili gdje to zahtijeva tehnološki proces izrade dijela (slika 4.33).



**Slika 4.33.** Paralelno kotiranje

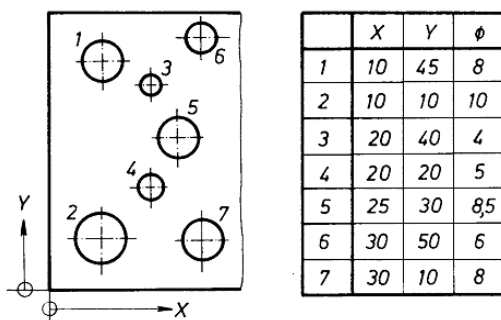
#### 4.4.4. Kotiranje preklapanjem kotnih linija

Kotiranje preklapanjem kotnih linija je uprošćeno paralelno kotiranje. Koristi se kada postoje prostorna ograničenja i kada ne dolazi do problema jasnog očitavanja crteža. Početna tačka je polazna za sve kotne linije koje se završavaju strelicom samo sa jedne strane (slika 4.34).



Slika 4.34. Kotiranje preklapanjem kotnih linija

#### 4.4.5. Kotiranje koordinatama



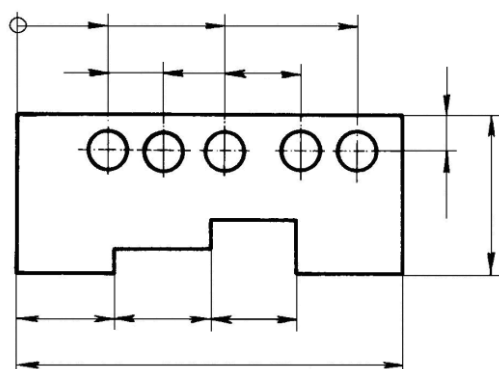
Slika 4.35. Kotiranje koordinatama

Kotiranje koordinatama se primjenjuje kada postoji veći broj otvora. Umjesto klasičnog kotiranja, daje se tabela kotnih brojeva (slika 4.35).

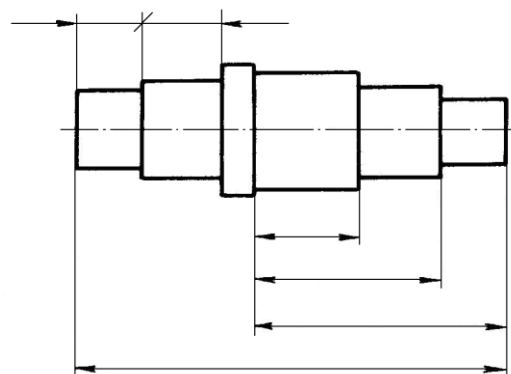
#### 4.4.6. Kombinovano kotiranje

Kombinovano kotiranje predstavlja spoj paralelnog i rednog kotiranja. Vrijednosti, koje u izradi dijela za njegovo pravilno funkcionisanje ili sklapanje treba obezbjediti, daju se sa polazom od vrijednosne osnove, a na njih se redno nadovezuju ostale vrijednosti (slika 4.36 i slika 4.37).

U praksi se najčešće koristi upravo kombinovano kotiranje, korišćenjem svih prethodno opisanih načina.



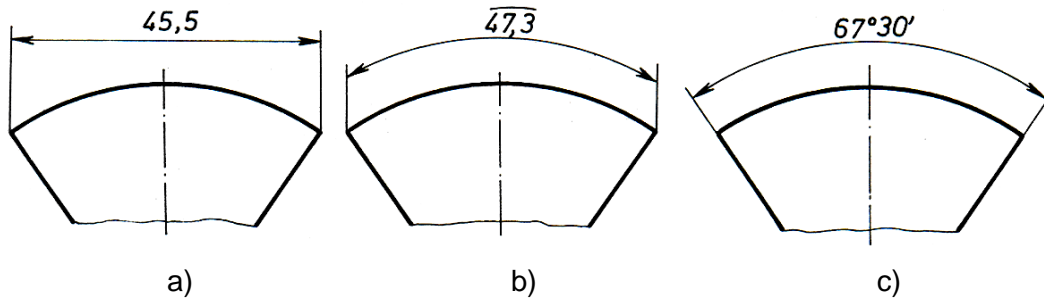
Slika 4.36. Kombinovano kotiranje



Slika 4.37. Kombinovano kotiranje

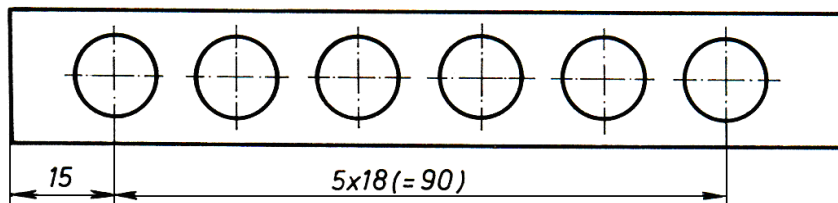
#### 4.5. POSEBNE OZNAKE

Primjeri kotiranja tetiva, lukova i uglova prikazani su na sl. 4.38., a), b) i c), respektivno.



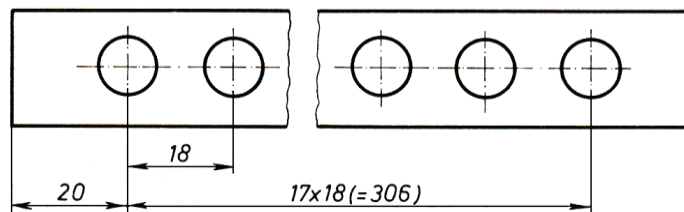
**Slika 4.38.** Kotiranje tetiva a), lukova b) i uglova c)

Primjer kotiranja jednakih lineranih razmaka prikazan je na sl. 4.39.

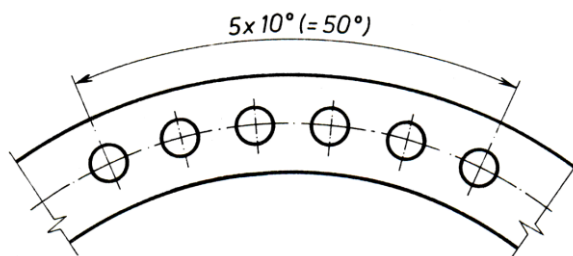


**Slika 4.39.** Kotiranje linearnih razmaka

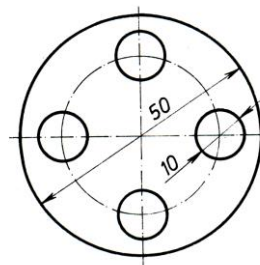
Ukoliko postoji mogućnost zabune s obzirom na dužinu ili broj istih rastojanja, kotira se jedno rastojanje (slika 4.40).



**Slika 4.40.** Kotiranje linearnih rastojanja



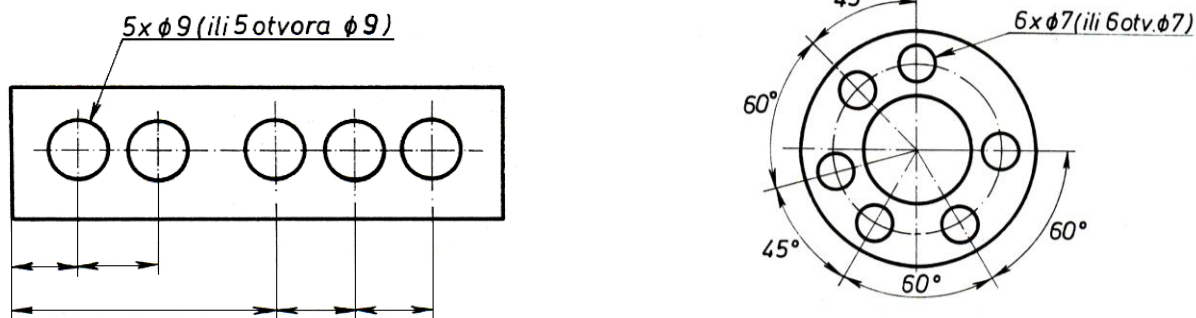
**Slika 4.41.** Kotiranje uglovnih rastojanja



**Slika 4.42.** Izostavljanje kotiranja uglovnih rastojanja

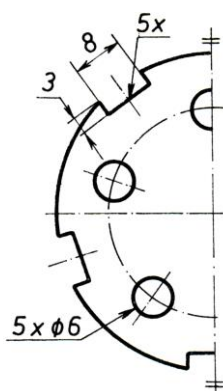
Kotiranje uglovnih rastojanja može da se izostavi ako je njihova veličina očigledna (slika 4.41. i 4.42).

Primjeri kotiranja ponovljenih detalja iste veličine su prikazani na sl. 4.43. i 4.44.



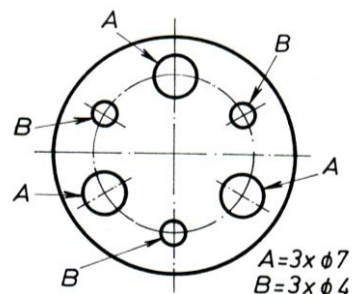
Slika 4.43. i 4.44. Ponavljanje detalja iste veličine

Kružni razmaci mogu da se kotiraju posredno, davanjem broja elemenata.



Slika 4.45. Posredno kotiranje

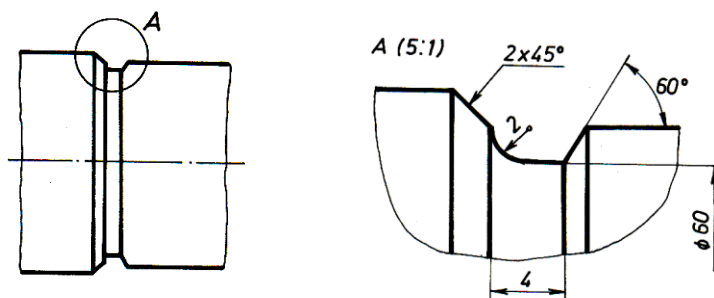
Da bi se izbjeglo ponavljanje istog kotnog broja, mogu se koristiti velika slova tehničkog pisma bez tabele.



Slika 4.46. Uprošćeno kotiranje

#### 4.5.1. Nedovoljno jasni detalji dijelova

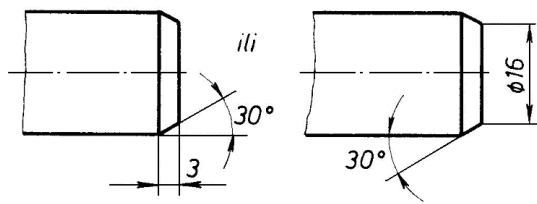
U slučajevima kada je razmjera crteža takva da detalj nekog dijela ne može da se prikaže ili kotira, taj detalj se uokviri tankom linijom i označi velikim slovom. Zatim se detalj crta u razmjeri koja obezbjeđuje jasnoću oblika i mjera, a uz crtež se upisuje oznaka detalja i odgovarajuća razmjera (slika 4.47).



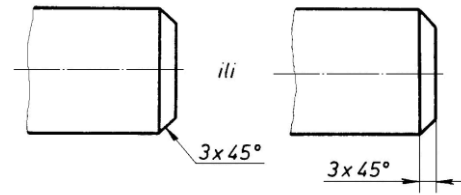
Slika 4.47. Uvećanje detalja dijelova

#### 4.5.2. Kotiranje zakošenja i upuštenja

Zakošenja se kotiraju kao na slici 4.48. Kada je ugao zakošenja  $45^\circ$ , tada se prikaz pojednostavljuje (slike 4.49 i 4.50).

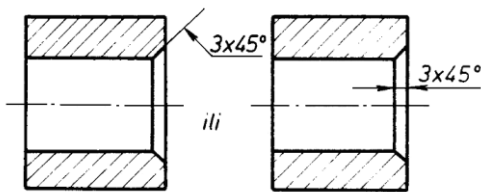


Slika 4.48. Kotiranje zakošenja

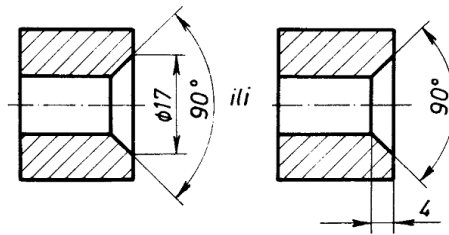


Slika 4.49. Kotiranje zakošenja

Upuštenja se kotiraju kao na slici 4.51.



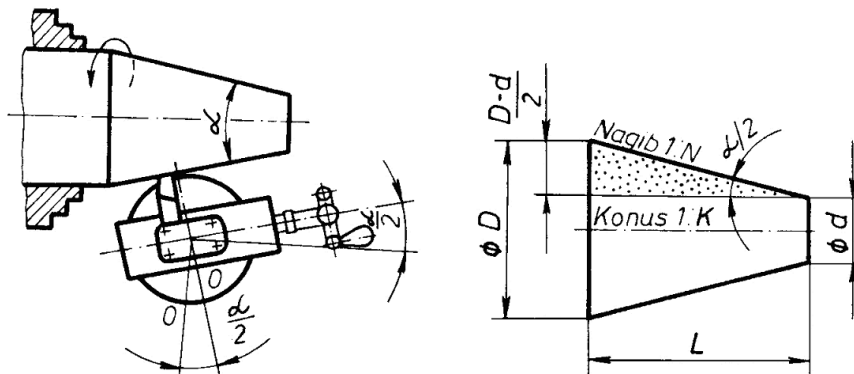
Slika 4.50. Kotiranje zakošenja



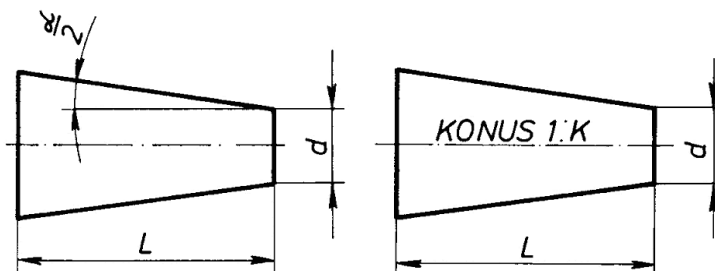
Slika 4.51. Kotiranje upuštenja

### 4.5.3. Kotiranje konusa i nagiba

Na slici 4.52. pokazan je način izrade konusa na strugu i karakteristične mjere konusa.



Slika 4.52. Način izrade i karakteristične mjere konusa



Slika 4.53. Kotiranje konusa

Konus

$$K = \frac{L}{D-d}$$

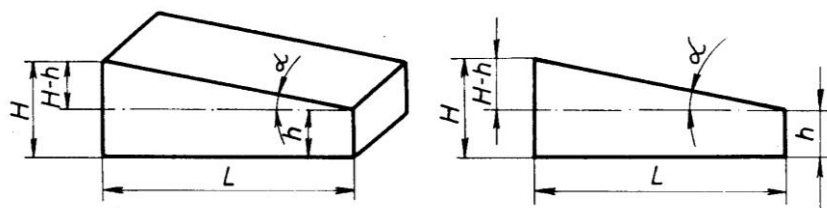
$$1:K = 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

Nagib

$$N = \frac{2L}{D-d}$$

$$1:N = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

Primjer: Konus 1:50 znači da se na svakih 50 mm dužine prečnik konusa promjeni za 1 mm. Na slici 4.54 je prikazan klin sa karakterističnim mjerama.

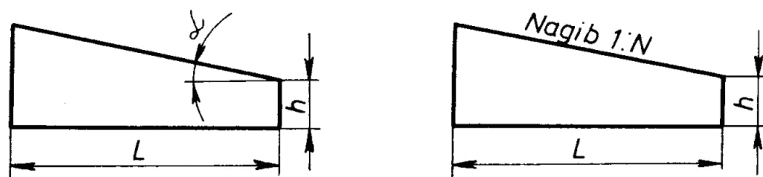


**Slika 4.54.** Prikaz klina sa karakterističnim mjerama

Nagib

$$N = \frac{L}{H - h}$$

$$1 : N = \operatorname{tg} \alpha$$



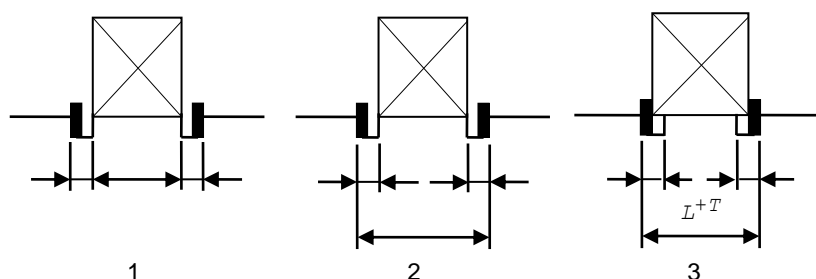
**Slika 4.55.** Kotiranje klina

Primjer: Nagib 1:50 znači da se na svakih 50 mm dužine klina visina promjeni za 1 mm. Konusi i nagibi moraju odgovarati standardnim vrijednostima datim u tabeli 4.1, pri čemu se prvenstveno biraju vrijednosti koje nisu u zagradi.

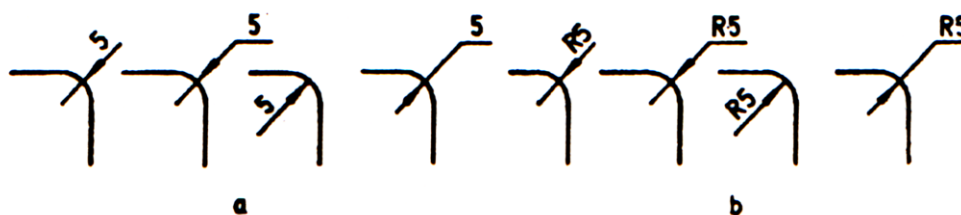
**Tabela 4.1.** Standardne vrijednosti za konuse i nagibe

1:1,207	(1:1,5)	1:1,866	(1:3)	1:3,429	3,5:12	(1:4,072)	1:5
(1:6)	1:10	1:12	(1:15)	(1:16)	1:20	1:30	1:50

Različiti karakteristični primjeri kotiranja prikazani su na sledećim slikama:

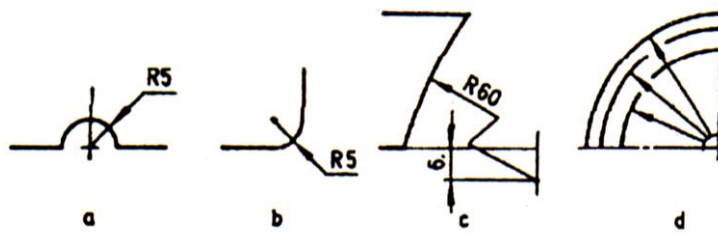


**Slika 4.56.** Karakteristični načini kotiranja žlijeba za uskočnike, (1) i (2) nepravilno, zbog većih zazora, i (3) pravilno

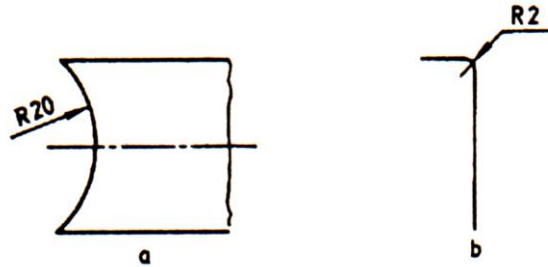


**Slika 4.57.** Prikaz uobičajenih načina kotiranja radijusa





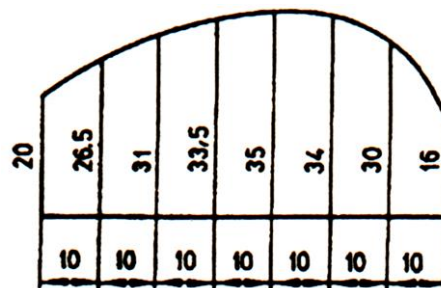
**Slika 4.58.** Prikaz uobičajenih načina obilježavanja središta kruga



**Slika 4.59.** Prikaz uobičajenih načina kotiranja poluprečnika bez obilježavanja središta luka



**Slika 4.60.** Označavanje centričnosti rupe



**Slika 4.61.** Uprošćeno kotiranje ordinata

#### 4.5.4. Kotiranje tolerisanih mjera

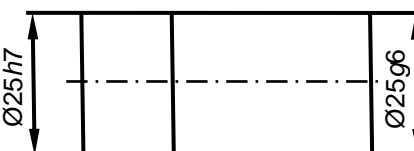
Da bi se obezbjedila mogućnost sklapanja dijelova i njihova uzajamna zamjenljivost, sve mjere treba tolerisati, tj. propisati dozvoljena odstupanja. Razlikuju se funkcionalne mjere, koje moraju imati veću tačnost, i slobodne mjere, kod kojih se ne zahtjeva visoka tačnost.

Funkcionalne mjere se tolerišu sa tzv. pojedinačnim tolerancijama koje se ispisuju u produžetku kotnog broja na jedan od sledećih načina:

$$10 \pm 0,1 \text{ ili } 10_{-0,2}^{+0,1} \text{ ili } 10_0^{+0,1} \text{ ili } 10^{+0,1}$$

ili posredstvom tzv. ISO tolerancija, koje se ispisuju u produžetku kotnog broja, na primjer "Ø25h7" (sl. 4.62.). Brojevi i slova su iste visine i ispisana su istom debljinom linije. Obično se u gornjem desnom uglu crteža (mada može i lijevo) crta tabela sa ispisanim vrijednostima tolerancija.

25h7	0
	-0,021
25g6	-0,007
	-0,020



**Slika 4.62.** Načini ispisivanja tolerancija po ISO sistemu

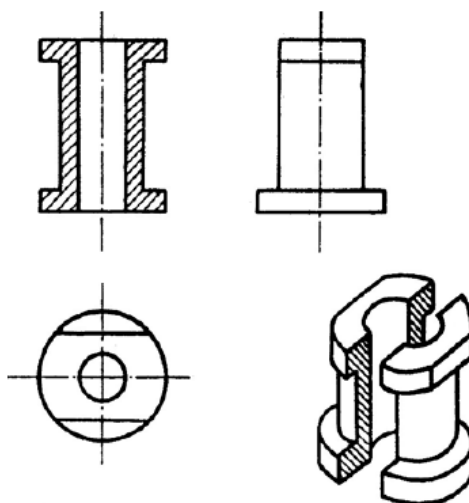
Slobodne mjere se tolerišu sa tzv. tolerancijama slobodnih mjera. Uz slobodne kote ne ispisuje se nikakva tolerancija, ali to ne znači da se ta kota mora uraditi apsolutno tačno na propisanu vrijednost, niti da može da ima bilo kakvo odstupanje. Za te kote važe posebne tolerancije (tolerancije slobodnih mjera) koje su propisane standardom ISO 2768 kojim su predviđena četiri stepena tačnosti: fini, srednji, grubi i vrlo grubi. U posebnoj rubrici za tolerancije slobodnih mjera, u zaglavlju crteža, ispisuje se oznaka standarda, crtica i stepen tačnosti, na primer, ISO2768-m.

## 4.6. PRESJECI (BAS ISO 128-44:2006)

### 4.6.1. Pojam presjeka

Složene predmete sa šupljinama i zaklonjenim detaljima potrebno je prikazati ne samo u projekcijama, već i u presjecima.

Pod **presjekom** se podrazumijeva zamišljeni izgled predmeta ako bi on bio presječen jednom ili više ravni. Pri tome se dio predmeta koji se nalazi između oka posmatrača i presječne ravni "odbaci", a preostali dio se projicira na uobičajan način. Svi dijelovi sa šupljinama, otvorima i rupama prikazuju se u presjeku, u cilju dimenzionisanja i označavanja kvaliteta obrađenih površina, kao i uklanjanja nevidljivih ivica, čime tehnički crtež postaje jasniji.



**Slika 4.63.** Prikaz presjeka

Presječeni materijal se obilježava šrafurom, koja simbolički označava tragove testere koji bi nastali stvarnim sječenjem predmeta. Metali se šrafiraju pod uglom 45° u odnosu na glavne konture ili ose simetrije.


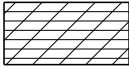
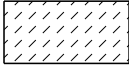
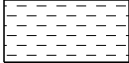
Linije šrafure su tanke pune linije. Razmak između linija šrafure zavisi od veličine dijela i formata crteža. Standardom je propisano da taj razmak ne smije biti manji od 0,7 mm, a uobičajen je razmak od 3 mm.

Na jednom dijelu može da se primjeni samo jedan pravac šrafure i isti razmak između linija šrafure.

### 4.6.2. Vrste šrafure

Za šrafiranje presjeka koriste se različiti oblici šrafure, zavisno od vrste materijala, koji su propisani standardom BAS ISO 128-50:2006. Primjeri najčešće korišćenih šrafura dati su u tabeli 4.2.

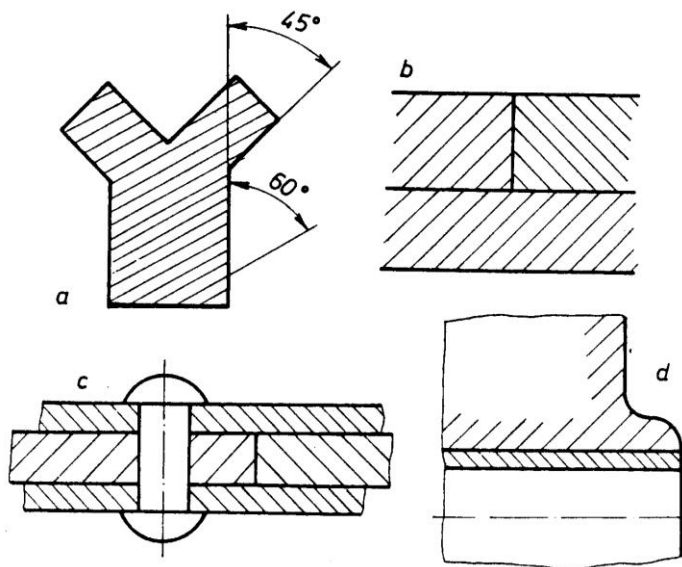
**Tabela 4.2.** Vrste šrafure

Šrafura	Materijal
	Metali
	Izolacioni i zaptivni materijali
	Razni materijali (cigla, kamen, beton, ...)
	Tečnosti

### 4.6.3. Promjena ugla šrafure i šrafiranje složenog presjeka

Da bi se izbjeglo poklapanje pravaca konture i šrafure, mijenja se pravac šrafure, tako da ona se crta pod uglom od  $30^\circ$  ili  $60^\circ$ .

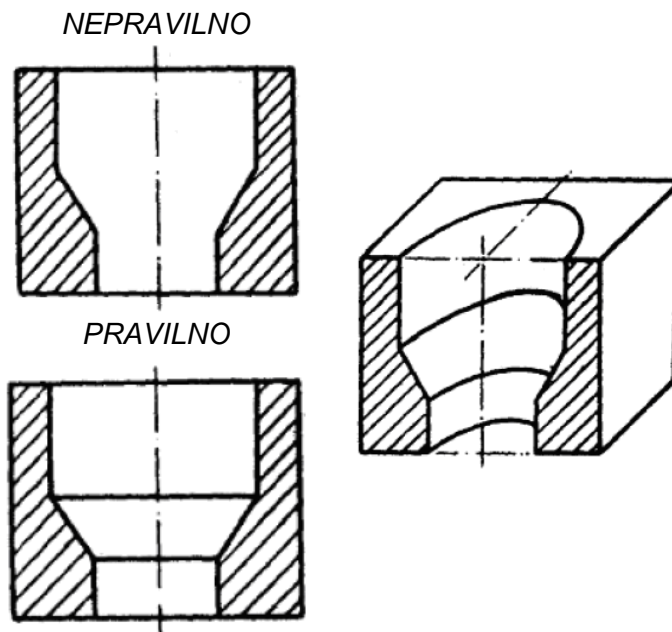
Linije šrafure elemenata koji se dodiruju su pod različitim uglom ili sa različitim razmakom, kako ne bi došlo do poklapanja linija šrafure i kako bi se jasno vidjela granica između različitih površina (materijala), slika 4.64.



**Slika 4.64** Promjena ugla šrafure i šrafiranje složenog presjeka

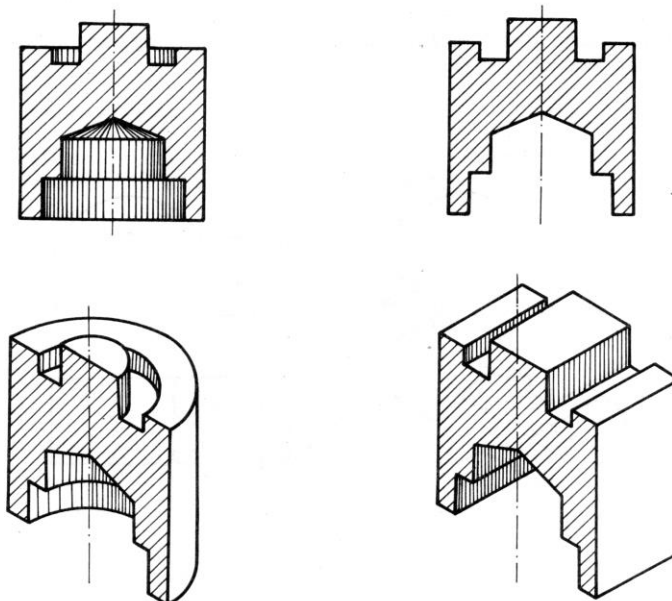
### 4.6.4. Izgled presjeka

Kod crtanja presjeka je potrebno ucrtati i sve vidljive konture koje postoje u šupljini. Na slici 4.65. su naznačene ivice presjeka rotacionih površina koje bi se pri davanju presjeka mogle nepažnjom ispustiti.



**Slika 4.65.** Izgled presjeka rotacionih površina

Kod crtanja kontura cilindričnih dijelova u punom presjeku, izostavljanje linija na mjestima promjene prečnika mijenja značenje crteža.



**Slika 4.66.** Promjena značenja crteža izostavljanjem linija

## 4.7. VRSTE PRESJEKA (BAS ISO 128-44:2006)

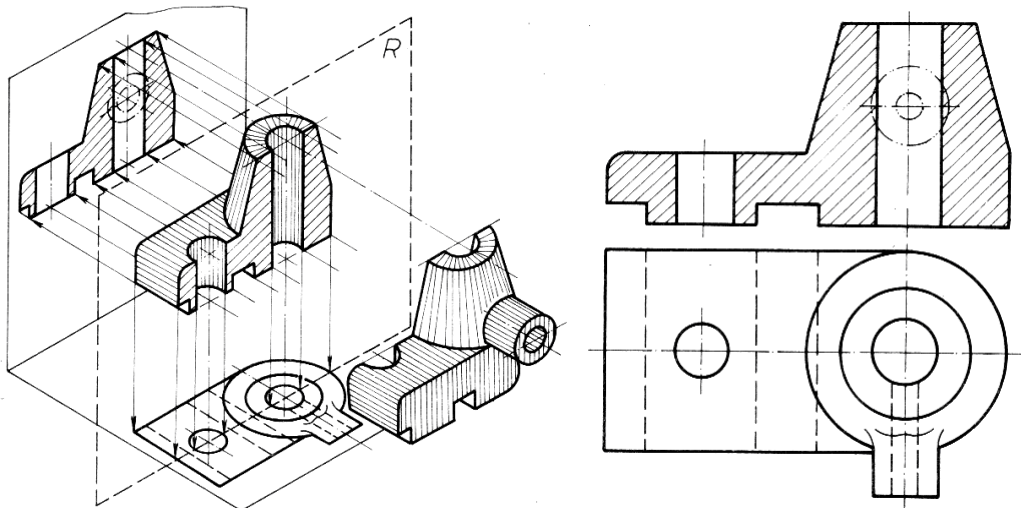
Postoje sljedeće vrste presjeka:

- Pun simetričan presjek;
- Polupresjek;
- Presjek sa više paralelnih ravni;
- Zaokrenuti presjek;
- Djelimični presjek;
- Uzastopni presjek;
- Lokalni presjek.

### 4.7.1. Pun simetričan presjek

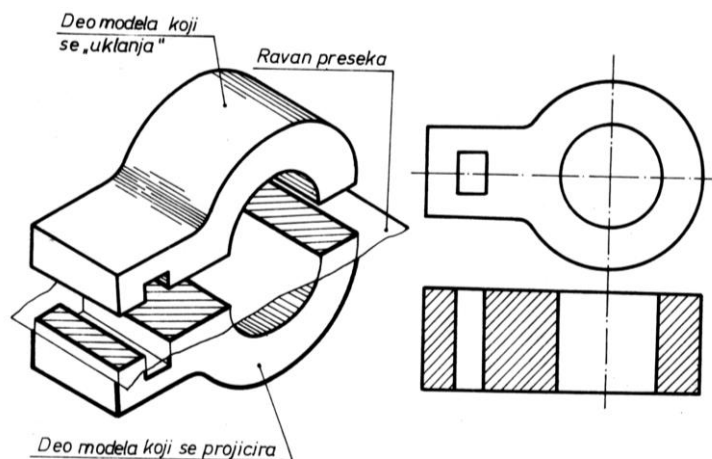
Ova vrsta presjeka se primjenjuje kod dijelova koji imaju bar jednu ravan simetrije. Presječna ravan se poklapa sa ravni simetrije dijela.

Na slici 4.67. prikazan je presjek dobijen pomoću presječne ravni paralelne sa frontalnom ravni, a crta se u izgledu (a). Linijom K (crta - dve tačke - crta) označene su ivice koje se nalaze ispred ravni presjeka.



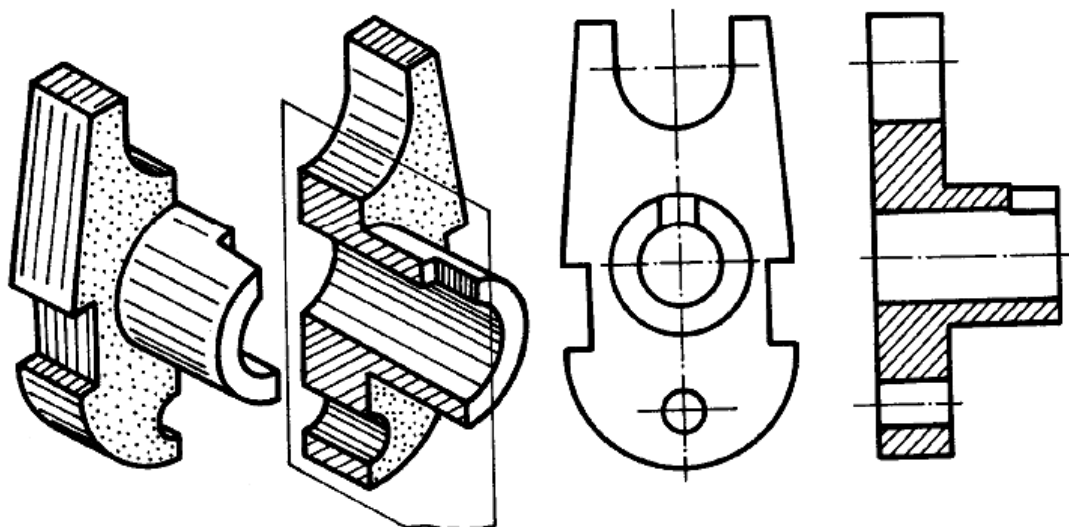
**Slika 4.67.** Pun, simetričan, frontalni presjek

Na slici 4.68. prikazan je presjek dobijen pomoću presječne ravni paralelne sa horizontalnom ravni, a crta se u izgledu (b).



**Slika 4.68.** Pun, simetričan, horizontalan presjek

Na slici 4.69. prikazan je presjek dobijen pomoću presječne ravni paralelne sa profilnom ravni, a crta se u izgledu (c).



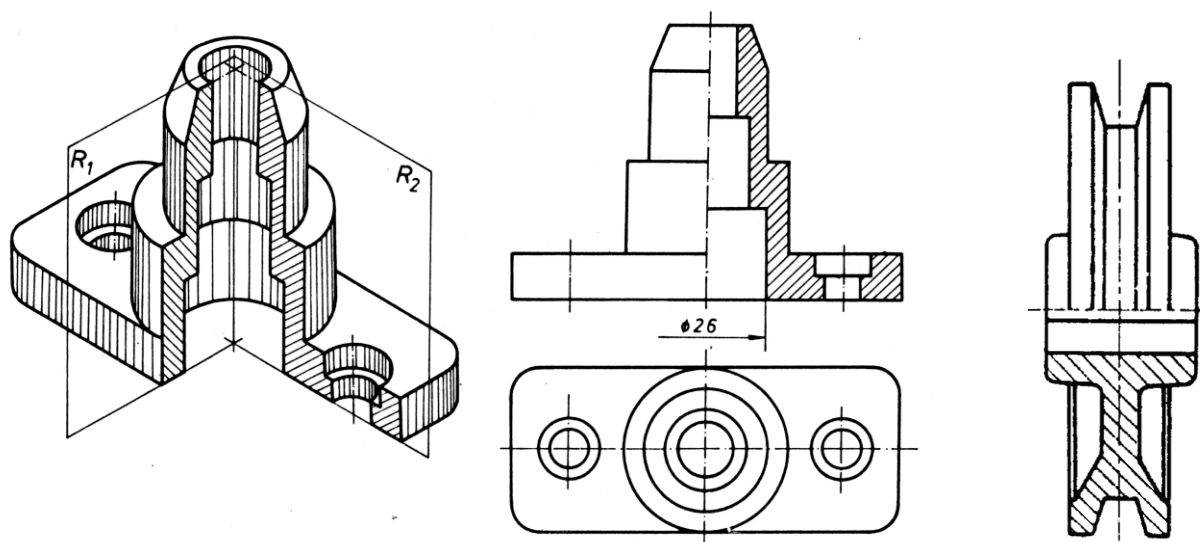
**Slika 4.69.** Pun, simetričan, profilni presjek

Presječna ravan je paralelna onoj projekcijskoj ravni u kojoj je broj zaklonjenih (skrivenih) ivica najveći.

#### 4.7.2. Polupresjek

Polupresjek se primjenjuje kod predmeta koji imaju bar dvije, međusobno upravne ravni simetrije. Tada se predmet prikazuje pola u izgledu, a pola u presjeku. Polupresjek se dobija isjecanjem četvrtine predmeta i projiciranjem preostalog dijela na uobičajeni način.

Na ovaj način se u istom izgledu ne gubi predstava o obliku predmeta koja bi punim presjekom bila umanjena. Nepresječena polovina izgleda nije opterećena bilo kakvim isprekidanim linijama, jer se zaklonjene ivice u ovoj polovini ne crtaju.

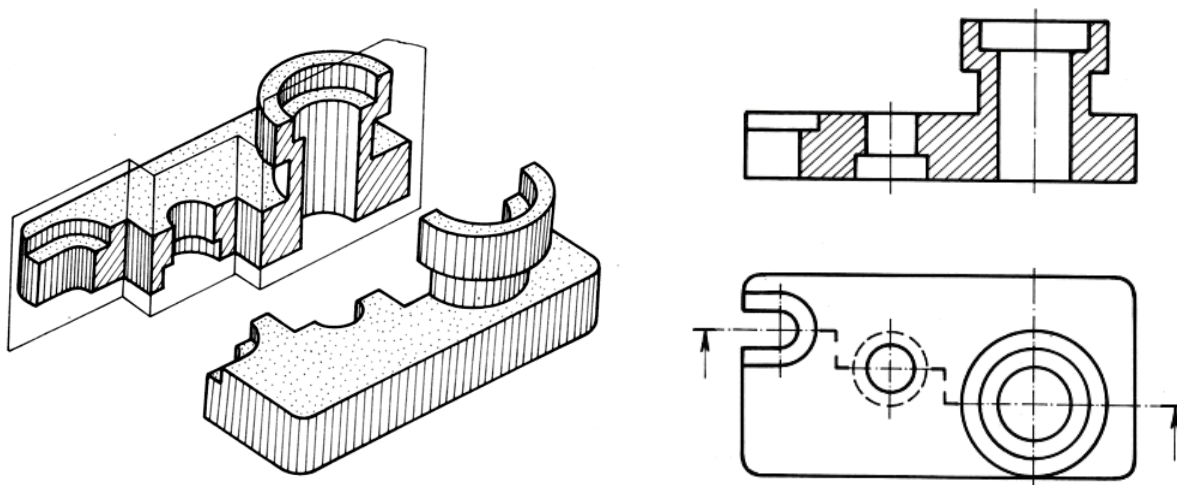


**Slika 4.70.** Prikaz polupresjeka

Polovina slike koja se crta u presjeku crta se desno od ose simetrije ili ispod nje. Osa linija je linija razgraničenja spoljašnjeg izgleda i presjeka.

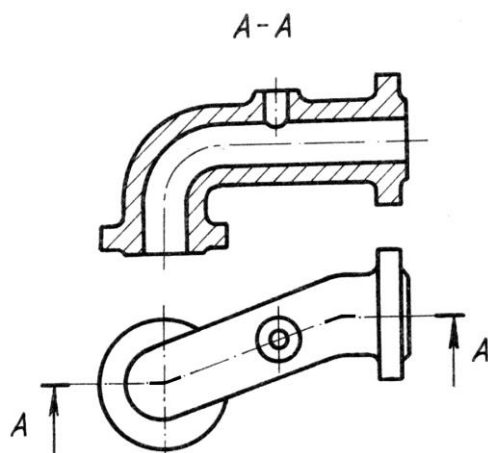
### 4.7.3. Presjek sa više paralelnih ravni

Potrebno je da ravan presjeka prolazi kroz što veći broj šupljina, otvora i rupa predmeta istovremeno. Iz ovog razloga često se koristi prikazivanje predmeta presječenog sa dvije ili više međusobno paralelnih ravni presjeka (slika 4.71).



**Slika 4.71.** Presjek sa više paralelnih ravni

U slučajevima kada ravan presjeka ne prolazi isključivo kroz ravan simetrije predmeta, potrebno je u drugom izgledu naznačiti projekcije ravni presjeka, odnosno mjesta presjeka, i to linijom H (crta-tačka-crta tanka sa zadebljanjima na mjestu strelica i mjestima promjene pravca). Strelice pokazuju pogled na presjek.



**Slika 4.72** Presjek susjednim ravnima

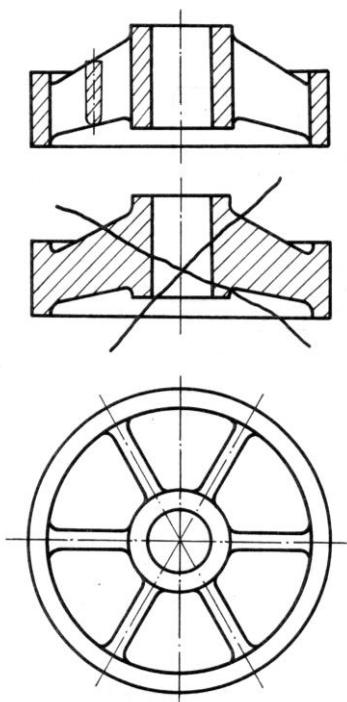
Na slici 4.72. Prikazan je primjer presjeka koji je izveden sa dvije paralelne i jednom kosom ravni.

### 4.7.4. Presjeci koji se ne šrafiraju

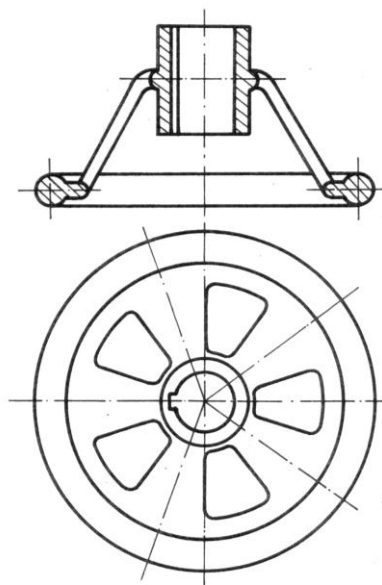
Kod primjene presjeka potrebno je imati u vidu da se presjek primjenjuje samo kada se njime nešto novo pokazuje ili nešto razjašnjava. U protivnom, on može biti štetan.

Iz ovog razloga, po pravilu se ne sijeku rebra kroz koja prolazi zamišljena ravan presjeka, za slučaj da su rebra paralelna sa ovom ravni.





**Slika 4.73.** Točak sa rebrom u presjeku

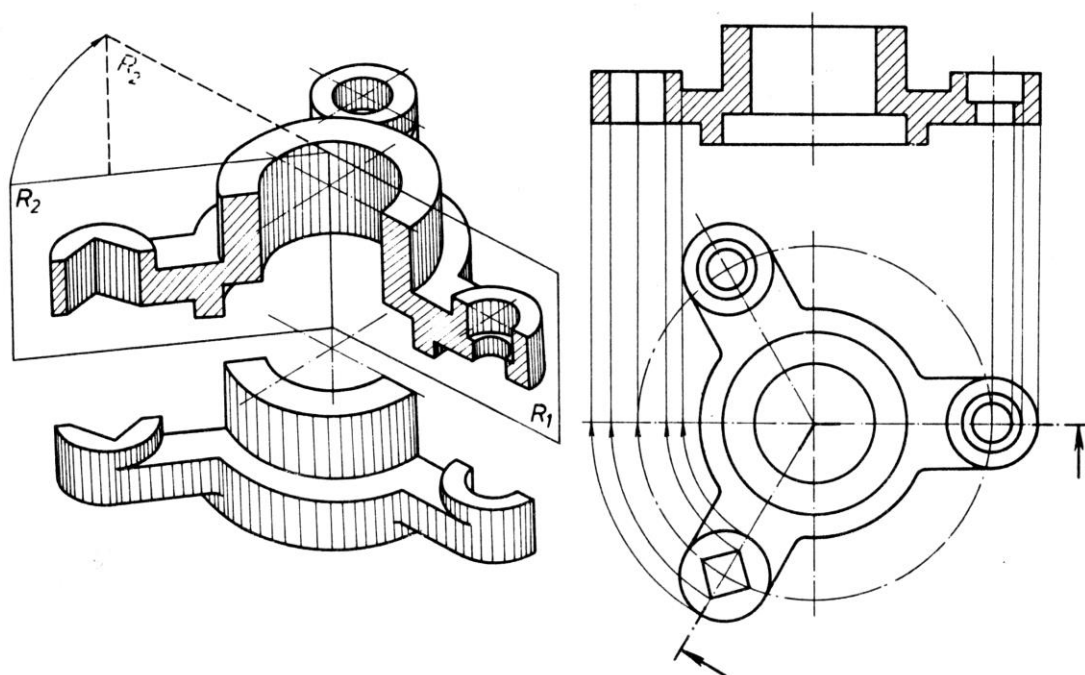


**Slika 4.74.** Točak sa paokom u presjeku

Uzdužno se ne sijeku i paoci, čivije, vijci, podloške, navrtke, pune osovine, puna vratila i slični elementi.

#### 4.7.5. Zaokrenuti presjek

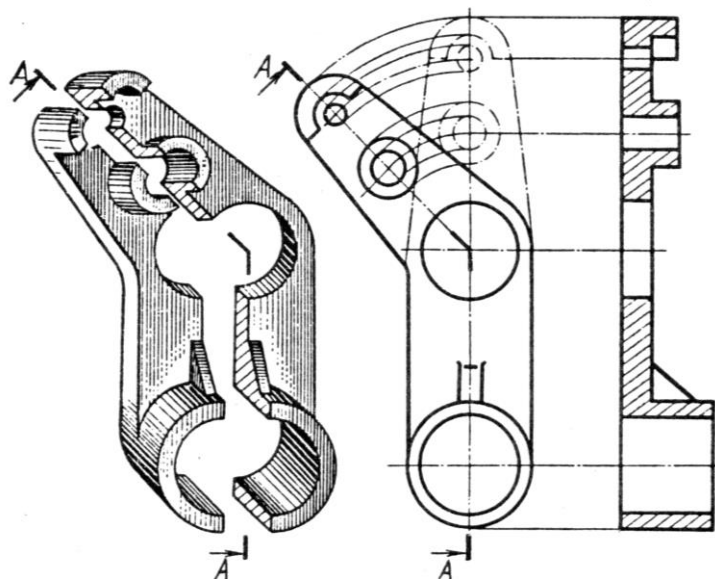
Na slici 4.75. prikazan je presjek predmeta izveden sa dvije ravni koje međusobno zaklapaju tup ugao. U tom slučaju se jedna od ravni presjeka crta u položaju zaokrenutom u projekcijsku ravan.



**Slika 4.75.** Zaokrenuti presjek



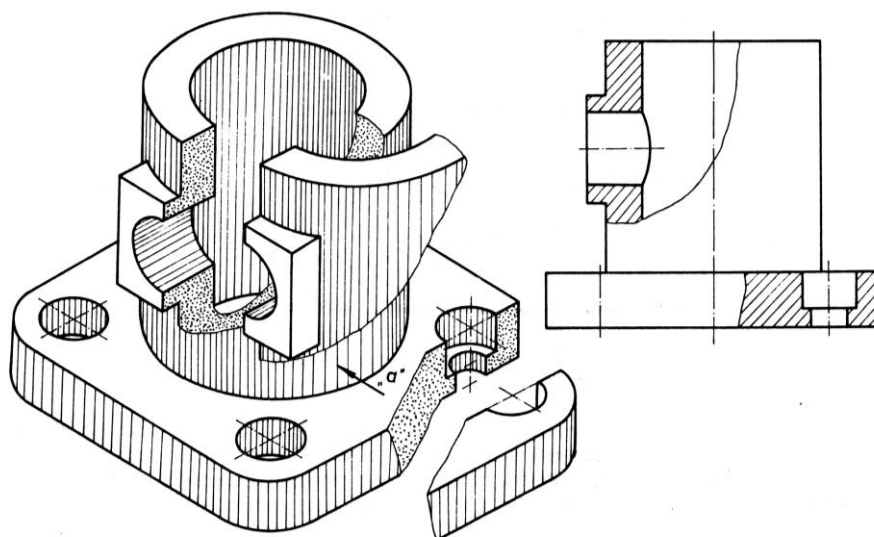
Primenom zaokrenutog preseka se takođe izbjegava skraćenje dimenzija usljed ortogonalnog projiciranja (slika 4.76).



**Slika 4.76.** Zaokrenuti presjek - primjer

#### 4.7.6. Djelimični presjek

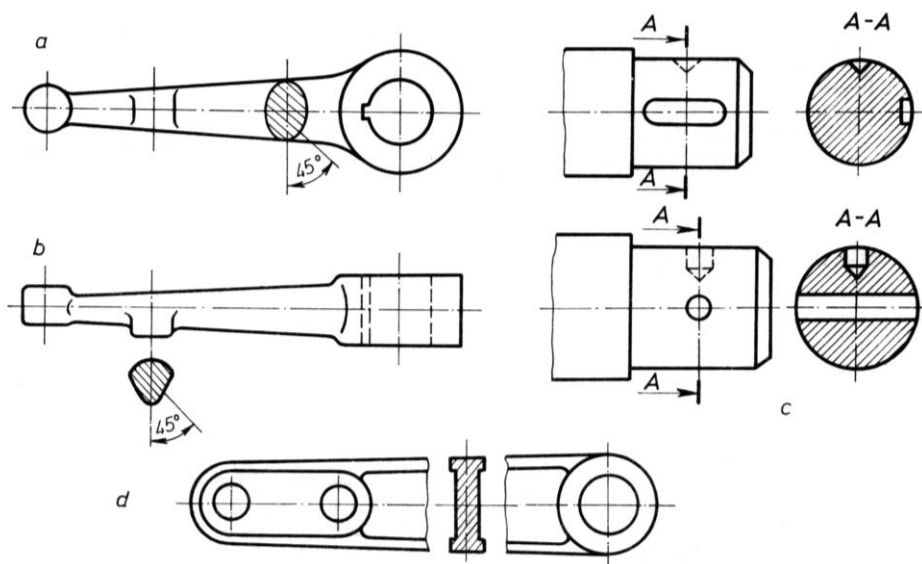
Kod većeg broja mašinskih dijelova postoji niz manjih šupljina, rupa i otvora, pa se u ovakvim slučajevima daje djelimičan presjek (slika 4.77). Za ograničenje mjesta djelimičnog presjeka koristi se slobodoručna linija.



**Slika 4.77.** Djelimični presjek

#### 4.7.7. Uzastopni i lokalni presjek

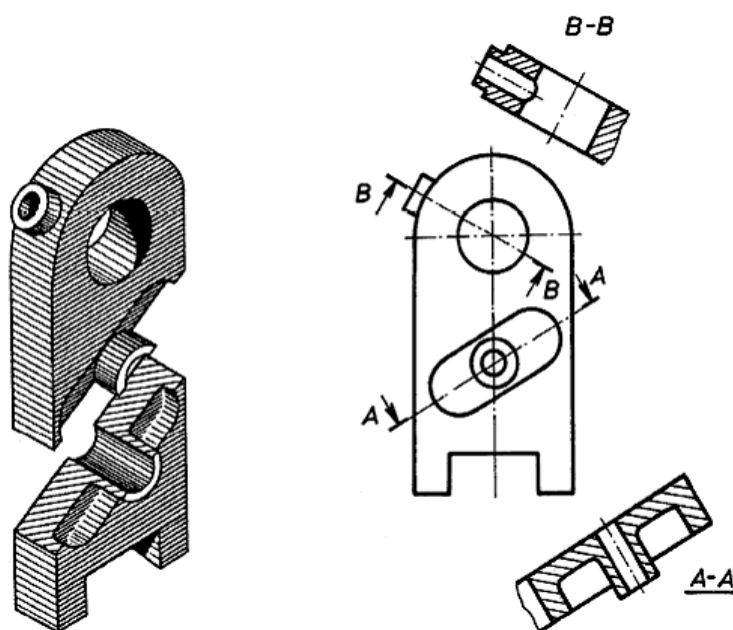
Neki mašinski dijelovi mogu biti definisani samo jednim izgledom korišćenjem tzv. lokalnih presjeka, koji predstavljaju zaokrenuti presjek dijela na licu mjesta. Kontura lokalnog presjeka crta se tankom punom linijom (slika 4.78, a). Uzastopni presjek može biti nacrtan i van mjesta presjeka i tada se njegova kontura crta debelom linijom (slika 4.78, b i c) i na mjestu prekida (slika 4.78, d).



**Slika 4.78.** Primjeri različitih lokalnih presjeka

#### 4.7.8. Presjek nesimetričnih dijelova

Kod nesimetričnih dijelova, ako je potrebno, presjek se može crtati u obliku punog ili djelimičnog presjeka, pri čemu se ravan presjeka postavlja kroz ravan simetrije otvora, rupe ili šupljine (slika 4.79).



**Slika 4.79.** Presjek nesimetričnih dijelova

## PRIMJER

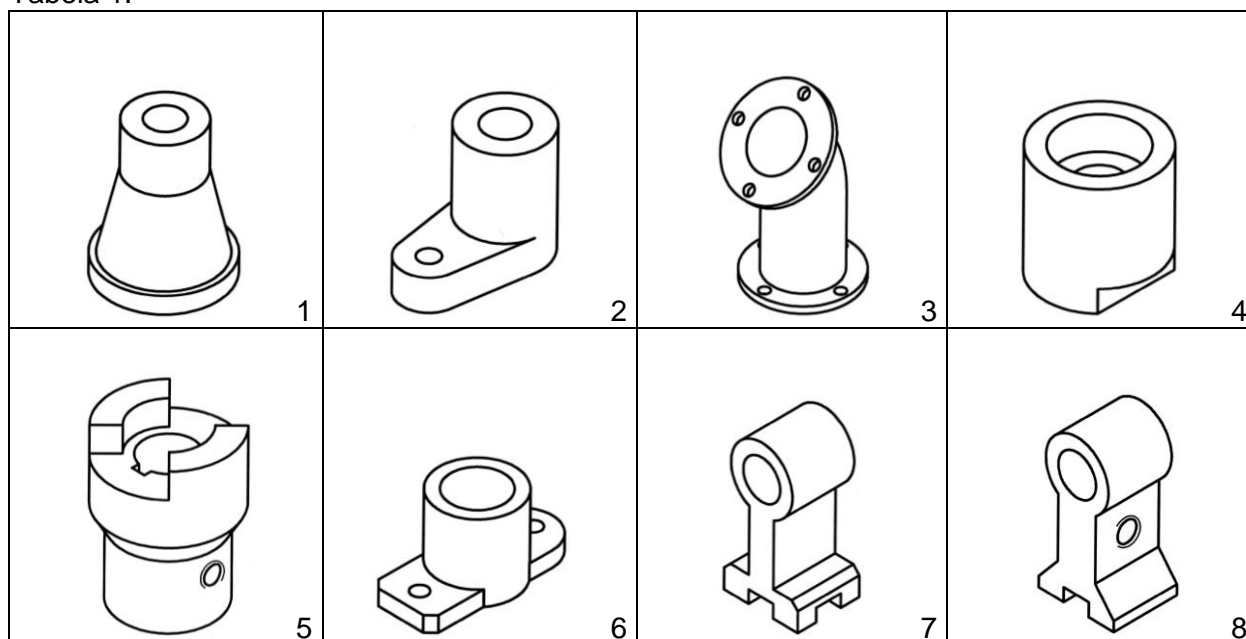
Za dijelove čiji su aksonometrijski prikazi dati u tabeli 1, na crtežima pod rednim brojevima \_\_\_\_\_ i \_\_\_\_\_, nacrtati dovoljan broj pogleda i presjeka i iskotirati ih da bi dijelovi bili jednoznačno oblikovno i dimenziono definisani. Dimenzije uzeti proizvoljno vodeći računa o njihovom odnosu, da bi se zadržao zadati izgled dijela. Otvore koji nisu jasno definisani na crtežima smatrati potpuno izbušenim.

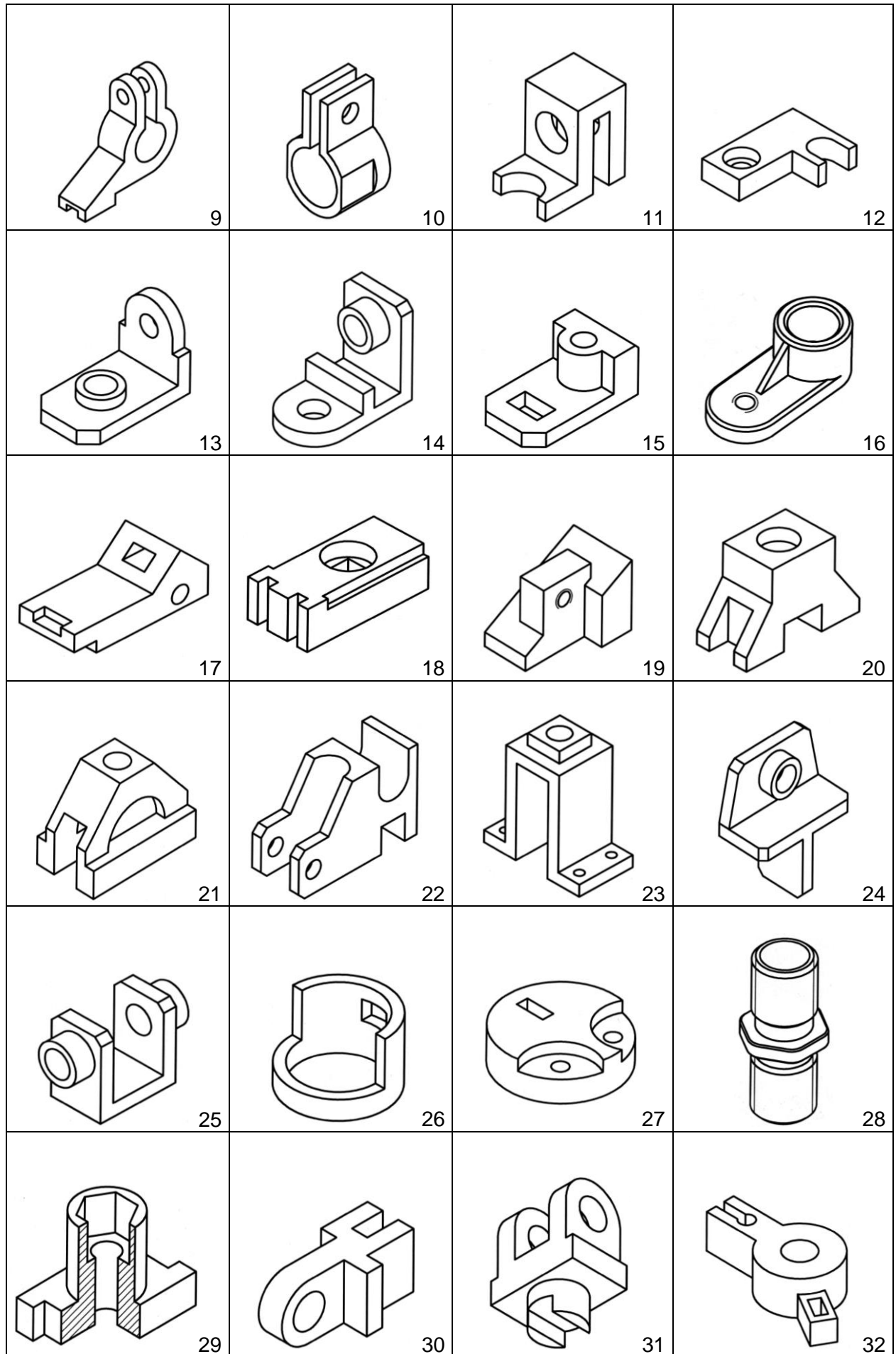
Zadatke skicirati grafitnom olovkom na bijelom papiru bez linija formata A4 (A3), zatim, poslije ovjere, nacrtati ih na računaru u programu AutoCAD i odštampati takođe na formatu A4 (A3) u odgovarajućoj razmjeri.

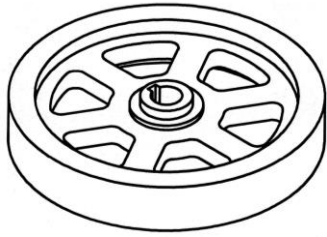
Nazivi dijelova iz tabele 1. su sljedeći:

- |                      |              |                  |
|----------------------|--------------|------------------|
| 1. Stalak            | 16. Nosač    | 31. Ušice        |
| 2. Stalak            | 17. Stopa    | 32. Osigurač     |
| 3. Koljeno           | 18. Nosač    | 33. Kaišnik      |
| 4. Ožljebljeni nosač | 19. Stopa    | 34. Stezni držač |
| 5. Spojnica          | 20. Stopa    | 35. Stezni držač |
| 6. Stalak            | 21. Stopa    | 36. Stezni držač |
| 7. Ležište           | 22. Viljuška | 37. Stezni držač |
| 8. Ležište           | 23. Stalak   | 38. Stopa        |
| 9. Stezni držač      | 24. Nosač    | 39. Klizač       |
| 10. Stezni držač     | 25. Ležište  | 40. Vođica       |
| 11. Osigurač         | 26. Okov     | 41. Postolje     |
| 12. Osigurač         | 27. Stopa    | 42. Postolje     |
| 13. Nosač            | 28. Spojnica | 43. Prirubnica   |
| 14. Nosač            | 29. Stalak   | 44. Prirubnica   |
| 15. Nosač            | 30. Nosač    |                  |

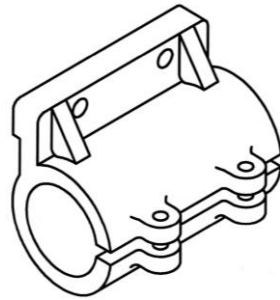
Tabela 1.



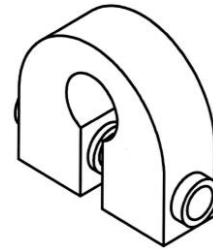




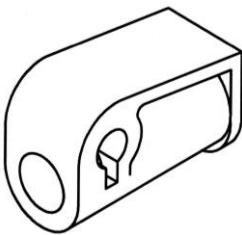
33



34



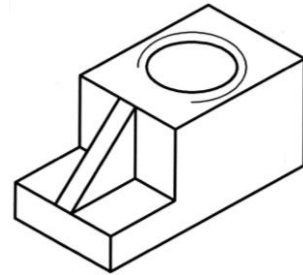
35



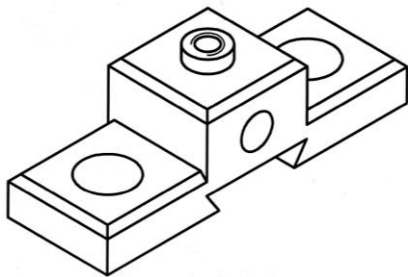
36



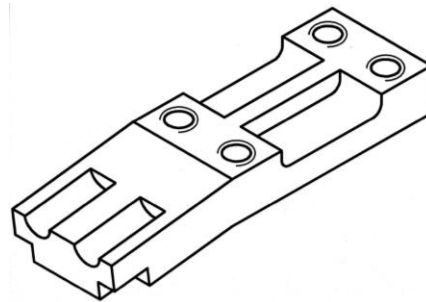
37



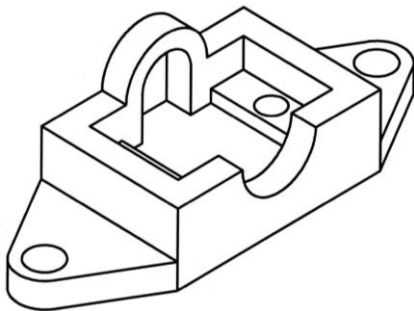
38



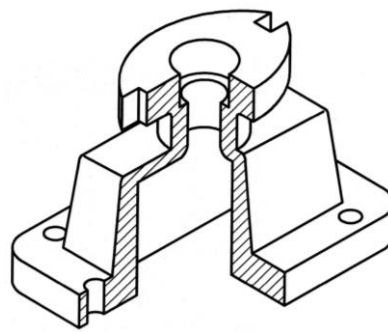
39



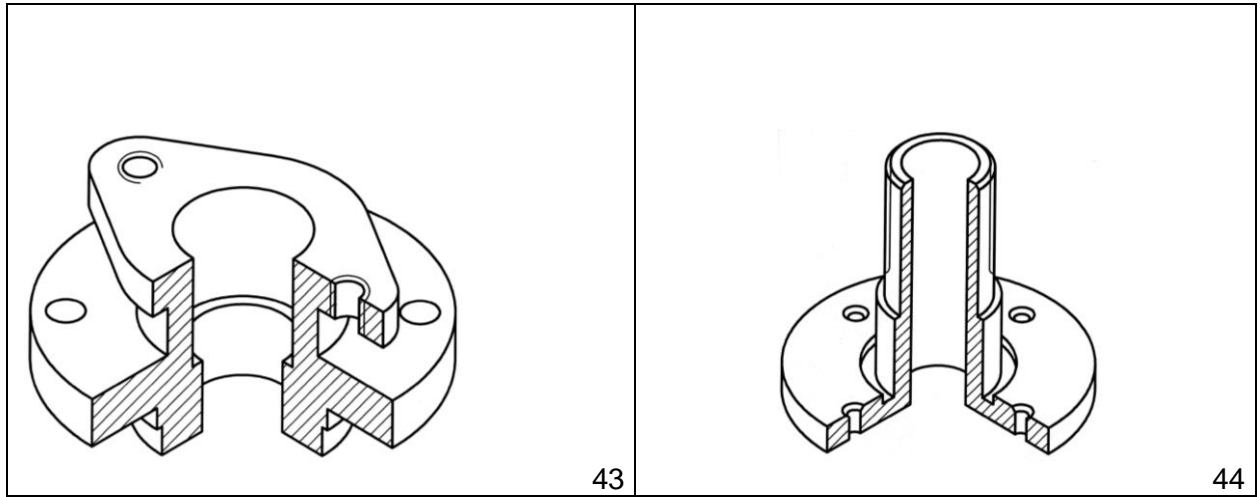
40



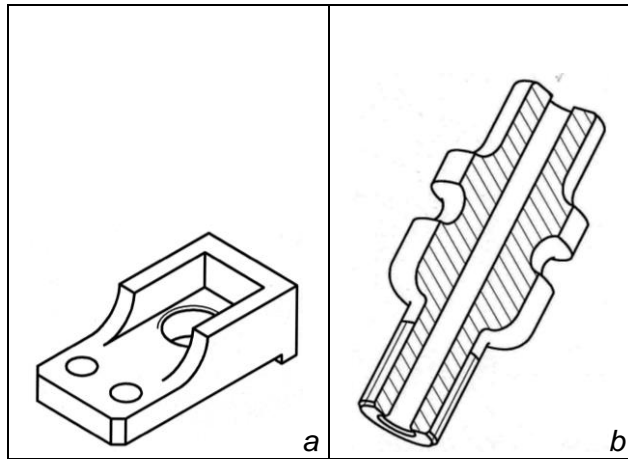
41

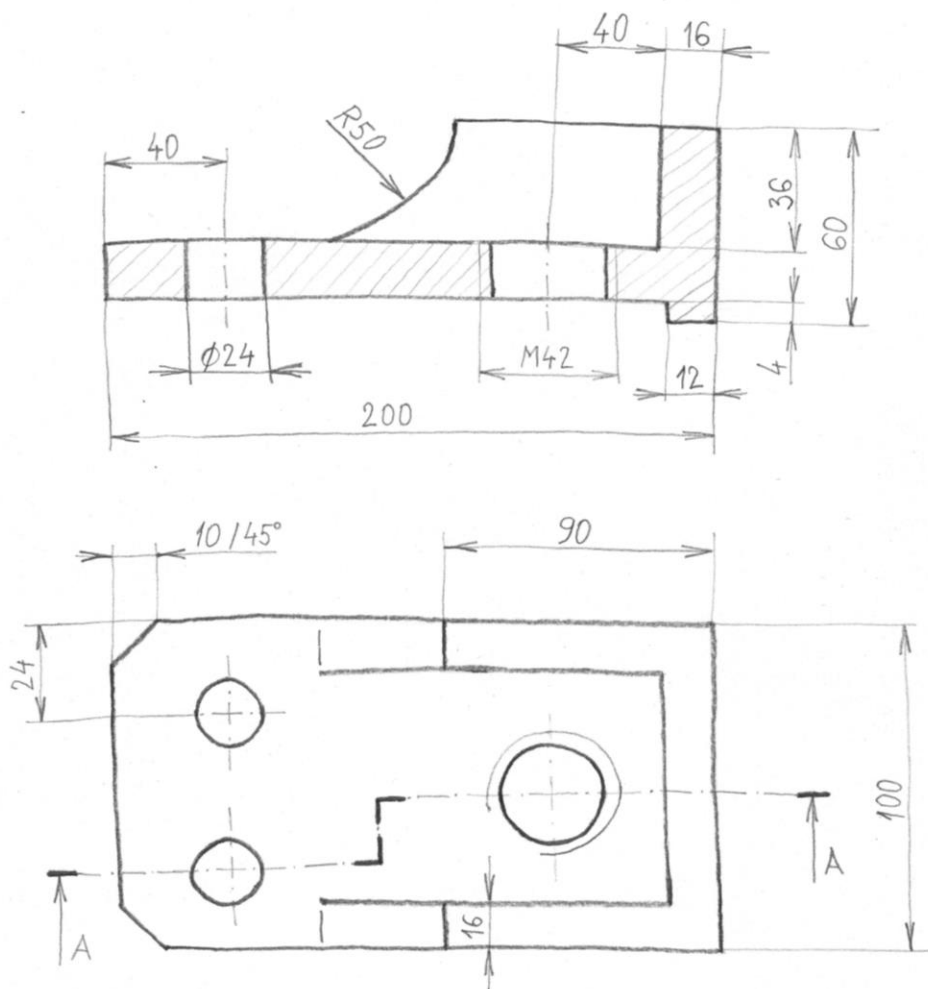


42

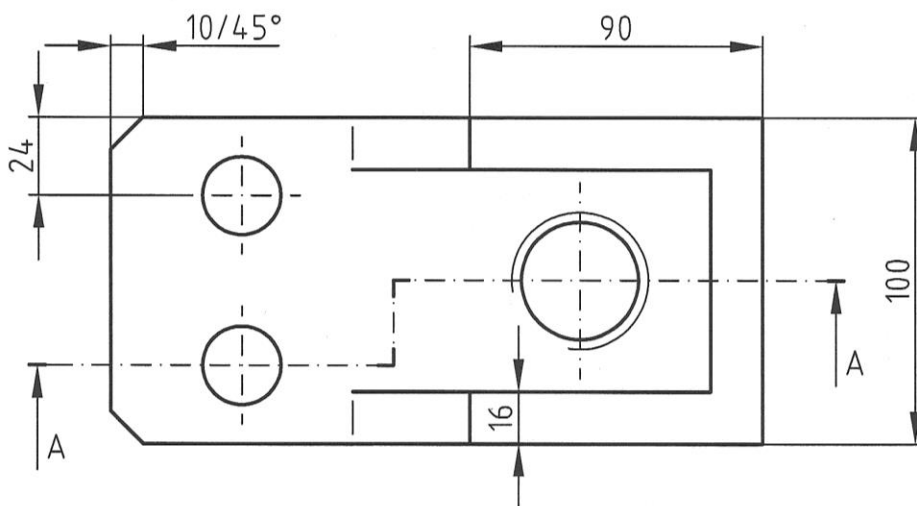
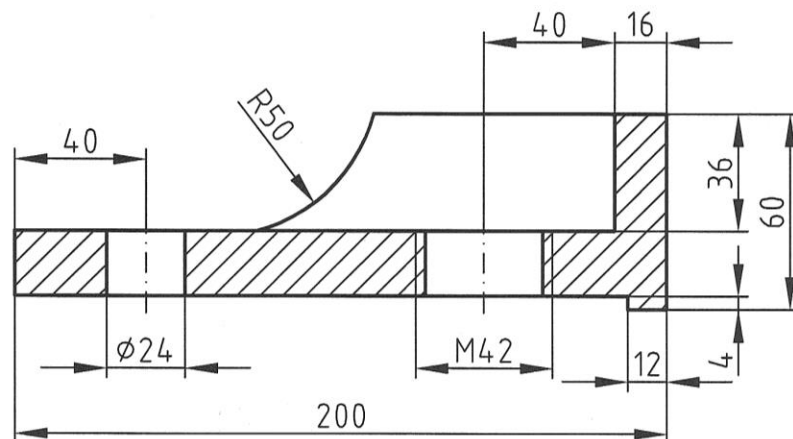


U nastavku su data dva urađena primjera *a* – nosač (prizmatični) i *b* - spojnica (cilindrični).



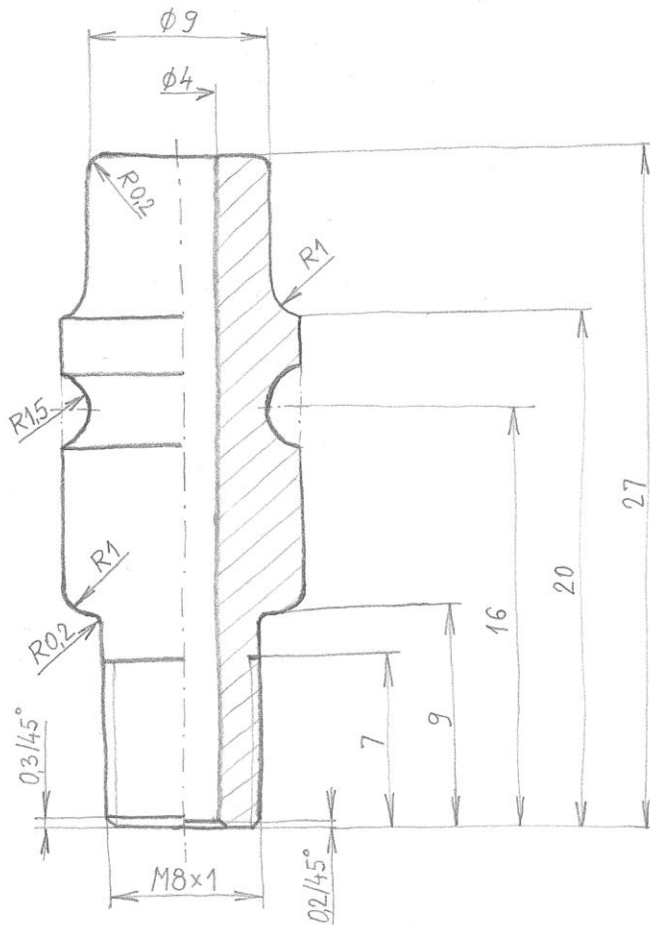


Obradio: Ime i prezime	Odobrio:	Mašinski fakultet Istočno Sarajevo	Naziv: NOSAČ	1
			Oznaka: 03.01.	2

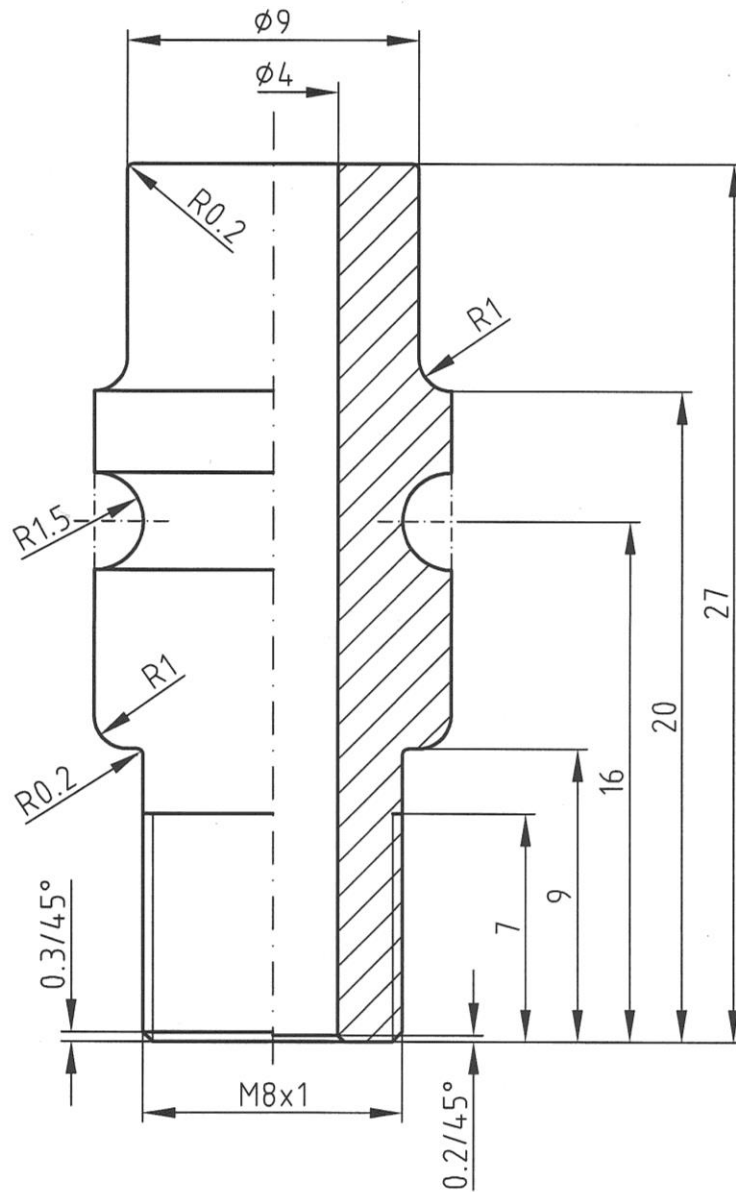


Tolerancije slobodnih mjera		Površinska hrapavost		Površinska zaštita	
Materijal				Termička obrada	
		Masa		Razmjera 1 : 2	
		Datum		Naziv	
		Obrad.		NOSAČ	
		Ime			
		Prezime			
		Stand.			
		Odobr.			
		MAŠINSKI FAKULTET		Oznaka	
		ISTOČNO SARAJEVO		03.01.	
St i		Izmjene		Izv pod.	
Datum		Ime		Zamjena za	
				List 1	
				L 2	





Obradio:	Odobrio:	Mašinski fakultet	Naziv SPOJNICA	2
Ime i prezime		Istočno Sarajevo	Oznaka 03.02.	2



Tolerancije slobodnih mjera		Površinska hrapavost		Površinska zaštita	
Materijal				Termička obrada	
		Masa		Razmjera 5 : 1	
		Datum		Naziv	
		Obrad. Ime Prezime		<b>SPOJNICA</b>	
		Stand.			
		Odobr.			
		MAŠINSKI FAKULTET ISTOČNO SARAJEVO		Oznaka 03.02.	
St i		Izmjene		Izv pod.	
Datum		Ime		Zamjena za	
				List 2	
				L 2	

## 5. TOLERANCIJE MAŠINSKIH SISTEMA

U industrijskoj proizvodnji, usljed nesavršenosti mašina, alata, materijala, metoda mjerenja, kontrole i ljudskog faktora, postizanje željene tačnosti mjera praktično nije moguće. Pored toga, visoka tačnost nije ekonomična jer dovodi do povećanja troškova proizvodnih procesa. Iz ovih razloga propisuju se dozvoljena odstupanja pojedinih karakteristika mašinskih dijelova, u skladu sa njihovom namjenom i funkcijom, a nazivaju se tolerancijama.

Dozvoljena odstupanja (tolerancije) se kod mašinskih dijelova odnose na:

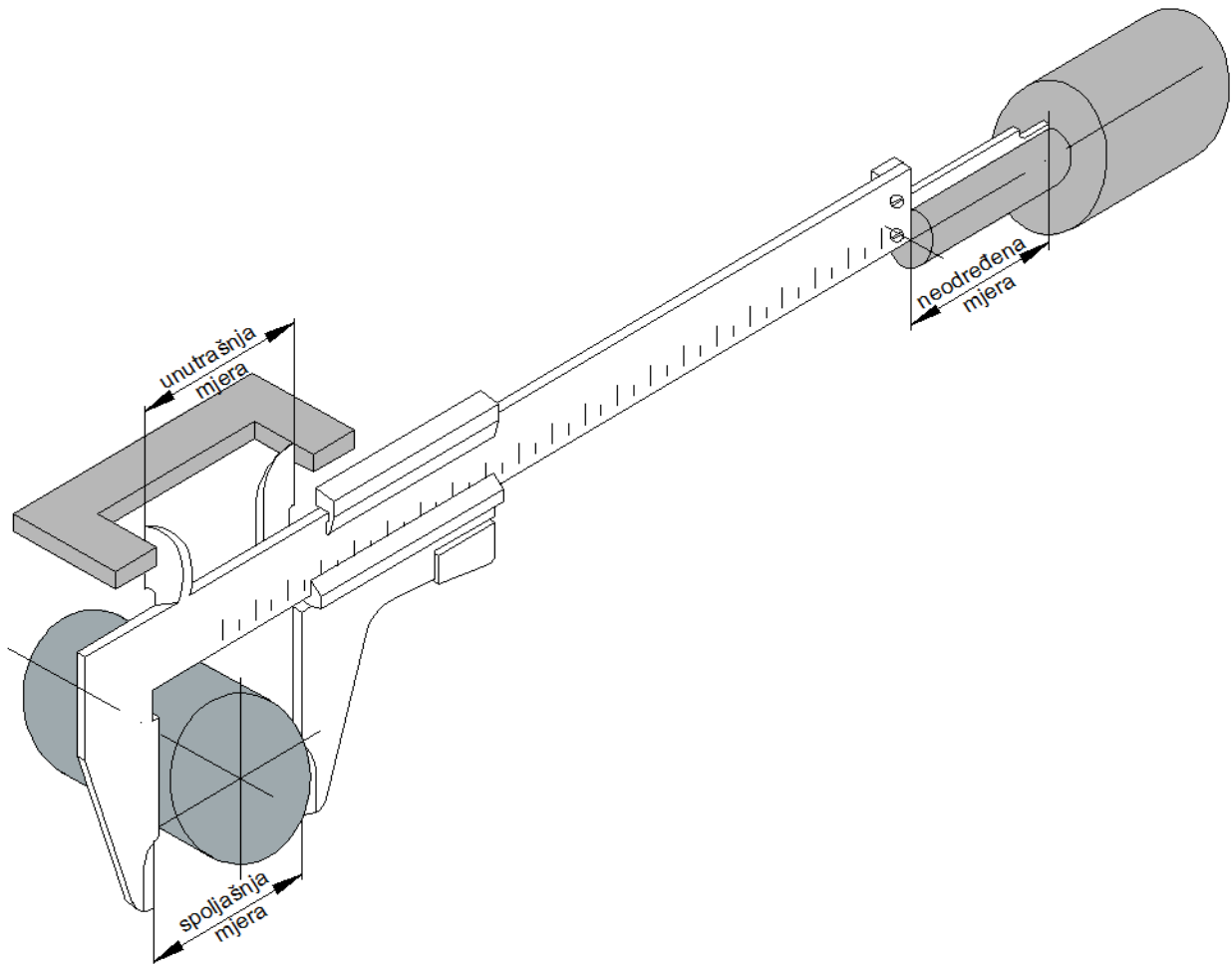
- tolerancije dimenzija;
- tolerancije hrapavosti površine;
- tolerancije oblika i položaja.

### 5.1. TOLERANCIJE DUŽINSKIH MJERA

Tolerancije dužinskih mjera su opšte prihvaćene u svijetu i propisane su standardima ISO 286-1 i ISO 286-2. Pomenutim standardima definisane su osnove sistema tolerancija, osnovne oznake i osnovni pojmovi. Dužinske mjere se dijele na spoljašnje i unutrašnje. Kod spoljašnjih mjera mjerni pipci mjernog instrumenta prilaze sa spoljašnje strane tj. obuhvataju mašinski dio i označavaju se malim slovima, dok kod unutrašnjih mjera mjerni pipci mjernog instrumenta prilaze sa unutrašnje strane i označavaju se velikim slovima. One mjere koje ne mogu da se svrstaju ni u unutrašnje ni u spoljašnje nazivaju se neodređene mjere.

Vrste tolerisanih nazivnih mjera u ISO sistemu tolerancija su (slika 5.1):

- spoljašnje mjere (S);
- unutrašnje mjere (U);
- neodređene mjere (N).



**Slika 5.1.** Određivanje dužinskih mjera

### 5.1.1. Definisane osnovnih pojmova

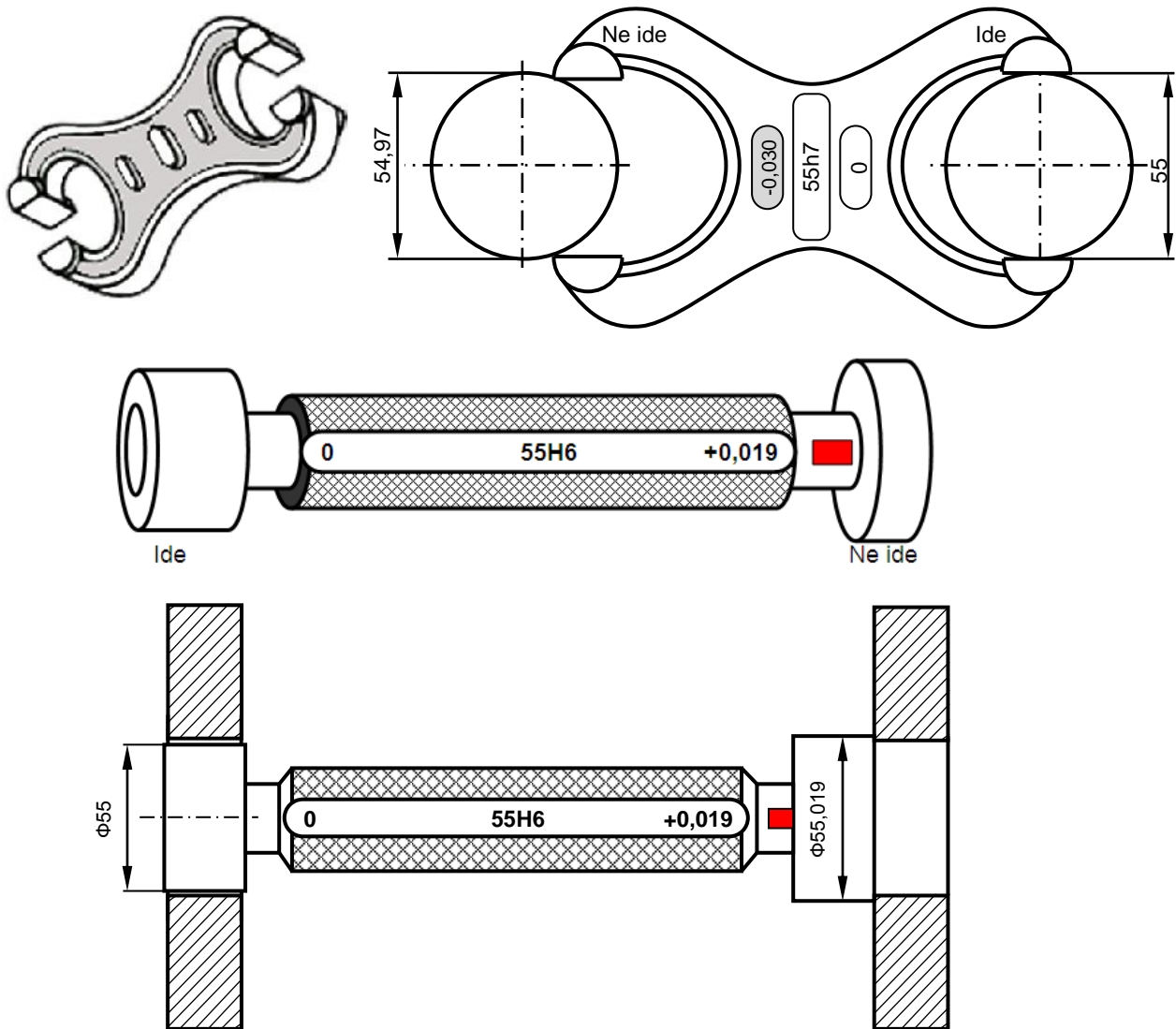
Na slici 5.2 prikazane su osnovne veličine tolerancije dužinskih mjera.

**Nazivna mjera** ( $d$ ,  $D$ ) je mjera koja se upisuje u vidu kota na crtežima i služi kao osnova od koje se mjeri odstupanje. Nazivna mjera može biti spoljašnja i unutrašnja i ona definiše idealnu konturu dijelova tj. nultu liniju od koje se mjeri veličina odstupanja.

**Granične mjere** su propisane granice između kojih treba da bude izrađena odgovarajuća dužinska mjera. One predstavljaju gornju graničnu mjeru  $d_g$ , odnosno  $D_g$  koja je najveća dopuštena vrijednost određene dužinske mjere i donju graničnu mjeru  $d_d$ , odnosno  $D_d$  koja je najmanja dopuštena vrijednost dužinske mjere.

**Stvarna mjera** ( $d_s$ ,  $D_s$ ) je ona mjera koja se dobija mjerenjem mjernim instrumentom na mašinskom dijelu. Ispravne stvarne mjere su one mjere koje se nalaze između graničnih mjera  $d_d \leq d_s \leq d_g$ , odnosno  $D_d \leq D_s \leq D_g$ . Sve one mjere koje nisu u ovim granicama su neispravne i kao takve mogu biti dobre i loše. **Dobra** mjera je ona mjera koja se naknadnom obradom može dovesti u granice tolerancija, tj. kada je stvarna spoljašnja mjera veća od gornje  $d_s > d_g$ , a unutrašnja mjera manja od donje  $D_s < D_d$ . **Loša** mjera je ona mjera koja se naknadnom obradom ne može dovesti u granice tolerancije, odnosno kada je stvarna spoljašnja mjera manja od donje ( $d_s < d_d$ ), a unutrašnja mjera veća od gornje ( $D_s > D_g$ ). Praktično previše proširen unutrašnji otvor se ne može smanjiti, niti previše skinuta spoljašnja mjera dijela se ne može povećati, osim postupcima navarivanja, koji sa druge strane poskupljuju obradu i koriste se u slučajevima kada se obrađuju dijelovi od skupih materijala ili veoma komplikovani dijelovi.

Pri serijskoj proizvodnji ova mjera se provjerava sa graničnim mjerilom u vidu račve ili čepa i to sa stranom "NE IDE" (slika 5.2).



Slika 5.2. Kontrola tolerisanih mjera

**Odstupanje** predstavlja razliku između neke od navedenih mjera i nazivne mjere i može biti gornje granično odstupanje, donje granično odstupanje i stvarno odstupanje.

**Gornje granično odstupanje** (*ecart superieur*) ( $es$ ,  $ES$ ) predstavlja razliku između gornje granične mjere i nazivne mjere

$$es = d_g - d \text{ odnosno } ES = D_g - D$$

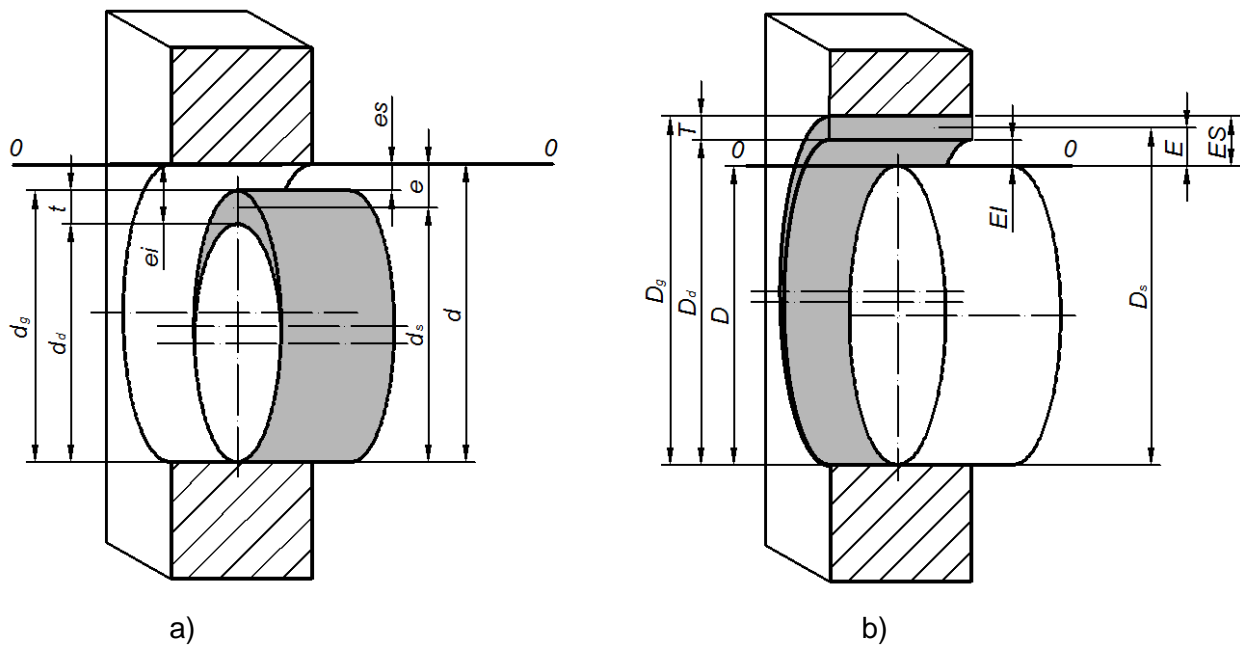
**Donje granično odstupanje** (*ecart inferieur*) ( $ei$ ,  $EI$ ) predstavlja razliku između donje granične mjere i nazivne mjere

$$ei = d_\sigma - d \text{ odnosno } EI = D_\sigma - D$$

**Nulta linija** pri grafičkom prikazivanju odgovara nazivnoj mjeri i predstavlja polaznu liniju koja služi kao osnova od koga se mjere odstupanja.

**Tolerancijsko polje** ( $t$ ,  $T$ ) je područje dozvoljenog odstupanja stvarne mjere i predstavlja razliku gornjeg i donjeg graničnog odstupanja.

$$t = d_g - d_\sigma = es - ei \text{ odnosno } T = D_g - D_\sigma = ES - EI$$



**Slika 5.3.** Odstupanje dužinskih mjera a) spoljašnje, b) unutrašnje

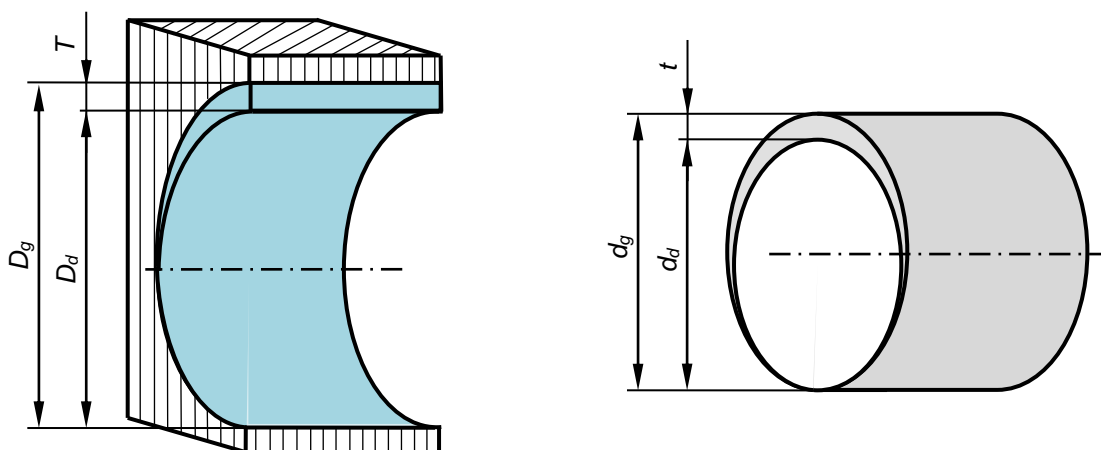
Tolerancijsko polje je raspoređeno po cijeloj konturi mašinskog dijela. Parametre tolerancijskog polja čine veličina tolerancijskog polja ( $t$ ,  $T$ ) i položaj tolerancijskog polja. Oba parametra zavise od veličine nazivne mjere. Područje nazivnih mjera predstavlja jedan od tri parametra tolerancijskog polja u kome su mjere od 1-500 mm podijeljene u trinaest područja sa odgovarajućom visinom tolerancijskog polja, tako da su u oblasti manjih vrijednosti područja uža, a u području većih vrijednosti dužinskih mjera šira. U rasponu nazivnih mjera od 500-3150 mm izvršena je podjela na osam područja. U svim područjima veličina tolerancijskog polja je iste širine, za mjere iz istog područja. Kao osnova za utvrđivanje širine tolerancijskog polja koristi se tolerancijska jedinica  $i$  (za područje mjera manjih od 500 mm), odnosno  $l$  (za područje mjera većih od 500 mm).

$$i = 0,45\sqrt[3]{D} + 0,001D$$

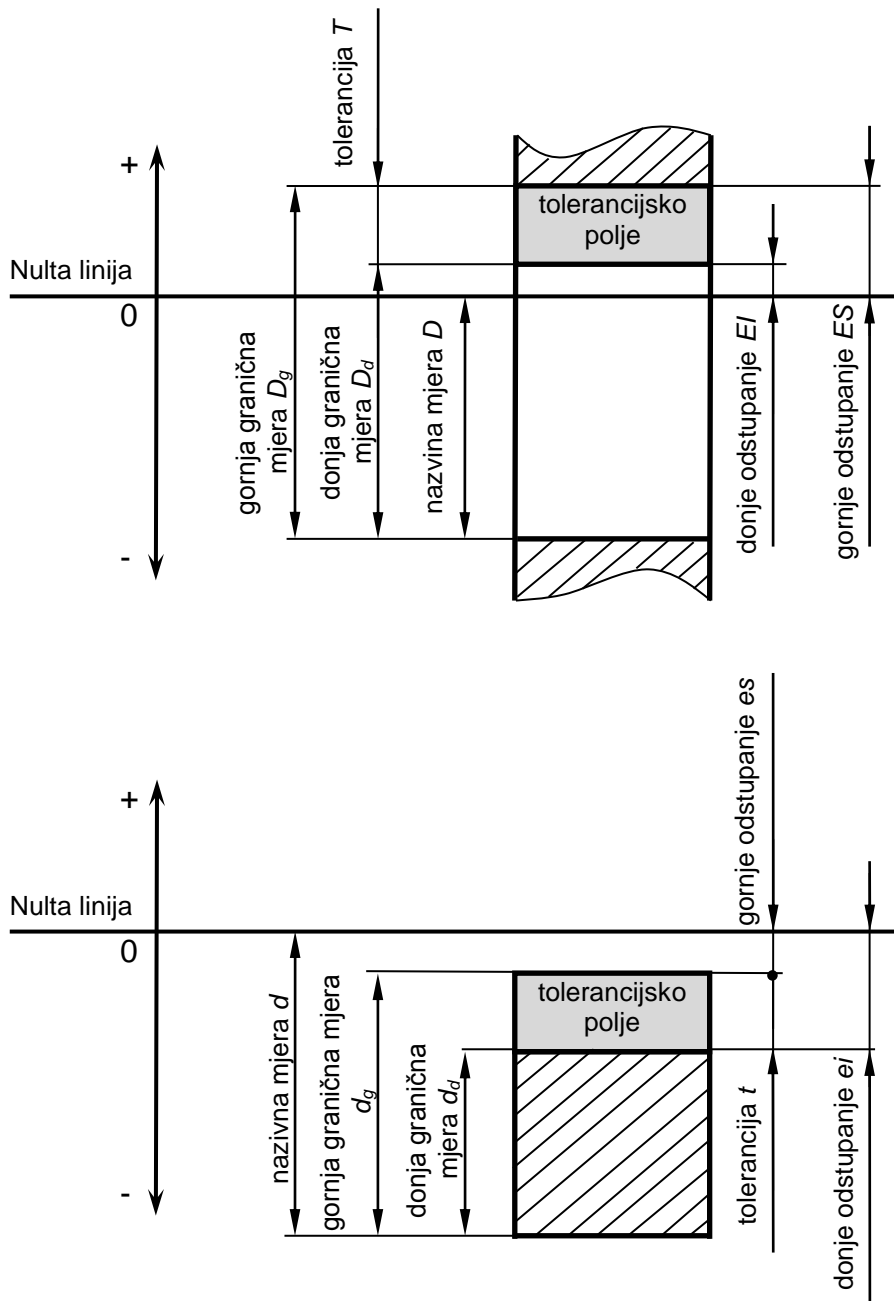
$$l = 0,004D + 2,1$$

$$D = \sqrt{D_1 D_2}$$

Gdje  $D_1$  i  $D_2$  predstavljaju granice područja nazivnih mjera.



**Slika 5.4.1** Prikaz osnovnih oznaka



**Slika 5.4.2.** Prikaz osnovnih veličina tolerancije

Stepen tolerancije se označava sa IT (Internacional Tolerancija) i predviđeno je dvadeset stepena tolerancije (IT01, IT0, IT1, ..., IT18). **Sistem tolerancija** je planski razrađeni red nalijeganja sa različitim zazorima i preklapima. Stepene tolerancije omogućavaju da se uspostavi veza između tolerancije i nazivne mjere, sa mogućnošću varijacije tolerancije iste nazivne mjere. Stepene tolerancije od IT01-IT4 se koriste za mjerne uređaje u preciznoj mehanici. IT5-IT11 se koriste za nalijeganja u opštem mašinstvu, dok se IT12-IT18 koriste kao grube tolerancije za obradu kovanjem, valjanjem, (tabela 5.1)...

**Tabela 5.1** Opšte preporuke za izbor kvaliteta tolerancija

Područje upotrebe	Kvalitet tolerancija (IT)																		
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Mjerni pribor	Precizna mjerila						Mjerila za radioničku kontrolu												
							Najbolji kvalitet												
Opšta mašingradnja							Fina obrada												
							Srednja obrada												
							Gruba obrada												
										Grube tolerancije za kovane, livene i drubo obrađene poluproizvode									

**Tabela 5.2.** Oznake uticaja stepena tolerancije na veličinu tolerancijskog polja

Nazivne mjere u mm	STEPEN TOLERANCIJE																	
	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
	VELIČINA TOLERANCIJE																	
1-500	-	-	-	-	7i	10i	16i	25i	40i	70i	100i	160i	250i	400i	640i	1000i	1600i	2500i
500-3150	1/	1,6/	2,5/	4/	7/	10/	16/	25/	40/	70/	100/	160/	250/	400/	640/	1000/	1600/	2500/

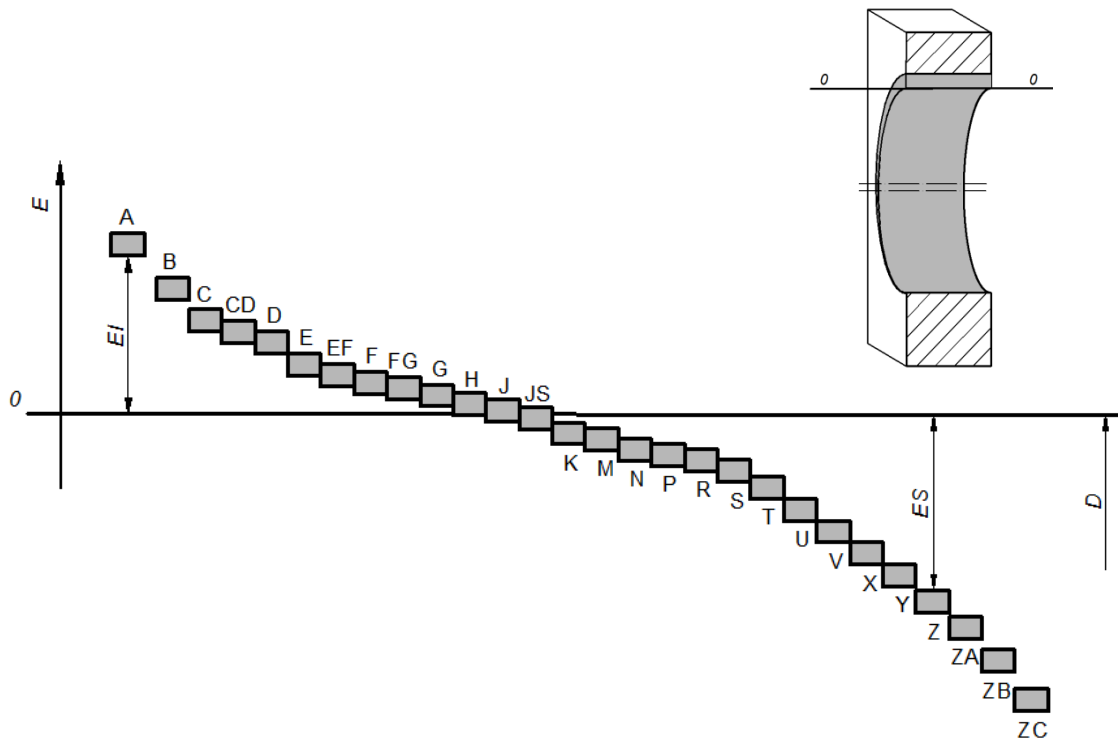
Položaji tolerancijskih polja označavaju se malim slovima (**a, b, c, d,...**) za spoljašnje mjere, odnosno velikim slovima (**A, B, C, D, ...**) za unutrašnje mjere (slika 5.6). Tolerancijska polja mogu biti iznad i ispod nulte linije, sa izuzetkom tolerancijskog polja **h**, odnosno **H** koje leži na nultoj liniji i tolerancijsko polje **js**, odnosno **JS** koje simetrično siječe nultu liniju.

Prema ISO 286 sistemu tolerancija kotiranje tolerisanih mjera se vrši tako što se iza nazivne vrednosti mjere stavlja oznaka za toleranciju (slika 5.5).

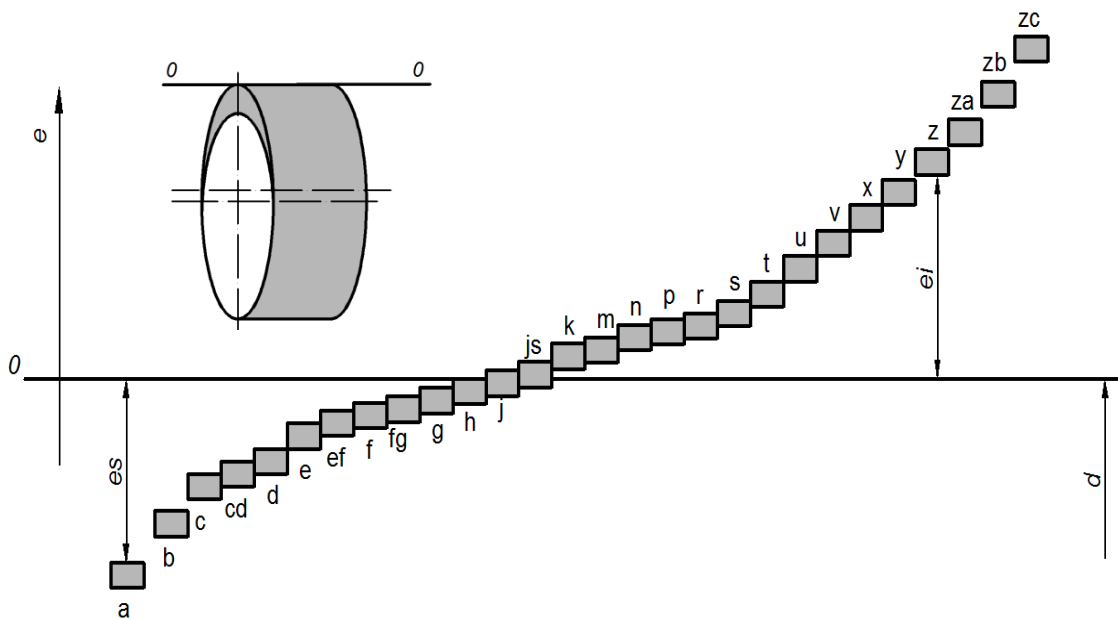
**Slika 5.5.** Način upisivanja tolerancija

Položaj tolerancijskih polja određen je u odnosu na nultu liniju i označen slovima latinice (slika 5.6).





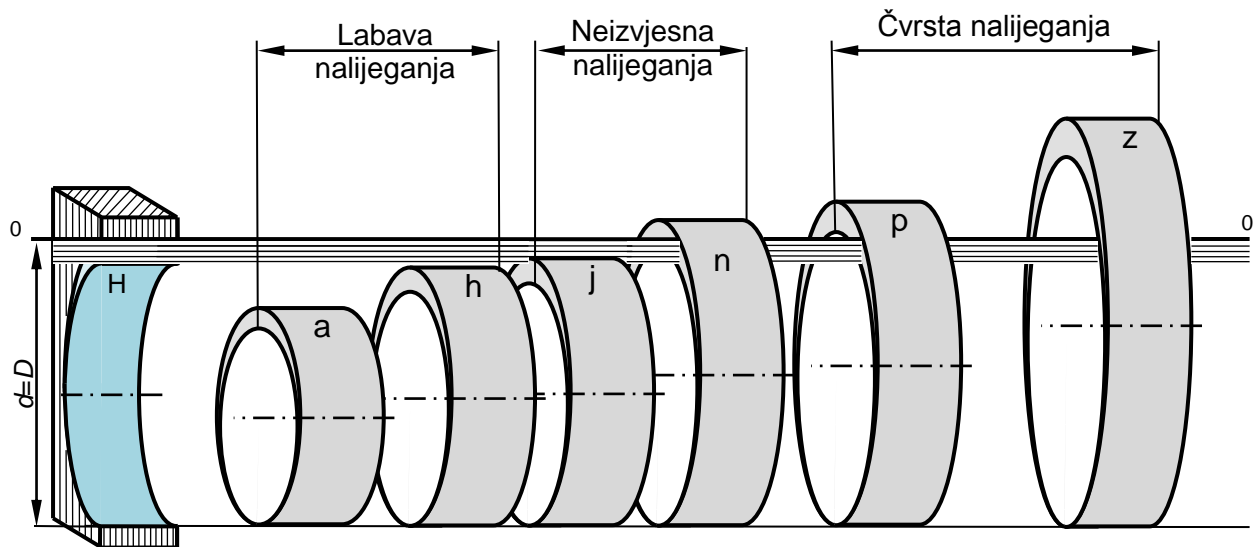
a) unutrašnje mjere



b) spoljašnje mjere

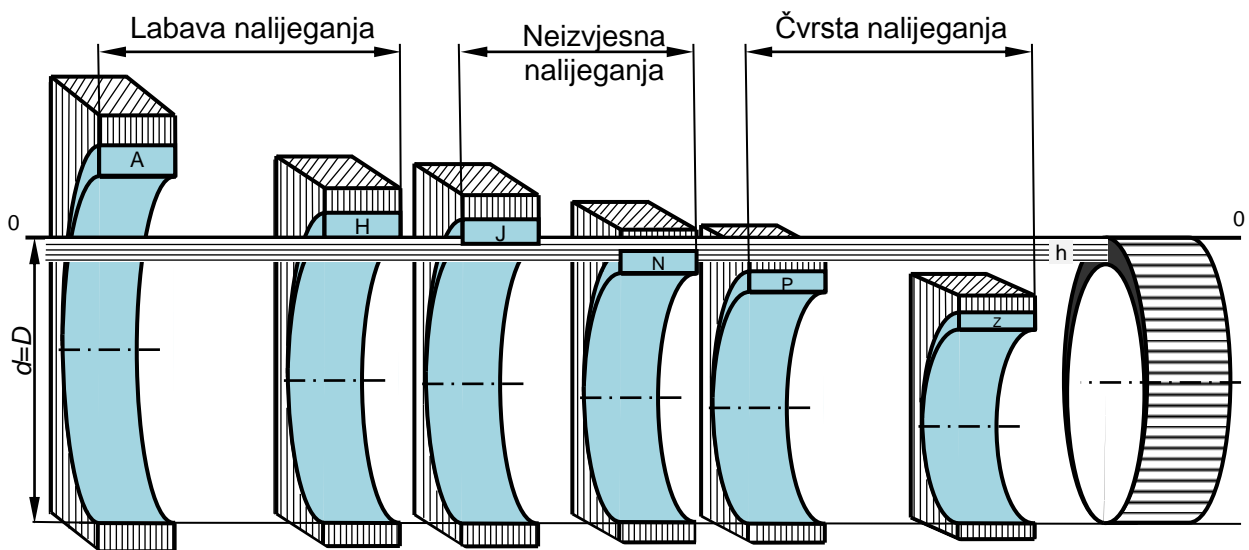
**Slika 5.6.** Položaj tolerancijskih polja

U praksi se upotrebljavaju dva sistema tolerancija: sistem zajedničke unutrašnje mjere, rupe ili otvora (SZUM) i sistem zajedničke spoljašnje mjere, osovine (SZSM). Sistem zajedničke unutrašnje mjere je sistem u kome se prema zajedničkom (jednakom) otvoru prilagođavaju osovine za različita nalijeganja. Prečnici otvora su tolerisani sa tolerancijskim poljem H.



**Slika 5.7.** Sistem zajedničkog otvora (unutrašnje mjere)

Sistem zajedničke spoljašnje mjere je sistem u kome se prema zajedničkoj (jednakoj) osovini prilagođavaju otvori za različita nalijeganja. Prečnici osovina su tolerisani sa tolerancijskim poljem  $h$ .



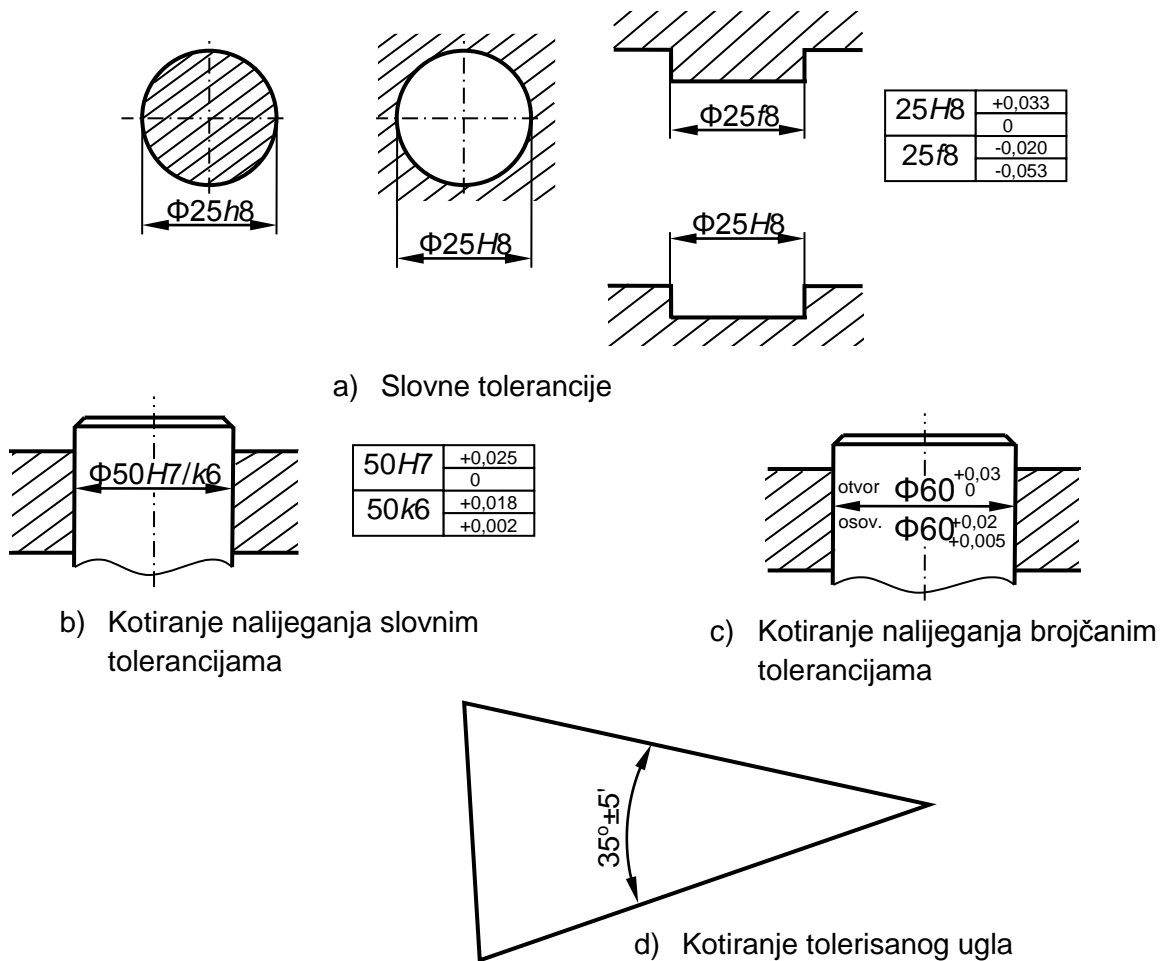
**Slika 5.8.** Sistem zajedničke osovine (spoljašnje mjere)

U sistemu sa 21 slovnom oznakom i 18 kvaliteta obrađene površine postoji teorijska mogućnost kombinacije svih slova sa svim kvalitetima obrađene površine, tako da postoji 378 mogućih nalijeganja. Međutim, iz praktičnih razloga se ne koristi više od 50 vrsta nalijeganja, zavisno od fabrika taj broj nalijeganja je i znatno manji. Razlog tome jeste smanjenje troškova nabavke alata i mjernih instrumenata za veći broj nalijeganja. Preporuke nalijeganja koje se koriste u proizvodnom mašinstvu date su u tabeli 5.3.

Zavisno od položaja tolerancijskog polja koje varira od A do Z, odnosno od a do z, dobijaju se čvrsta, labava i neizvjesna nalijeganja. Definisane tolerancije unutrašnjih i spoljašnjih mjera u crtež se upisuju slovnim oznakama ili brojčano. Ukoliko se na crtežu definišu slovne oznake, onda je neophodno tabelarno prikazati vrijednosti tolerancijskog polja za tu slovnju oznaku (slika 5.9, a i b). Kod brojčanog prikazivanja tolerancija, odstupanja vrijednosti se upisuju neposredno uz nazivnu mjeru (slika 5.9, c i d).

**Tabela 5.3.** Preporučena nalijeganja u proizvodnom mašinstvu

Otvor	Osovina						
H6	g5	f6	e7	-	-	-	-
H7	g6	f7	e8	d8, d9	c8, c9	b8, b9	a9
H8	-	f8	e9	d10	-	-	-
H11	-	-	-	d11	c11	b11	a11
	Za precizno vođenje osovina	Za najmanje gubitke trenjem uz najveću nosivost			Za miran hod i najmanje gubitke trenjem, dijelovi koji su povremeno u pogonu, vođice		
h5	G6	F6	E7	-	-	-	-
h6, h7	G6	F7	E8	D8, D9	C8, C9	B8, B9	A9
h8, h9	-	F8	E9	D10	-	-	-
h11	-	-	-	D11	C11	B11	A11

**Slika 5.9.** Kotiranje tolerisanih mjera

### 5.1.2. Tolerancije slobodnih mjera

Mjere kod kojih odstupanja od nazivnih vrijednosti praktično ne utiču na upotrebljivost i sigurnost dijelova nazivaju se slobodnim mjerama. Ove mjere se ostvaruju uobičajenim radnim postupkom, pa njihova odstupanja leže u granicama tog postupka obrade. Pri kotiranju slobodnih mjera, nazivne mjere se upisuju bez navođenja položaja i veličine tolerancijskog polja. Odstupanja slobodnih mjera se ne mogu propisati na osnovu funkcije, ali moraju biti u određenim granicama koje su propisane u vidu tolerancija slobodnih mjera. Tolerancije slobodnih mjera unose se na crtežu za to predviđeno polje zaglavlja crteža, na primer: fini ISO

2768. U tabeli 5.4 data su dozvoljena odstupanja slobodnih mjera ostvarenih u procesu obrade struganjem.

**Tabela 5.4.** Dozvoljena odstupanja slobodnih mjera ostvarenih pri obradi skidanjem strugotine

Stepen tačnosti	Područje nazivnih mjera, mm								
	Iznad								
	0.5	3	6	30	120	315	1000	2000	4000
	do								
	3	6	30	120	315	1000	2000	4000	8000
Fini	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	-
Srednji	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3
Grubi	± 0,15	± 0,2	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4	± 5
Vrlo grubi	-	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2	± 3	± 4	± 6	± 8

Napomena: Prema ISO 2768 (1973) nisu predviđena područja nazivnih mera iznad 2000 mm i nije obuhvaćen vrlo grubi kvalitet

### 5.1.3. Nalijeganje dužinskih mjera

**Nalijeganje** je odnos mjera dva mašinska dijela koji su u sklopu.

**Otvor** (provrt) je (u smislu tolerancija) spoljašnja mjera naleganja, bez obzira da li se radi o kružnoj ili linijskoj mjeri. Za mašinski dio to je unutrašnja mjera.

**Osovina** je (u smislu tolerancija) unutrašnja mjera naleganja, bez obzira da li se radi o kružnoj ili linijskoj mjeri. Za mašinski dio to je spoljašnja mjera.

**Zazor** ( $Z$ ) je razlika u mjerama otvora i osovine kada je mjera otvora veća od mjere osovine. U ovom slučaju između njih postoji određeni prostor.

**Preklop** ( $P$ ) je razlika u mjerama osovine i otvora, kada je mjera otvora manja od mjere osovine. U ovom slučaju jedan mašinski dio se mora utisnuti u drugi, uz primjenu sile.

Kada je razlika prečnika otvora i prečnika osovine veća od nule, razlika predstavlja veličinu zazora, dok se u suprotnom slučaju radi o preklopu. Imajući u vidu da dužinske mjere ne mogu biti negativna vrijednost, to se veličina preklopa računa kao apsolutna vrijednost.

#### 5.1.3.1. Labavo nalijeganje

Labavo nalijeganje predstavlja nalijeganje kod koga je stvarna mjera otvora veća od stvarne mjere osovine, odnosno  $D_s > d_s$ . Razlika prečnika otvora i prečnika osovine predstavlja zazor.

$$Z_s = D_s - d_s = E - e > 0$$

Razlika najvećeg prečnika otvora i najmanjeg prečnika osovine predstavlja najveći (gornji) zazor (slika 5.10.).

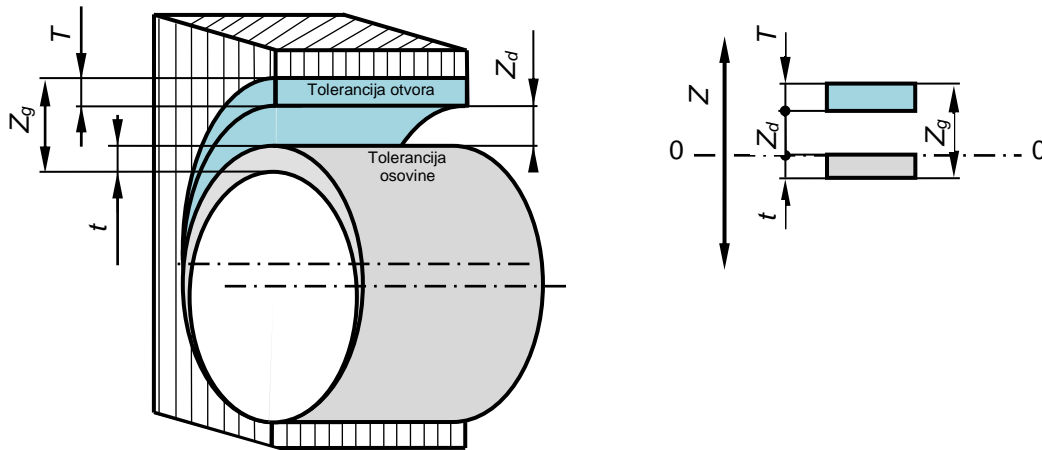
$$Z_g = D_g - d_d = ES - ei$$

Najmanji (donji) zazor predstavlja razliku najmanjeg prečnika otvora i najvećeg prečnika osovine.

$$Z_d = D_d - d_g = EI - es$$

Područje varijacija između najvećeg i najmanjeg zazora predstavlja toleranciju nalijeganja.

$$T_n = Z_g - Z_d = T + t$$



Slika 5.10. Labavo nalijeganje

### 5.1.3.2. Čvrsto nalijeganje

Čvrsto nalijeganje predstavlja nalijeganje kod koga je stvarna mjera otvora manja od stvarne mjere osovine, odnosno  $D_s < d_s$  i ostvaruje se nasilnim utiskivanjem osovine u otvor. Razlika prečnika otvora i prečnika osovine predstavlja preklop.

$$P_s = D_s - d_s = E - e < 0$$

Razlika najmanjeg prečnika otvora i najvećeg prečnika osovine predstavlja najveći (gornji) preklop (slika 5.11.).

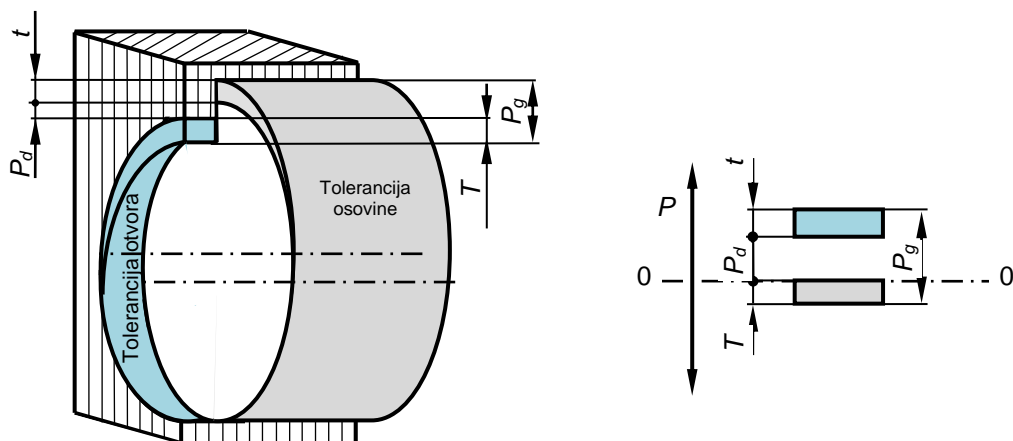
$$P_g = D_d - d_g = EI - es$$

Najmanji (donji) preklop predstavlja razliku najvećeg prečnika otvora i najmanjeg prečnika osovine.

$$P_d = D_g - d_d = ES - ei$$

Područje varijacija između najvećeg i najmanjeg preklopa predstavlja toleranciju nalijeganja.

$$T_n = |P_g| - |P_d| = T + t$$



Slika 5.11 Čvrsto nalijeganje

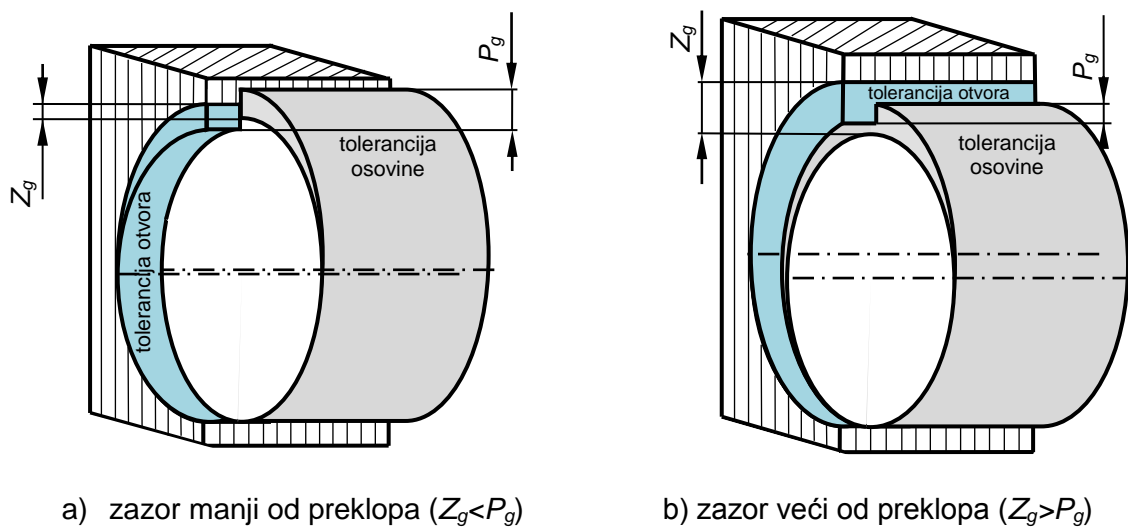
### 5.1.3.3. Neizvjesno nalijeganje

Neizvjesno nalijeganje može biti sa manjim zazorom ili sa manjim preklpom. Zavisno od slučajno izabranih stvarih mjera  $D_s$  i  $d_s$  neizvjesno nalijeganje može biti labavo ( $D_s > d_s$ ) sa manjim zazorom (slika 5.12.a) ili čvrsto ( $D_s < d_s$ ) sa manjim preklpom (slika 5.12.b). Najveći mogući zazor predstavlja razliku najvećeg prečnika otvora i najmanjeg prečnika osovine.

$$Z_g = D_g - d_d = ES - ei > 0$$

Najveći mogući preklp predstavlja razliku najmanjeg prečnika otvora i najvećeg prečnika osovine.

$$P_g = D_d - d_g = EI - es < 0$$



**Slika 5.12.** Neizvjesno nalijeganje

Područje varijacija između najvećeg zazora i najvećeg preklpa predstavlja toleranciju nalijeganje.

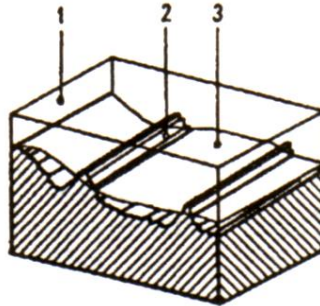
$$T_n = Z_g - P_g = T + t$$

Stvarni zazor se nalazi u granicama  $0 < Z_s < Z_g$ , a stvarni preklp u granicama  $0 < |P_s| < |P_g|$ .

## 5.2. TOLERANCIJE HRAPAVOSTI POVRŠINE

### 5.2.1. Opšta razmatranja

Pri konstruisanju mašinskih dijelova, tj. izradi radioničkih crteža, potrebno je, pored vrste materijala, definisati i oblik dijela, njegove dimenzije, tolerancije, termičku i termohemijsku obradu, eventualno zaštitu površine, i kvalitet površinske obrade svake površine. Kada se govori o površini dijela treba razlikovati: geometrijske površine (one koje su propisane crtežom), stvarne površine (koje su ostvarene obradom) i efektivne površine (koje su registrovane merenjem) slika 5.13.



**Slika 5.13** Grafički prikaz površine radnog predmeta (1) geometrijska površina, (2) stvarna površina i (3) efektivna površina radnog predmeta

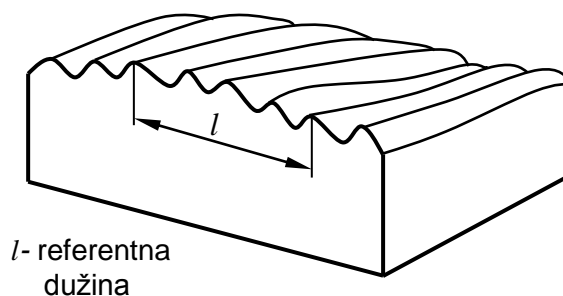
Stvarna površina odstupa od geometrijske površine zbog:

- netačnosti tehnološkog pribora;
- habanja oštrice alata;
- deformacije sistema "mašina-alat-radni predmet";
- heterogenosti materijala radnog predmeta;
- zaostalih napona u radnom predmetu;
- nejednakih dodataka za mašinsku obradu i sl.

Skup neravnina koje obrazuju reljef površine naziva se hrapavost. Kvalitet površine zavisi od stepena njene hrapavosti. Kvalitet obrađenih površina utiče na:

- smanjenje trenja kod kliznih površina;
- sprečavanje pojave koncentracije napona;
- hermetičnost;
- otpornost na koroziju;
- estetski izgled proizvoda.

Za određenu površinu se, u odnosu na njenu funkciju, definiše optimalan kvalitet obrade. Ako se obrađena površina u poprečnom presjeku uveća, mogu da se uoče mikrogeometrijske nepravilnosti površine u odnosu na geometrijski idealno ravnu površinu. Za mjerenje hrapavosti koristi se tzv. efektivni profil na referentnoj dužini  $l$  (slika 5.14). Referentna dužina je minimalna dužina neophodna za pouzdano definisanje hrapavosti.



**Slika 5.14.** Efektivni profil

### 5.2.2. Parametri hrapavosti

Veličina hrapavosti mjeri se u odnosu na srednju referentnu liniju profila neravnine  $m$ , koja dijeli profil tako da je za mjerenu dužinu profila  $l$  veličina svih kvadrata odstupanja profila od te linije najmanja (slika 5.14). Parametri hrapavosti definisani su standardom DIN 4762.

Osnovni parametri hrapavosti su:

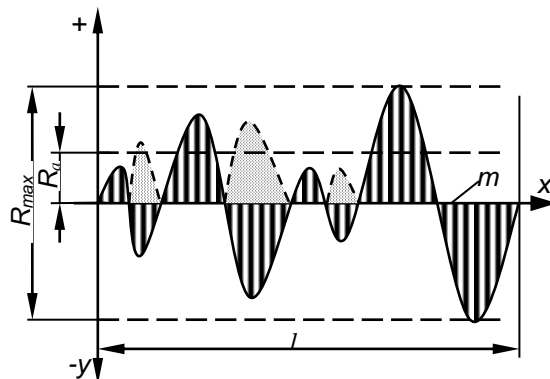
- **Maksimalna visina neravnina ( $R_{max}$ )**, je rastojanje između dvije prave paralelne sa srednjom linijom profila, povučeni tako da u granicama referentne dužine dodiruju najvišu i najnižu tačku profila (linija koja siječe profil obrađene površine, tako da je u granicama referentne dužine zbir kvadrata odstupanja svih tačaka minimalan);
- **Srednje odstupanje profila ( $R_a$ )** je srednja aritmetička vrijednost odstupanja svih tačaka efektivnog profila u odnosu na srednju liniju  $m$  (slika 5.14), na referentnoj dužini  $l$ , i računa se po obrascu:

$$R_a \approx \frac{\sum_1^n |y|}{n}$$

te predstavlja srednje odstupanje od profila, koje se najčešće koristi kao parametar za određivanje kvaliteta obrade površine (klase hrapavosti);

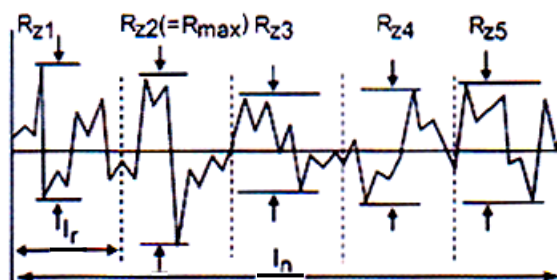
- **Srednja visina neravnina ( $R_z$ )**, je razlika aritmetičke sredine vrednosti pet najviših i pet najnižih tačaka, u okviru referentne dužine.

$$R_z = \frac{1}{5}(R_{z1} + R_{z2} + R_{z3} + R_{z4} + R_{z5})$$



Slika 5.15. Srednje odstupanje profila ( $R_a$ )

Na osnovu  $R_a$ , površinska hrapavost mašinskih dijelova se razvrstava u 12 klasa hrapavosti. Manji broj odražava finiji kvalitet obrađene površine. Između klasa ISO tolerancija i klasa površinske hrapavosti mašinskih dijelova postoji uzajamna zavisnost, koja je data u tabeli 5.5. Vrijednosti  $R_a$  date su u mikrometrima ( $\mu\text{m}$ ), a nazivne mjere u milimetrima (mm).



Slika 5.16. Srednja visina neravnina  $R_z$



**Tabela 5.5.** Uzajamna zavisnost između klasa ISO tolerancija i klasa površinske hrapavosti

Oznaka klase ISO tolerancija	Oznaka klase kvaliteta obrade i pripadajuća vrijednost srednjeg odstupanja profila $R_a$ za područje nazivne mere									
	do 3		iznad 3 do 18		iznad 18 do 80		iznad 80 do 250		iznad 250	
	klasa	$R_a$	klasa	$R_a$	klasa	$R_a$	klasa	$R_a$	klasa	$R_a$
IT 5	N3	0,1	N4	0,2	N5	0,4	N5	0,4	N6	0,8
IT 6	N4	0,2	N5	0,4	N5	0,4	N6	0,8	N6	0,8
IT 7	N5	0,4	N5	0,4	N6	0,8	N7	1,6	N7	1,6
IT 8	N5	0,4	N6	0,8	N7	1,6	N7	1,6	N8	3,2
IT 9	N6	0,8	N6	0,8	N7	1,6	N8	3,2	N9	6,3
IT 10	N7	1,6	N7	1,6	N8	3,2	N9	6,3	N9	6,3
IT 11	N7	1,6	N8	3,2	N9	6,3	N9	6,3	N10	12,5
IT 12	N8	3,2	N8	3,2	N9	6,3	N10	12,5	N11	25

Korelacija između površinske hrapavosti i načina formiranja površine (postupka obrade) data je u tabeli 5.6.

**Tabela 5.6.** Korelacija između površinske hrapavosti i načina formiranja površine

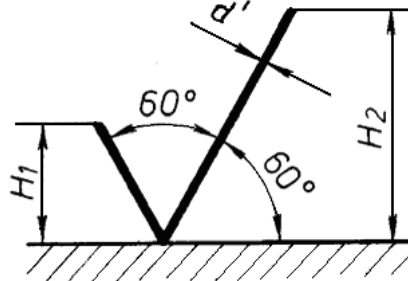
Broj klase površinske hrapavosti	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	
Najveće vrednosti za $R_a$ , $\mu\text{m}$	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25,0	50,0	
Način obrade i kvalitet koji se može postići	struganje			(+)	(+)	+	+	+	+	+	(+)	(+)	
	rendisanje			(+)	(+)	(+)	+	+	+	+	+	(+)	
	bušenje						(+)	(+)	+	+	(+)		
	glodanje					(+)	(+)	+	+	+	(+)		
	brušenje	(+)	(+)	(+)	+	+	+	(+)	(+)	(+)			
	razvrtanje rupe				(+)	(+)	+	+	(+)	(+)			
	honovanje	+	+	+	+								
	kovanje						(+)	(+)	+	+	+	(+)	
	livenje u pesku									+	+	+	
	livenje u kokili								+	+	+	+	+
	livenje pod pritiskom						+	+	+	+	+	+	

Napomena: + - uobičajeno, (+) – šire granice

### 5.2.3. Označavanje kvaliteta hrapavosti

Svaki radionički crtež, pored kota i tolerancija, mora da sadrži oznaku kvaliteta obrađene površine. Simbol oznake je u vidu kukice, na kojoj se nalaze ispisani različiti parametri, koji imaju za cilj bliže definisanje kvaliteta označene površine. Ova oznaka na crtežu je veoma bitna, jer se prema njoj definiše tehnologija izrade dijela.

Osnovni znak (kukica) za označavanje kvaliteta hrapavosti ima oblik i mjere date na slici 5.17.



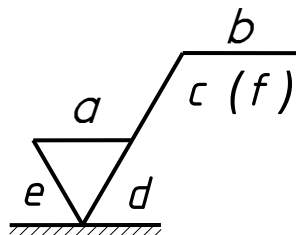
**Slika 5.17.** Osnovni znak (kukica) za označavanje kvaliteta hrapavosti

Mjere kukice i oznaka zavise od formata crteža, a date su u tabeli 5.7.

**Tabela 5.7.** Mjere kukica i oznaka

Mjere kukica i oznaka	Mjere u mm					
Visina $H_1$	5	7	10	14	20	28
Visina $H_2$	10	14	20	28	40	56
Debljina linija za oznaku ( $d'$ )	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2
Visina oznaka i velikih slova	3,5	5	7	10	14	20

Oznaka kvaliteta obrađenih površina sa opštim oznakama različitih parametara data je na slici 5.18.



**Slika 5.18.** Oznaka i mjesto upisivanja odstupanja i načina izrade

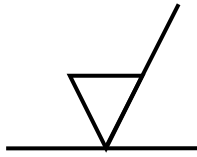
Značenje opštih oznaka:

- $a$  – vrijednost hrapavosti  $R_a$  u  $\mu\text{m}$  ili broj klase hrapavosti N1 do N12
- $b$  – metod proizvodnje, postupak ili prevlaka
- $c$  – referentna dužina
- $d$  – pravac prostiranja neravnina
- $e$  – dodatak za mašinsku obradu
- $f$  – druge vrijednosti hrapavosti, npr.  $R_z$ ,  $R_{max}$

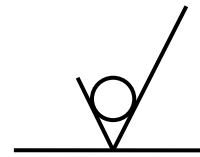
Kukica može da bude:

- otvorena, koja se koristi samo uz napomenu,
- zatvorena, koja se koristi kod obrade skidanjem materijala, i
- otvorena sa kružićem, kada nije dozvoljeno skidanje materijala.

Ako se radi o površini koja se obrađuje skidanjem strugotine, koristi se osnovna kukica u zatvorenom obliku (slika 5.19), dok se kod površina koje se obrađuju bez skidanja strugotine koristi osnovna kukica sa dodatkom kružića (slika 5.20).

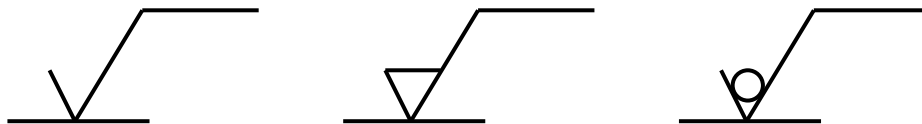


**Slika 5.19.** Zatvorena kukica kojom se označava obrada sa skidanjem strugotine



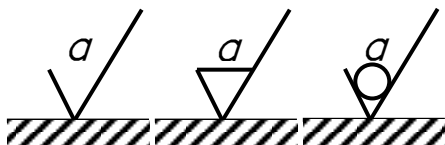
**Slika 5.20.** Otvorena kukica sa kružićem kojom se označava obrada bez skidanja strugotine

Kada je potrebno dopisivanje nekih dopunskih oznaka, dužem kraku bilo kog oblika kukice se dodaje nastavak u obliku horizontalne linije čija dužina zavisi od dužine dopunske oznake (slika 5.21).

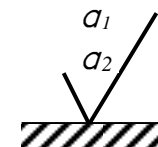


**Slika 5.21.** Kukice sa nastavkom za dopunsku oznaku

Kada je naznačena samo jedna vrijednost, ona predstavlja maksimalnu dozvoljenu vrijednost površinske hrapavosti izraženu glavnim kriterijumom hrapavosti  $R_a$  ili odgovarajućom klasom hrapavosti (na primer:  $a=N9$  ili  $a=6,3$ ), kao na slici 5.22.



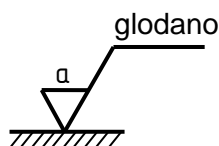
**Slika 5.22.** Upisivanje maksimalne dozvoljene vrijednosti površinske hrapavosti



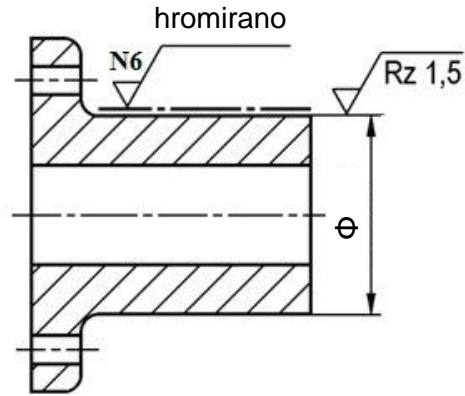
**Slika 5.23.** Upisivanje graničnih vrijednosti

Ako je potrebno propisati najveću i najmanju graničnu vrijednost glavnog kriterijuma prikazuju se obje vrijednosti i to tako da vrijednost finijeg kvaliteta obrade ( $\sigma_1$ ) bude iznad vrijednosti grublje obrade ( $\sigma_2$ ) (na primer:  $\sigma_1=1,6$  i  $\sigma_2=6,3$ , odnosno  $\sigma_1=N7$  i  $\sigma_2=N9$ ), kao na slici 5.23.

Ako se zahtijeva da se konačna površinska hrapavost ostvari jednim određenim postupkom obrade, onda se taj postupak dopiše na nastavku dužeg kraka znaka (slika 5.24). Na ovom nastavku daju se i oznake koje se tiču određenog tehnološkog postupka ili prevlake (slika 5.25).



**Slika 5.24.** Označavanje hrapavosti određenim postupkom

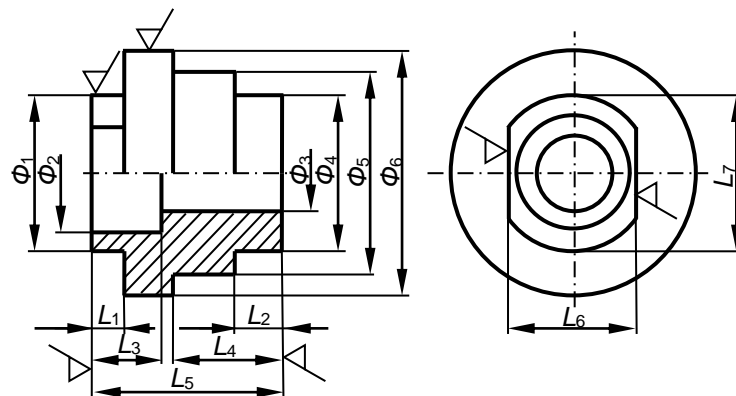


**Slika 5.25.** Označavanje hrapavosti prije i poslije određenog postupka

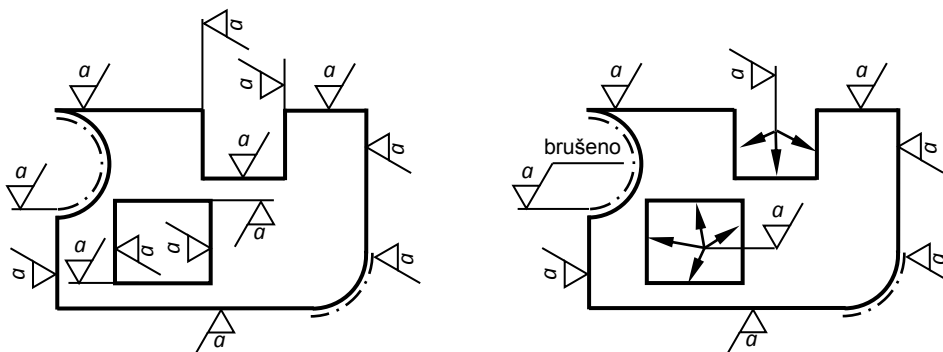
### Položaj oznaka kvaliteta hrapavosti na crtežu

Dodatne oznake u znaku za površinsku hrapavost koji se upisuju u crtež treba da budu orijentisani (radi lakšeg čitanja) isto kao vrijednosti pri kotiranju (odozdo i sa desne strane). Oznaka i strelica moraju svojim vrhom da priđu površini sa spoljašnje strane predmeta. Kod kružnih projekcija cilindričnih površina oznake se ne stavljaju direktno na krugove, već na pomoćnu kotnu liniju ili na posebno postavljenu produženu pomoćnu liniju.

Znak za površinsku obradu se koristi samo jednom za jednu površinu i to u projekciji u kojoj je ta površina dimenzionisana (slike 5.26 i 5.27).



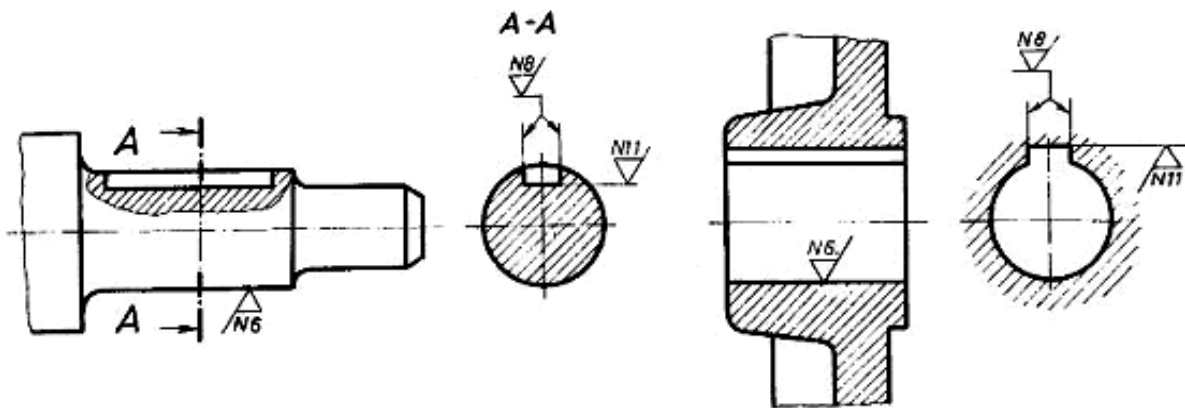
a)



b)

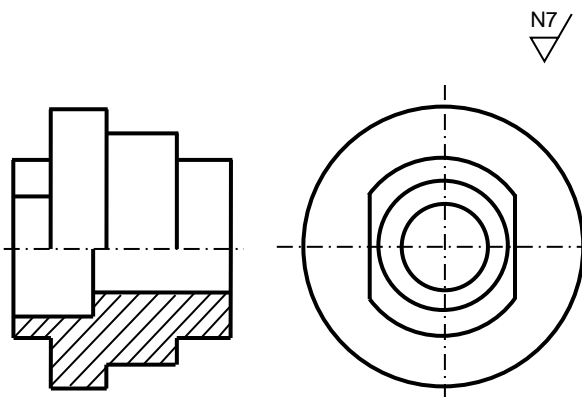
**Slika 5.26.** Primjeri dovođenja znaka u vezu sa odnosnom površina

Na slici 5.27 dati su primjeri označavanja kvaliteta obrade žlijeba za klin.



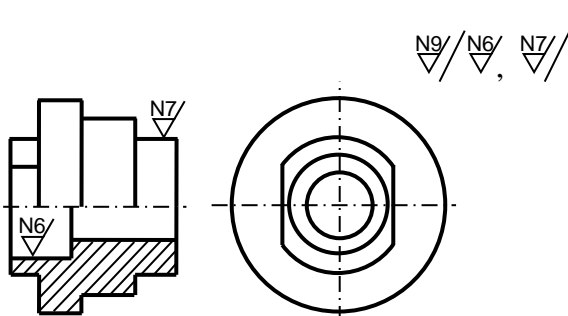
Slika 5.27. Označavanje kvaliteta obrade žlijeba za klin

**Zajednička oznaka za sve površine.** Ako sve površine treba da imaju isti kvalitet obrade, oznaka se ne stavlja na svaku od površina, već se propisuje zajednička oznaka koja se postavlja u desni gornji ugao crteža (slika 5.28).

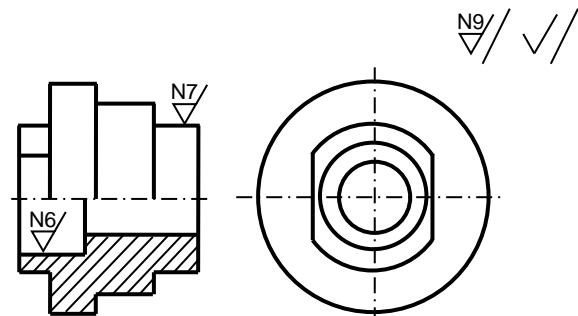


Slika 5.27. Zajednička oznaka za sve površine

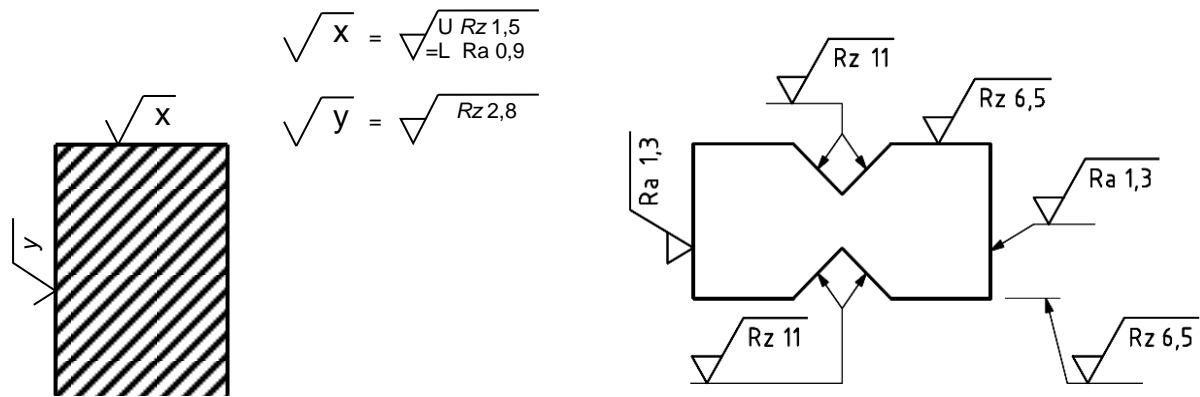
**Zbirna oznaka kvaliteta.** Ako se zahtijeva ista hrapavost na većem broju površina onda se ona propisuje zbirnom znakom u desnom gornjem uglu crteža. Između dvije kose crte upisuju se ostali stepeni hrapavosti koji se odnose na druge površine prema rastućim brojevima, odnosno grubljim obradama, a te oznake se takođe moraju ucrtati i na odgovarajućim mjestima na crtežu (slika 5.29).



Slika 5.29. Zbirna oznaka kvaliteta



Slika 5.30. Uprošćena zbirna oznaka kvaliteta





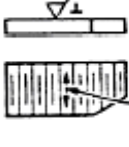
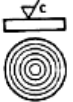
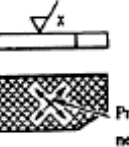
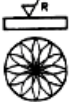
Slika 5.31 Način ispisivanja kukica

**Uprošćena zbirna oznaka kvaliteta.** Umjesto da se između kosih crta upisuje više znakova, može se upisati samo osnovna oznaka u vidu otvorene kukice, što upozorava da oznake kvaliteta obrade pojedinih površina treba potražiti na samom crtežu.

### Pravac prostiranja neravnina

Pravac prostiranja neravnina propisuje se određenim znacima, koji su prikazani u tabeli 5.8.

Tabela 5.8. Označavanje pravca prostiranja neravnina

Znak	Tumačenje	Znak	Tumačenje
=	Paralelno ravni projekcije u kojoj je znak postavljen  Pravac prostiranja neravnina	M	U više pravaca 
⊥	Upravno na ravan projekcije u kojoj je znak postavljen  Pravac prostiranja neravnina	C	Približno kružno prema središtu površine na koju je znak postavljen 
X	Ukršteno u dva kosa pravca relativno prema ravni projekcije u kojoj je znak postavljen  Pravac prostiranja neravnina	R	Približno radijalno prema središtu površine na koju je znak postavljen 

### 5.3. TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA (BAS ISO 129-1:2007)

Za funkcionisanje i montažu mašinskih dijelova neophodna je određena tačnost oblika i položaja. Dozvoljeno odstupanje od geometrijski idealnog oblika i položaja definiše se tolerancijama čije se oznake unose u tehničke crteže. Tolerancijama se određuje oblast u kojoj posmatrana karakteristika predmeta mora da se nađe posle obrade.

Vrijednosti tolerancije propisuje konstruktor, a izražavaju se u milimetrima.

### 5.3.1. Vrste tolerancija oblika i položaja

Vrste tolerancija oblika i položaja, sa odgovarajućim simbolima date su u tabeli 5.9.

**Tabela 5.9.** Vrste tolerancija oblika i položaja i odgovarajući simboli

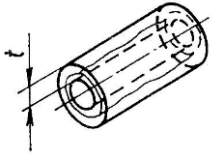
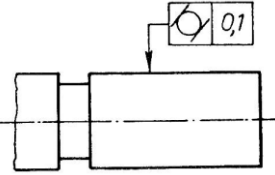
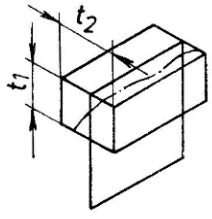
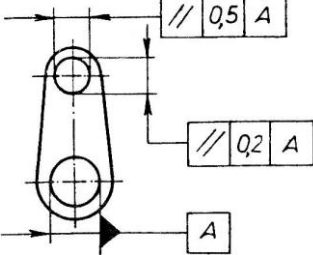
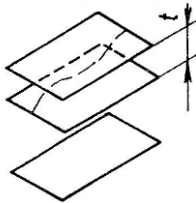
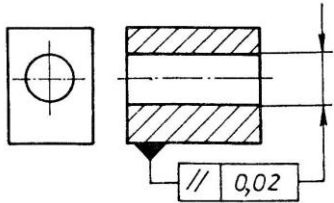
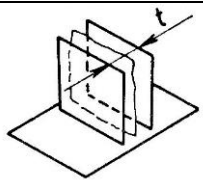
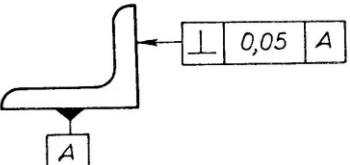
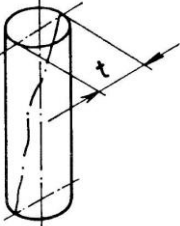
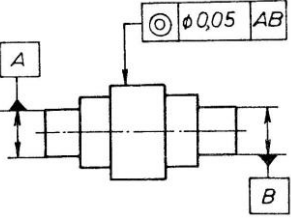
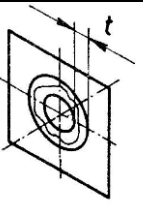
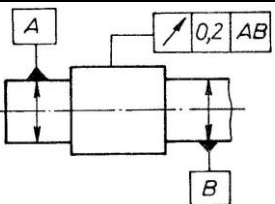
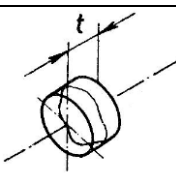
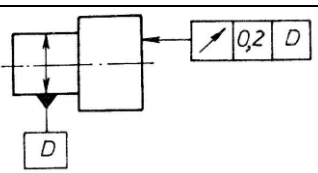
Vrsta tolerancije		Osobina koja se toleriše	Simbol
Tolerancije oblika		Pravost	
		Ravnost	
		Kružnost	
		Cilindričnost	
		Oblik linije	
		Oblik površine	
Tolerancije položaja		Tolerancije pravca	
		Paralelnost	
		Upravnost	
		Ugao nagiba	
		Tolerancije mjesta	
		Lokacija	
		Koncentričnost i koaksijalnost	
		Simetričnost	
		Tolerancije tačnosti obrtanja	
Kružnost obrtanja			
Ravnost obrtanja			

Primjeri i objašnjenja za tolerancijsku zonu i upisivanje podataka u crtež dati su u tabeli 5.10

**Tabela 5.10.** Primjeri označavanja tolerancija oblika i položaja i njihovo tumačenje

Tolerancijska zona	Primer označavanja	Objašnjenje
		U svakom poprečnom presjeku tolerisana obimna linija mora ležati u kružnom prstenu širine $t=0,005$ mm.

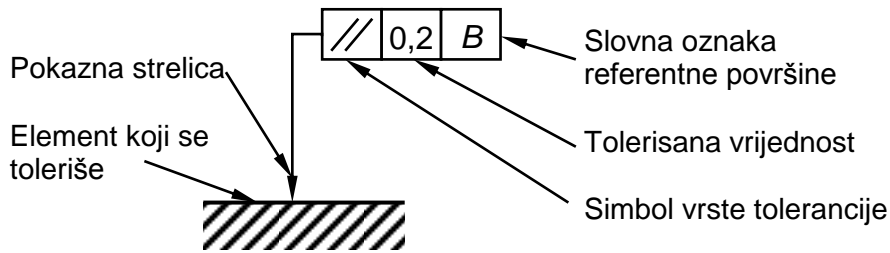
**Nastavak tabele 5.10. Primjeri označavanja tolerancija oblika i položaja i njihovo tumačenje**

Tolerancijska zona	Primer označavanja	Objašnjenje
		Tolerisana površina mora ležati između dva koaksijalna cilindra radijalnog rastojanja $t=0,1$ mm.
		Tolerisana osa mora ležati unutar kvadra preseka $t_1 \times t_2 = 0,2 \times 0,5$ mm paralelnog sa referentnom osom A.
		Tolerisana osa mora ležati između dvije ravni razmaka $t=0,02$ mm, paralelnih u odnosu na referentnu ravan.
		Tolerisana površina mora ležati između dvaju paralelnih ravni razmaka $t=0,05$ mm, upravnih na referentnu površinu A.
		Tolerisana osa mora ležati unutar cilindra prečnika $t=0,05$ mm, koaksijalnog sa referentnom osom AB.
		Pri obrtanju oko referentne ose AB, odstupanje od kružnosti obrtanja, u svakoj upravnoj ravni, ne smije da prelazi $t=0,2$ mm.
		Pri obrtanju oko referentne ose D, odstupanje od ravnosti obrtanja, u svakom mjernom cilindru, ne smije da prelazi $t=0,2$ mm.



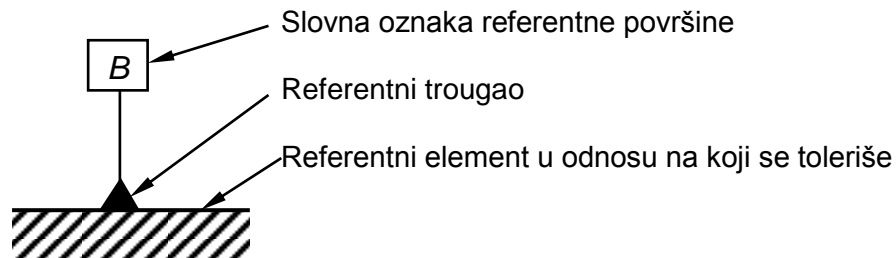
### 5.3.2. Označavanje geometrijskih tolerancija

Oznaka tolerancije oblika i položaja se upisuje u kvadratni okvir. Ako je potrebno, upotrebljava se pravougaonik sastavljen iz više oblasti za upisivanje neophodnih oznaka.



**Slika 5.32.** Oznaka tolerancije oblika i položaja

Za određenu dužinu područja tolerisanog elementa, posle vrijednosti tolerancije dopisuje se dužina područja, na primer 0,1/100.



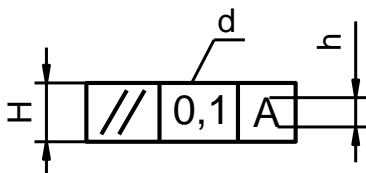
**Slika 5.33.** Oznaka za referentni (polazni) element

Referentni element je onaj geometrijski element koji se prilikom tolerisanja određene površine koristi kao polazna baza u odnosu na koji se tolerišu površine. Elementi koji služe kao polazna baza za funkcionisanje gotovog dijela biraju se za referentne elemente.

Uslov maksimum-materijala dopušta da se neka tolerancija oblika i položaja prekorači za veličinu razlike između mjere tolerancije i mjere maksimum-materijala. Maksimum-materijala je granična mjera koju daje najveća mjera osovine, odnosno najmanja mjera otvora. Shodno tome, minimum materijala daje najmanja mjera osovine, odnosno najveća mjera otvora. Simbol za uslov maksimum-materijala je:



Veličine oznake tolerancije oblika i položaja zavise od debljine linije i date su u tabeli 5.10.



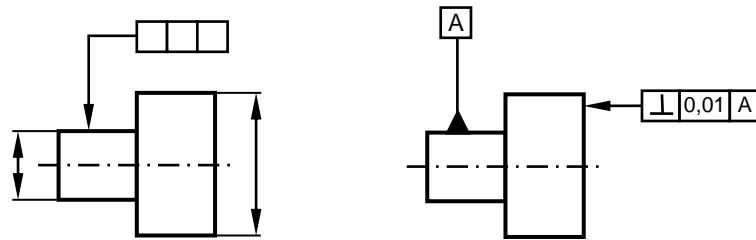
**Slika 5.34.** Mjere oznake tolerancije oblika i položaja

**Tabela 5.11.** Veličine oznake tolerancije oblika i položaja

h	2,5	3,5	5	7	10
H	5	7	10	14	20
d	0,25	0,35	0,5	0,7	1

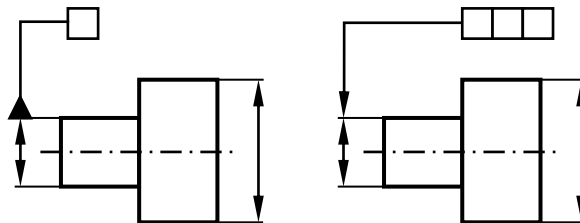
### 5.3.3. Unošenje tolerancija oblika i položaja u crteže

Ako se tolerancija oblika i položaja odnosi na površinu, pokazna i kotna linija su jasno razdvojene (slika 5.35).



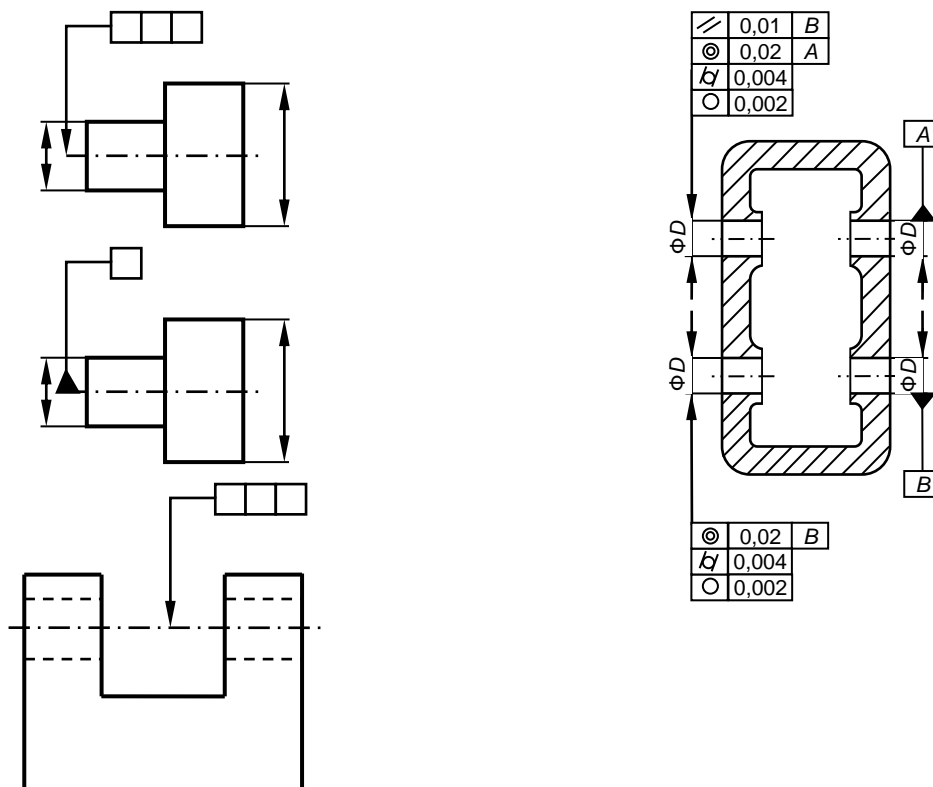
**Slika 5.35.** Tolerancija oblika i položaja se odnosi na površinu

Ako se tolerancija oblika i položaja odnosi na osu dijela, onda su kotna i pokazna linija u istom pravcu (slika 5.36).



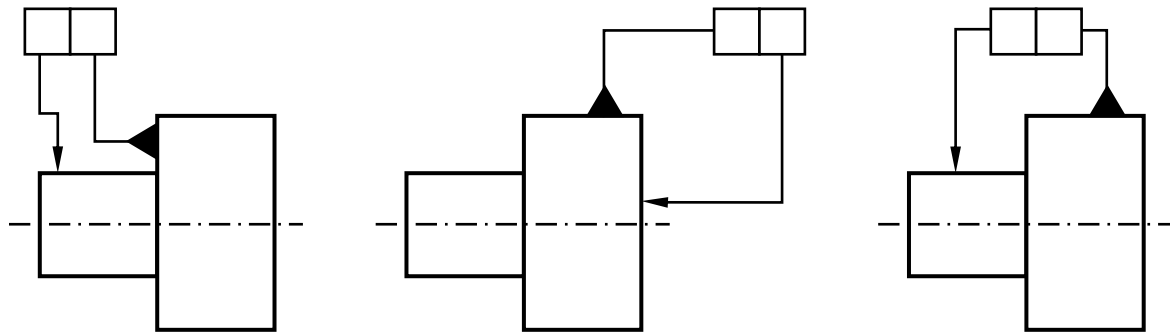
**Slika 5.36.** Tolerancija oblika i položaja se odnosi na osu mašinskog dijela

Ako se tolerancija oblika i položaja odnosi na zajedničku osu dvaju ili više površina, prikazuje se kao na slici 5.37.

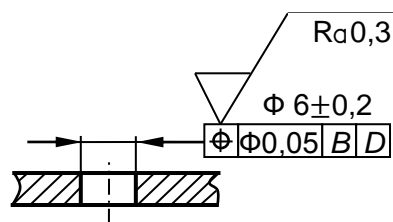


**Slika 5.37.** Tolerancija oblika i položaja se odnosi na zajedničku osu više površina

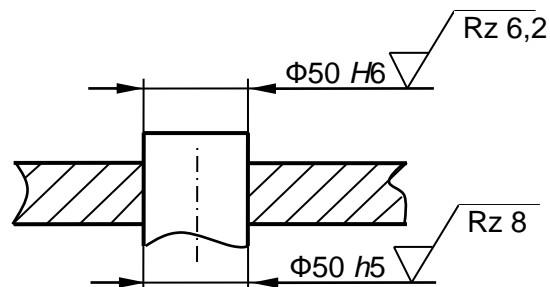
Ukoliko su tolerisana i referentna površina u neposrednoj blizini označavnja mogu biti različita i data su na slici 5.38.



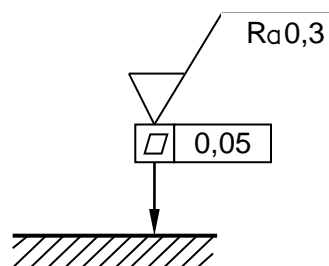
**Slika 5.38.** Tolerisana i referentna površina su u neposrednoj blizini



**Slika 5.39** Prikaz mogućnosti označavanja kvaliteta obrade površine otvora



**Slika 5.40** Postupak označavanje obrade pojedinih površina obrađenih sa različitim kvalitetima



**Slika 5.41.** Označavanja kvaliteta posredstvom geometrijske tolerancije

Neka od pravila kombinovanja osnovnih i dopunskih oznaka pri tolerisanju površina data su u tabeli 5.12.

**Tabela 5.12.** Neka od pravila kombinovanja osnovnih i dopunskih oznaka pri tolerisanju površina

Pravilo	Simbol
Prilikom označavanja oblika crtaju se dva pravougaonika tako da se u jedan unosi simbol, a u drugi brojčana vrijednost	$\bigcirc$ 0,01 $\square$ 0,05
Kod tolerisanja položaja u odnosu na referentnu površinu neophodno je definisati referentnu površinu, simbol i vrijednost tolerancije	$\oplus$ $\Phi$ 0,05   A   B   C $\oplus$ $\Phi$ 0,5   B $\diagup$ 0,1   A $\nearrow$ 0,02   B
Broj otvora piše se brojčano iznad okvira tolerancija	5X $\oplus$ $\Phi$ 0,02
Ukoliko je potrebno označiti više područja tolerancija, oznake se upisuju u kvadratiće jedan ispod drugog	$\oplus$ 0,02 $\bigcirc$ 0,01 $\nearrow$ 0,03   AB $\diagup$ 0,03   A
Kada tolerancija važi samo na određenoj dužini, onda se u kvadratić upisuje tolerancija, kosa crta pa onda dužina na kojoj važi data tolerancija	$\diagup$ 0,1/50   A
Ako za datu toleranciju važi uslov maksimuma materijala prema DIN 2692, onda se u kvadratić unosi i odgovarajuća oznaka	$\oplus$ $\Phi$ 0,2   B $\textcircled{M}$ $\oplus$ $\Phi$ 0,2 $\textcircled{M}$   B $\oplus$ $\Phi$ 0,2 $\textcircled{M}$   B $\textcircled{M}$

U nastavku su date date tebele 5.13 sa vrijednostima tolerancija t, odnosno T zavisno od IT stepena tolerancije prema DIN ISO 286 i tabela **Tabela 5.14.** sa graničnim odstupanjima položaja tolerancijskog polja za spoljašnje mjere, odnosno tabela 5.15 sa graničnim odstupanjima položaja tolerancijskog polja za unutrašnje mejre.

**Tabela 5.13.** Vrijednosti tolerancija  $t$ , odnosno  $T$  zavisno od IT stepena tolerancije prema DIN ISO 286

Nazivne mjere u mm		STEPEN TOLERANCIJE																	
		IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
iznad	do (uključeno)	$\mu\text{m}$									mm								
		0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1	1,4
-	3	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1	1,4
3	6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
6	10	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2
10	18	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
18	30	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
30	50	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5	3,9
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3	4,6
80	120	2,5	4	6	1	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4
120	180	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	6,3
180	250	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2
250	315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1
315	400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9
400	500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4	6,3	9,7
500	630	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7	11
630	800	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0,8	1,12	2	3,2	5	8	12,5
800	1000	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14
1000	1250	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6	10,5	16,5
1250	1600	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5	7,8	12,5	19,5
1600	2000	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23
2000	2500	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28
2500	3150	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33

Tabela 5.14. Granična odstupanja položaja tolerancijskog polja za spoljašnje mjere

Nazivne mjere u mm		TOLERANCIJE u $\mu\text{m}$																		
iznad	do (uključeno)	a9	a10	a11	a12	a13	b8	b9	b10	b11	b12	b13	c8	c9	c10	c11	c12	c13	d5	
-	3	-270 -295	-270 -310	-270 -330	-270 -370	-270 -410	-140 -154	-140 -165	-140 -180	-140 -200	-140 -240	-140 -280	-60 -74	-60 -85	-60 -100	-60 -120	-60 -160	-60 -200	-60 -240	-20 -24
3	6	-270 -300	-270 -318	-270 -345	-270 -390	-270 -450	-140 -158	-140 -170	-140 -188	-140 -215	-140 -260	-140 -320	-70 -88	-70 -100	-70 -118	-70 -145	-70 -190	-70 -250	-70 -350	-30 -35
6	10	-280 -316	-280 -338	-280 -400	-280 -430	-280 -500	-150 -172	-150 -186	-150 -208	-150 -240	-150 -300	-150 -370	-80 -102	-80 -116	-80 -138	-80 -170	-80 -230	-80 -300	-80 -400	-40 -46
10	18	-290 -333	-290 -360	-290 -400	-290 -470	-290 -560	-150 -177	-150 -193	-150 -220	-150 -260	-150 -330	-150 -420	-95 -122	-95 -138	-95 -165	-95 -205	-95 -275	-95 -365	-95 -485	-50 -58
18	30	-300 -352	-300 -384	-300 -430	-300 -510	-300 -630	-160 -193	-160 -212	-160 -244	-160 -290	-160 -370	-160 -490	-110 -143	-110 -162	-110 -194	-110 -240	-110 -320	-110 -440	-110 -600	-65 -74
30	40	-310 -372	-310 -410	-310 -470	-310 -560	-310 -700	-170 -209	-170 -232	-170 -270	-170 -330	-170 -420	-170 -560	-120 -159	-120 -182	-120 -220	-120 -280	-120 -370	-120 -510	-120 -700	-80 -91
40	50	-320 -382	-320 -420	-320 -480	-320 -570	-320 -710	-180 -219	-180 -242	-180 -280	-180 -340	-180 -430	-180 -570	-130 -169	-130 -192	-130 -230	-130 -290	-130 -380	-130 -520	-130 -720	-90 -100
50	65	-340 -414	-340 -460	-340 -530	-340 -640	-340 -800	-190 -236	-190 -264	-190 -310	-190 -380	-190 -490	-190 -650	-140 -186	-140 -214	-140 -260	-140 -330	-140 -440	-140 -600	-140 -830	-100 -113
65	80	-360 -434	-360 -480	-360 -550	-360 -660	-360 -820	-200 -246	-200 -274	-200 -320	-200 -390	-200 -500	-200 -660	-150 -196	-150 -224	-150 -270	-150 -340	-150 -450	-150 -610	-150 -860	-113 -126
80	100	-380 -467	-380 -520	-380 -600	-380 -730	-380 -920	-220 -274	-220 -307	-220 -360	-220 -440	-220 -570	-220 -760	-170 -224	-170 -257	-170 -310	-170 -390	-170 -520	-170 -710	-170 -960	-120 -135
100	120	-410 -497	-410 -550	-410 -630	-410 -760	-410 -950	-240 -294	-240 -327	-240 -380	-240 -460	-240 -590	-240 -780	-180 -234	-180 -267	-180 -330	-180 -400	-180 -530	-180 -720	-180 -970	-135 -150
120	140	-460 -560	-460 -620	-460 -710	-460 -860	-460 -1090	-260 -323	-260 -360	-260 -420	-260 -510	-260 -660	-260 -890	-200 -263	-200 -300	-200 -360	-200 -450	-200 -600	-200 -830	-200 -1100	-145 -163
140	160	-520 -620	-520 -680	-520 -770	-520 -920	-520 -1150	-280 -343	-280 -380	-280 -440	-280 -530	-280 -680	-280 -910	-220 -273	-220 -310	-220 -370	-220 -460	-220 -610	-220 -840	-220 -1100	-163 -180
160	180	-580 -680	-580 -740	-580 -830	-580 -980	-580 -1210	-310 -373	-310 -410	-310 -470	-310 -560	-310 -710	-310 -940	-230 -293	-230 -330	-230 -390	-230 -480	-230 -630	-230 -860	-230 -1120	-180 -200
180	200	-660 -775	-660 -845	-660 -950	-660 -1120	-660 -1380	-340 -412	-340 -455	-340 -525	-340 -630	-340 -800	-340 -1060	-240 -312	-240 -355	-240 -425	-240 -530	-240 -700	-240 -960	-240 -1250	-200 -220
200	225	-740 -855	-740 -925	-740 -1030	-740 -1200	-740 -1460	-380 -452	-380 -495	-380 -565	-380 -670	-380 -840	-380 -1100	-260 -332	-260 -375	-260 -445	-260 -550	-260 -720	-260 -980	-260 -1280	-220 -240
225	250	-820 -935	-820 -1005	-820 -1110	-820 -1280	-820 -1540	-420 -492	-420 -535	-420 -605	-420 -710	-420 -880	-420 -1140	-280 -352	-280 -395	-280 -465	-280 -570	-280 -740	-280 -1000	-280 -1300	-240 -260
250	280	-920 -1050	-920 -1130	-920 -1240	-920 -1440	-920 -1730	-480 -561	-480 -610	-480 -690	-480 -800	-480 -1000	-480 -1290	-300 -381	-300 -430	-300 -510	-300 -620	-300 -820	-300 -1110	-300 -1410	-260 -280
280	315	-1050 -1180	-1050 -1260	-1050 -1370	-1050 -1570	-1050 -1860	-540 -621	-540 -670	-540 -750	-540 -860	-540 -1060	-540 -1350	-330 -411	-330 -460	-330 -540	-330 -650	-330 -850	-330 -1140	-330 -1440	-280 -300
315	355	-1200 -1340	-1200 -1430	-1200 -1560	-1200 -1770	-1200 -2090	-600 -689	-600 -740	-600 -830	-600 -960	-600 -1170	-600 -1490	-360 -449	-360 -500	-360 -590	-360 -720	-360 -930	-360 -1250	-360 -1580	-300 -320
355	400	-1350 -1490	-1350 -1580	-1350 -1710	-1350 -1920	-1350 -2240	-680 -769	-680 -820	-680 -910	-680 -1040	-680 -1250	-680 -1570	-400 -489	-400 -540	-400 -630	-400 -760	-400 -970	-400 -1290	-400 -1620	-320 -340
400	450	-1500 -1655	-1500 -1750	-1500 -1900	-1500 -2130	-1500 -2470	-760 -857	-760 -915	-760 -1010	-760 -1160	-760 -1390	-760 -1730	-440 -537	-440 -595	-440 -690	-440 -840	-440 -1070	-440 -1410	-440 -1750	-340 -360
450	500	-1650 -1805	-1650 -1900	-1650 -2050	-1650 -2280	-1650 -2620	-840 -937	-840 -995	-840 -1090	-840 -1240	-840 -1470	-840 -1810	-480 -577	-480 -635	-480 -730	-480 -880	-480 -1110	-480 -1450	-480 -1790	-360 -380

Nazivne mjere u mm		TOLERANCIJE u $\mu\text{m}$																	
iznad	do (uključeno)	d6	d7	d8	d9	d10	d11	d12	d13	e5	e6	e7	e8	e9	e10	f4	f5	f6	f7
-	3	-20 -26	-20 -30	-20 -34	-20 -45	-20 -60	-20 -80	-20 -120	-20 -160	-14 -18	-14 -20	-14 -24	-14 -28	-14 -39	-14 -54	-6 -9	-6 -10	-6 -12	-6 -16
3	6	-30 -38	-30 -42	-30 -48	-30 -60	-30 -78	-30 -105	-30 -150	-30 -210	-20 -25	-20 -28	-20 -32	-20 -38	-20 -50	-20 -68	-10 -14	-10 -15	-10 -18	-10 -22
6	10	-40 -49	-40 -55	-40 -62	-40 -76	-40 -98	-40 -130	-40 -190	-40 -260	-25 -31	-25 -34	-25 -40	-25 -47	-25 -61	-25 -83	-13 -17	-13 -19	-13 -22	-13 -28
10	18	-50 -61	-50 -68	-50 -77	-50 -93	-50 -120	-50 -160	-50 -230	-50 -320	-32 -40	-32 -43	-32 -50	-32 -59	-32 -75	-32 -102	-16 -21	-16 -24	-16 -27	-16 -34
18	30	-65 -78	-65 -86	-65 -98	-65 -117	-65 -149	-65 -195	-65 -275	-65 -395	-40 -49	-40 -53	-40 -61	-40 -73	-40 -92	-40 -124	-20 -26	-20 -29	-20 -33	-20 -41
30	50	-80 -96	-80 -105	-80 -119	-80 -142	-80 -180	-80 -240	-80 -330	-80 -470	-50 -61	-50 -66	-50 -75	-50 -89	-50 -112	-50 -150	-25 -32	-25 -36	-25 -41	-25 -50
50	80	-100 -119	-100 -130	-100 -146	-100 -174	-100 -220	-100 -290	-100 -400	-100 -560	-60 -73	-60 -79	-60 -90	-60 -106	-60 -134	-60 -180	-30 -38	-30 -43	-30 -49	-30 -60
80	120	-120 -142	-120 -155	-120 -174	-120 -207	-120 -260	-120 -340	-120 -470	-120 -660	-72 -87	-72 -94	-72 -107	-72 -126	-72 -159	-72 -212	-36 -46	-36 -51	-36 -58	-36 -71
120	180	-145 -170	-145 -185	-145 -208	-145 -245	-145 -305	-145 -395	-145 -545	-145 -775	-85 -103	-85 -110	-85 -125	-85 -148	-85 -185	-85 -245	-43 -55	-43 -61	-43 -68	-43 -83
180	250	-170 -199	-170 -216	-170 -242	-170 -285	-170 -355	-170 -460	-170 -630	-170 -890	-100 -120	-100 -129	-100 -146	-100 -172	-100 -215	-100 -285	-50 -64	-50 -70	-50 -79	-50 -96
250	315	-190 -222	-190 -242	-190 -271	-190 -320	-190 -400	-190 -510	-190 -710	-190 -1000	-110 -133	-110 -142	-110 -162	-110 -191	-110 -240	-110 -320	-56 -72	-56 -79	-56 -88	-56 -108
315	400	-210 -246	-210 -267	-210 -299	-210 -350	-210 -440	-210 -570	-210 -780	-210 -1100	-125 -150	-125 -161	-125 -182	-125 -214	-125 -265	-125 -355	-62 -80	-62 -87	-62 -98	-62 -119
400	500	-230 -270	-230 -293	-230 -327	-230 -385	-230 -480	-230 -630	-230 -860	-230 -1200	-135 -162	-135 -175	-135 -198	-135 -232	-135 -290	-135 -385	-68 -88	-68 -95	-68 -108	-68 -131

Nazivne mjere u mm		TOLERANCIJE u $\mu\text{m}$														
iznad	do (uključeno)	f8	f9	f10	f11	g4	g5	g6	g7	g8	g9	g10	g11	h1	h2	h3
-	3	-6 -20	-6 -31	-6 -46	-6 -66	-2 -5	-2 -6	-2 -8	-2 -12	-2 -16	-2 -27	-2 -42	-2 -62	0 -0,8	0 -1,2	0 -2
3	6	-10 -28	-10 -40	-10 -58	-10 -85	-4 -8	-4 -9	-4 -12	-4 -16	-4 -22	-4 -34	-4 -52	-4 -79	0 -1	0 -1,5	0 -2,5
6	10	-13 -35	-13 -49	-13 -71	-13 -103	-5 -9	-5 -11	-5 -14	-5 -20	-5 -27	-5 -41	-5 -63	-5 -95	0 -1	0 -1,5	0 -2,5
10	18	-16 -43	-16 -59	-16 -86	-16 -126	-6 -11	-6 -14	-6 -17	-6 -24	-6 -33	-6 -49	-6 -76	-6 -116	0 -1,2	0 -2	0 -3
18	30	-20 -53	-20 -72	-20 -104	-20 -150	-7 -13	-7 -16	-7 -20	-7 -28	-7 -40	-7 -59	-7 -91	-7 -137	0 -1,5	0 -2,5	0 -4
30	50	-25 -64	-25 -87	-25 -125	-25 -185	-9 -16	-9 -20	-9 -25	-9 -34	-9 -48	-9 -71	-9 -109	-9 -169	0 -1,5	0 -2,5	0 -4
50	80	-30 -76	-30 -104	-30 -150	-30 -220	-10 -18	-10 -23	-10 -29	-10 -40	-10 -56	-10 -84	-10 -130	-10 -200	0 -2	0 -3	0 -5
80	120	-36 -90	-36 -123	-36 -176	-36 -256	-12 -22	-12 -27	-12 -34	-12 -47	-12 -66	-12 -99	-12 -152	-12 -232	0 -2,5	0 -4	0 -6
120	180	-43 -106	-43 -143	-43 -203	-43 -293	-14 -26	-14 -32	-14 -39	-14 -54	-14 -77	-14 -114	-14 -174	-14 -264	0 -3,5	0 -5	0 -8
180	250	-50 -122	-50 -165	-50 -235	-50 -340	-15 -29	-15 -35	-15 -44	-15 -61	-15 -87	-15 -130	-15 -200	-15 -305	0 -4,5	0 -7	0 -10
250	315	-56 -137	-56 -186	-56 -266	-56 -376	-17 -33	-17 -40	-17 -49	-17 -69	-17 -98	-17 -147	-17 -227	-17 -337	0 -6	0 -8	0 -12
315	400	-62 -151	-62 -202	-62 -292	-62 -422	-18 -36	-18 -43	-18 -54	-18 -75	-18 -107	-18 -158	-18 -248	-18 -378	0 -7	0 -9	0 -13
400	500	-68 -165	-68 -223	-68 -318	-68 -468	-20 -40	-20 -47	-20 -60	-20 -83	-20 -117	-20 -175	-20 -270	-20 -420	0 -8	0 -10	0 -15



Nazivne mjere u mm		TOLERANCIJE u $\mu\text{m}$																		
iznad	do (uključeno)	h4	h5	h6	h7	h8	h9	h10	h11	h12	h13	h14	h15	h16	h17	h18	j5	j6	j7	
-	3	0 -3	0 -4	0 -6	0 -10	0 -14	0 -25	0 -40	0 -60	0 -100	0 -140	0 -250	0 -400	0 -600	0 -1000	0 -1400	2 -2	4 -2	6 -4	
3	6	0 -4	0 -5	0 -8	0 -12	0 -18	0 -30	0 -48	0 -75	0 -120	0 -180	0 -300	0 -480	0 -750	0 -1200	0 -1800	3 -2	6 -2	8 -4	
6	10	0 -4	0 -6	0 -9	0 -15	0 -22	0 -36	0 -58	0 -90	0 -150	0 -220	0 -360	0 -580	0 -900	0 -1500	0 -2200	4 -2	7 -2	10 -5	
10	18	0 -5	0 -8	0 -11	0 -18	0 -27	0 -43	0 -70	0 -110	0 -180	0 -270	0 -430	0 -700	0 -1100	0 -1800	0 -2700	5 -3	8 -3	12 -6	
18	30	0 -6	0 -9	0 -13	0 -21	0 -33	0 -52	0 -84	0 -130	0 -210	0 -330	0 -520	0 -840	0 -1300	0 -2100	0 -3300	5 -4	9 -4	13 -8	
30	50	0 -7	0 -11	0 -16	0 -25	0 -39	0 -62	0 -100	0 -160	0 -250	0 -390	0 -620	0 -1000	0 -1600	0 -2500	0 -3900	3 -5	11 -5	15 -10	
50	80	0 -8	0 -13	0 -19	0 -30	0 -46	0 -74	0 -120	0 -190	0 -300	0 -460	0 -740	0 -1200	0 -1900	0 -3000	0 -4600	6 -7	12 -7	18 -12	
80	120	0 -10	0 -15	0 -22	0 -35	0 -54	0 -87	0 -140	0 -220	0 -350	0 -540	0 -870	0 -1400	0 -2200	0 -3500	0 -5400	6 -9	13 -9	20 -15	
120	180	0 -12	0 -18	0 -25	0 -40	0 -63	0 -100	0 -160	0 -250	0 -400	0 -630	0 -1000	0 -1600	0 -2500	0 -4000	0 -6300	7 -11	14 -11	22 -18	
180	250	0 -14	0 -20	0 -29	0 -46	0 -72	0 -115	0 -185	0 -290	0 -460	0 -720	0 -1150	0 -1850	0 -2900	0 -4600	0 -7200	7 -13	16 -13	25 -21	
250	315	0 -16	0 -23	0 -32	0 -52	0 -81	0 -130	0 -210	0 -320	0 -520	0 -810	0 -1300	0 -2100	0 -3200	0 -5200	0 -8100	7 -16	16 -16	26 -26	
315	400	0 -18	0 -25	0 -36	0 -57	0 -89	0 -140	0 -230	0 -360	0 -570	0 -890	0 -1400	0 -2300	0 -3600	0 -5700	0 -8900	7 -18	18 -18	29 -28	
400	500	0 -20	0 -27	0 -40	0 -63	0 -97	0 -155	0 -250	0 -400	0 -630	0 -970	0 -1550	0 -2500	0 -4000	0 -6300	0 -9700	7 -20	20 -20	31 -32	

Nazivne mjere u mm		TOLERANCIJE u $\mu\text{m}$																	
iznad	do (uključeno)	js 1	js 2	js 3	js 4	js 5	js 6	js 7	js 8	js 9	js 10	js 11	js 12	js 13	js 14	js 15	js 16	js 17	js 18
-	3	$\pm 0,4$	$\pm 0,6$	$\pm 1$	$\pm 1,5$	$\pm 2$	$\pm 3$	$\pm 5$	$\pm 7$	$\pm 12,5$	$\pm 20$	$\pm 30$	$\pm 50$	$\pm 70$	$\pm 125$	$\pm 200$	$\pm 300$	$\pm 500$	$\pm 700$
3	6	$\pm 0,5$	$\pm 0,75$	$\pm 1,25$	$\pm 2$	$\pm 2,5$	$\pm 4$	$\pm 6$	$\pm 9$	$\pm 15$	$\pm 24$	$\pm 37,5$	$\pm 60$	$\pm 90$	$\pm 150$	$\pm 240$	$\pm 375$	$\pm 600$	$\pm 900$
6	10	$\pm 0,5$	$\pm 0,75$	$\pm 1,25$	$\pm 2$	$\pm 3$	$\pm 4,5$	$\pm 7,5$	$\pm 11$	$\pm 18$	$\pm 29$	$\pm 45$	$\pm 75$	$\pm 110$	$\pm 180$	$\pm 290$	$\pm 450$	$\pm 750$	$\pm 1100$
10	18	$\pm 0,6$	$\pm 1$	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$	$\pm 4$	$\pm 5,5$	$\pm 9$	$\pm 13,5$	$\pm 21,5$	$\pm 35$	$\pm 55$	$\pm 90$	$\pm 135$	$\pm 215$	$\pm 350$	$\pm 550$	$\pm 900$	$\pm 1350$
18	30	$\pm 0,75$	$\pm 1,25$	$\pm 2$	$\pm 3$	$\pm 4,5$	$\pm 6,5$	$\pm 10,5$	$\pm 16,5$	$\pm 26$	$\pm 42$	$\pm 65$	$\pm 105$	$\pm 165$	$\pm 260$	$\pm 420$	$\pm 650$	$\pm 1050$	$\pm 1650$
30	50	$\pm 0,75$	$\pm 1,25$	$\pm 2$	$\pm 3,5$	$\pm 5,5$	$\pm 8$	$\pm 12,5$	$\pm 19,5$	$\pm 31$	$\pm 50$	$\pm 80$	$\pm 125$	$\pm 195$	$\pm 310$	$\pm 500$	$\pm 800$	$\pm 1250$	$\pm 1950$
50	80	$\pm 1$	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$	$\pm 4$	$\pm 6,5$	$\pm 9,5$	$\pm 15$	$\pm 23$	$\pm 37$	$\pm 60$	$\pm 95$	$\pm 150$	$\pm 230$	$\pm 370$	$\pm 600$	$\pm 950$	$\pm 1500$	$\pm 2300$
80	120	$\pm 1,25$	$\pm 2$	$\pm 3$	$\pm 5$	$\pm 7,5$	$\pm 11$	$\pm 17,5$	$\pm 27$	$\pm 43,5$	$\pm 70$	$\pm 110$	$\pm 175$	$\pm 270$	$\pm 435$	$\pm 700$	$\pm 1100$	$\pm 1750$	$\pm 2700$
120	180	$\pm 1,75$	$\pm 2,5$	$\pm 4$	$\pm 6$	$\pm 9$	$\pm 12,5$	$\pm 20$	$\pm 31,5$	$\pm 50$	$\pm 80$	$\pm 125$	$\pm 200$	$\pm 315$	$\pm 500$	$\pm 800$	$\pm 1250$	$\pm 2000$	$\pm 3150$
180	250	$\pm 2,25$	$\pm 3,5$	$\pm 5$	$\pm 7$	$\pm 10$	$\pm 14,5$	$\pm 23$	$\pm 36$	$\pm 57,5$	$\pm 92,5$	$\pm 145$	$\pm 230$	$\pm 360$	$\pm 575$	$\pm 925$	$\pm 1450$	$\pm 2300$	$\pm 3600$
250	315	$\pm 3$	$\pm 4$	$\pm 6$	$\pm 8$	$\pm 11,5$	$\pm 16$	$\pm 26$	$\pm 40,5$	$\pm 65$	$\pm 105$	$\pm 160$	$\pm 260$	$\pm 405$	$\pm 650$	$\pm 1050$	$\pm 1600$	$\pm 2600$	$\pm 4050$
315	400	$\pm 3,5$	$\pm 4,5$	$\pm 6,5$	$\pm 9$	$\pm 12,5$	$\pm 18$	$\pm 28,5$	$\pm 44,5$	$\pm 70$	$\pm 115$	$\pm 180$	$\pm 285$	$\pm 445$	$\pm 700$	$\pm 1150$	$\pm 1800$	$\pm 2850$	$\pm 4450$
400	500	$\pm 4$	$\pm 5$	$\pm 7,5$	$\pm 10$	$\pm 13,5$	$\pm 20$	$\pm 31,5$	$\pm 48,5$	$\pm 77,5$	$\pm 125$	$\pm 200$	$\pm 315$	$\pm 485$	$\pm 775$	$\pm 1250$	$\pm 2000$	$\pm 3150$	$\pm 4850$

Nazivne mjere u mm		TOLERANCIJE u $\mu\text{m}$																				
iznad	do (uključeno)	k4	k5	k6	k7	k8	k9	k10	k11	m4	m5	m6	m7	n4	n5	n6	n7	p4	p5	p6	p7	p8
-	3	3	4	6	10	14	25	40	60	5	6	8	12	7	8	10	14	9	10	12	16	20
		0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	4	4	4	4	6	6	6	6	6
3	6	5	6	9	13	18	30	48	75	8	9	12	16	12	13	16	20	16	17	20	24	30
		1	1	1	1	1	0	0	0	4	4	4	4	8	8	8	8	12	12	12	12	12
6	10	5	7	10	16	22	36	58	90	10	12	15	21	14	16	19	25	19	21	24	30	37
		1	1	1	1	0	0	0	0	6	6	6	6	10	10	10	10	15	15	15	15	15
10	18	6	9	12	19	27	43	70	110	12	15	18	25	17	20	23	30	23	26	29	36	45
		1	1	1	1	0	0	0	0	7	7	7	7	12	12	12	12	18	18	18	18	18
18	30	8	11	15	23	33	52	84	130	14	17	21	29	21	24	28	36	28	31	35	43	55
		2	2	2	2	0	0	0	0	8	8	8	8	15	15	15	15	22	22	22	22	22
30	50	9	13	18	27	39	62	100	160	16	20	25	34	24	28	33	42	33	37	42	51	65
		2	2	2	2	0	0	0	0	9	9	9	9	17	17	17	17	26	26	26	26	26
50	80	10	15	21	32	46	74	120	190	19	24	30	41	28	33	39	50	40	45	51	62	78
		2	2	2	2	0	0	0	0	11	11	11	11	20	20	20	20	32	32	32	32	32
80	120	13	18	25	38	54	87	140	220	23	28	35	48	33	38	45	58	47	52	59	72	91
		3	3	3	3	0	0	0	0	13	13	13	13	23	23	23	23	37	37	37	37	37
120	180	15	21	28	43	63	100	160	250	27	33	40	55	39	45	52	67	55	61	68	83	106
		3	3	3	3	0	0	0	0	15	15	15	15	27	27	27	27	43	43	43	43	43
180	250	18	24	33	50	72	115	185	290	31	37	46	63	45	51	60	77	64	70	79	96	122
		4	4	4	4	0	0	0	0	17	17	17	17	31	31	31	31	50	50	50	50	50
250	315	20	27	36	56	81	130	210	320	36	43	52	72	50	57	66	86	72	79	88	108	137
		4	4	4	4	0	0	0	0	20	20	20	20	34	34	34	34	56	56	56	56	56
315	400	22	29	40	61	89	140	230	360	39	46	57	78	55	62	73	94	80	87	98	119	151
		4	4	4	4	0	0	0	0	21	21	21	21	37	37	37	37	62	62	62	62	62
400	500	25	32	45	68	97	155	250	400	43	50	63	86	60	67	80	103	88	95	108	131	165
		5	5	5	5	0	0	0	0	23	23	23	23	40	40	40	40	68	68	68	68	68

Nazivne mjere u mm		TOLERANCIJE u $\mu\text{m}$																	
iznad	do (uključeno)	r4	r5	r6	r7	r8	r9	s4	s5	s6	s7	s8	s9	s10	t5	t6	t7	t8	t9
-	3	13	14	16	20	24	35	17	18	20	24	28	39	54					
		10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	14					
3	6	19	20	23	27	33	45	23	24	27	31	37	49	67					
		15	15	15	15	15	15	19	19	19	19	19	19	19					
6	10	23	25	28	34	41	55	27	29	32	38	45	59	81					
		19	19	19	19	19	19	23	23	23	23	23	23	23					
10	18	28	31	34	41	50	66	33	36	39	46	55	71	98					
		23	23	23	23	23	23	28	28	28	28	28	28	28					
18	30	34	37	41	49	61	80	41	44	48	56	68	87	119					
		28	28	28	28	28	28	35	35	35	35	35	35	35					
30	40	41	45	50	59	73	96	50	54	59	68	82	105	143	59	64	73	87	110
		34	34	34	34	34	34	43	43	43	43	43	43	43	48	48	48	48	48
40	50	41	45	50	59	73	96	50	54	59	68	82	105	143	65	70	79	93	116
		34	5434	34	34	34	34	43	43	43	43	43	43	43	54	54	54	54	54
50	65	49	41	41	41	41	41	53	53	53	53	53	53	53	66	66	66	66	66
		41	41	41	41	41	41	59	59	59	59	59	59	59	79	88	94	105	149
65	80	51	56	62	73	89	117	67	72	78	89	105	133	179	88	94	105	121	149
		43	43	43	43	43	43	59	59	59	59	59	59	59	75	75	75	75	75
80	100	61	66	73	86	105	138	81	86	93	106	125	158	211	106	113	126	145	178
		51	51	51	51	51	51	71	71	71	71	71	71	71	91	91	91	91	91
100	120	64	69	76	89	108	141	89	94	101	114	133	166	219	119	126	139	158	191
		54	54	54	54	54	54	79	79	79	79	79	79	79	104	104	104	104	104
120	140	75	81	88	103	126	163	104	110	117	132	155	192	252	140	147	162	185	222
		63	63	63	63	63	63	92	92	92	92	92	92	92	122	122	122	122	122
140	160	77	83	90	105	128	165	112	118	125	140	163	200	260	152	159	174	197	234
		65	65	65	65	65	65	100	100	100	100	100	100	100	134	134	134	134	134
160	180	80	86	93	108	131	168	120	126	133	148	171	208	268	164	171	186	209	246
		68	68	68	68	68	68	108	108	108	108	108	108	108	146	146	146	146	146
180	200	91	97	106	123	149	192	136	142	151	168	194	237	307	186	195	212	238	281
		77	77	77	77	77	77	122	122	122	122	122	122	122	166	166	166	166	166
200	225	94	100	109	126	152	195	144	150	159	176	202	245	315	200	209	226	252	295
		80	80	80	80	80	80	130	130	130	130	130	130	130	180	180	180	180	180
225	250	98	104	113	130	156	199	154	160	169	186	212	255	325	216	225	242	268	311
		84	84	84	84	84	84	140	140	140	140	140	140	140	196	196	196	196	196
250	280	110	117	126	146	175	224	174	181	190	210	239	288	368	241	250	270	299	348
		94	94	94	94	94	94	158	158	158	158	158	158	158	218	218	218	218	218
280	315	114	121	130	150	179	228	186	193	202	222	251	300	380	263	272	292	321	370
		98	98	98	98	98	98	170	170	170	170	170	170	170	240	240	240	240	240
315	355	126	133	144	165	197	248	208	215	226	247	279	330	420	293	304	325	357	408
		108	108	108	108	108	108	190	190	190	190	190	190	190	268	268	268	268	268
355	400	132	139	150	171	203	254	226	233	244	265	297	348	438	319	330	351	383	434
		114	114	114	114	114	114	208	208	208	208	208	208	208	294	294	294	294	294
400	450	146	153	166	189	223	281	252	259	272	295	329	387	482	357	370	393	427	485
		126	126	126	126	126	126	232	232	232	232	232	232	232	330	330	330	330	330
450	500	152	159	172	195	229	287	272	279	292	315	349	407	502	387	400	423	457	515
		132	132	132	132	132	132	252	252	252	252	252	252	252	360	360	360	360	360

Nazivne mjere u mm		TOLERANCIJE u $\mu\text{m}$																		
iznad	do (uključeno)	u5	u6	u7	u8	u9	u10	u11	v5	v6	v7	x5	x6	x7	x8	x9	x10	y6	y7	
-	3	22	24	28	32	43	58	78				24	26	30	34	45	60			
		18	18	18	18	18	18	18				20	20	20	20	20	20	20		
3	6	28	31	35	41	53	71	98				33	36	40	46	58	76			
		23	23	23	23	23	23	23				28	28	28	28	28	28	28		
6	10	34	37	43	50	64	86	118				40	43	49	56	70	92			
		28	28	28	28	28	28	28				34	34	34	34	34	34	34		
10	14	41	44	51	60	76	103	143				48	51	58	67	83	110			
		33	33	33	33	33	33	33				40	40	40	40	40	40	40		
14	18	41	44	51	60	76	103	143	47	50	57	53	56	63	72	88	115			
		33	33	33	33	33	33	33	39	39	39	45	45	45	45	45	45	45		
18	24	50	54	62	74	93	125	171	56	60	68	63	67	75	87	106	138	76	84	
		41	41	41	41	41	41	41	47	47	47	54	54	54	54	54	54	54	63	63
24	30	57	61	69	81	100	132	178	64	68	76	73	77	85	97	116	148	88	96	
		48	48	48	48	48	48	48	55	55	55	64	64	64	64	64	64	64	75	75
30	40	71	76	85	99	122	160	220	79	84	93	91	96	105	119	142	180	110	149	
		60	60	60	60	60	60	60	68	68	68	80	80	80	80	80	80	80	94	94
40	50	81	86	95	109	132	170	230	92	97	106	108	113	122	136	159	197	130	139	
		70	70	70	70	70	70	70	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81
50	65	100	106	117	133	161	207	277	115	121	132	135	141	152	168	196	242	163	174	
		87	87	87	87	87	87	87	102	102	102	122	122	122	122	122	122	122	144	144
65	80	115	121	132	148	176	222	292	133	139	150	159	165	176	192	220	266	193	204	
		102	102	102	102	102	102	102	120	120	120	146	146	146	146	146	146	146	174	174
80	100	139	146	159	178	211	264	344	161	168	181	193	200	213	232	265	318	236	249	
		124	124	124	124	124	124	124	146	146	146	178	178	178	178	178	178	178	214	214
100	120	159	166	179	198	231	284	364	187	194	207	225	232	245	264	297	350	276	289	
		144	144	144	144	144	144	144	172	172	172	210	210	210	210	210	210	210	254	254
120	140	188	195	210	233	270	330	420	220	227	242	266	273	288	311	348	408	325	340	
		170	170	170	170	170	170	170	202	202	202	248	248	248	248	248	248	248	300	300
140	160	208	215	230	253	290	350	440	246	253	268	298	305	320	343	380	440	365	380	
		190	190	190	190	190	190	190	228	228	228	280	280	280	280	280	280	280	340	340
160	180	228	235	250	273	310	370	460	270	277	292	328	335	350	373	410	470	405	420	
		210	210	210	210	210	210	210	252	252	252	310	310	310	310	310	310	310	380	380
180	200	256	265	282	308	351	421	526	304	313	330	370	379	396	422	465	535	454	471	
		236	236	236	236	236	236	236	284	284	284	350	350	350	350	350	350	350	425	425
200	225	278	287	304	330	373	443	548	330	339	356	405	414	431	457	500	570	499	516	
		258	258	258	258	258	258	258	310	310	310	385	385	385	385	385	385	470	470	
225	250	304	313	330	356	399	469	574	360	369	386	445	454	471	497	540	610	549	566	
		284	284	284	284	284	284	284	340	340	340	425	425	425	425	425	425	520	520	
250	280	338	347	367	396	445	525	635	408	417	437	498	507	527	556	605	685	612	632	
		315	315	315	315	315	315	315	385	385	385	475	475	475	475	475	475	580	580	
280	315	373	382	402	431	480	560	670	448	457	477	548	557	577	606	655	735	682	702	
		350	350	350	350	350	350	350	425	425	425	525	525	525	525	525	525	650	650	
315	355	415	426	447	479	530	620	750	500	511	532	615	626	647	679	730	820	766	787	
		390	390	390	390	390	390	390	475	475	475	590	590	590	590	590	590	730	730	
355	400	460	471	492	524	575	665	795	555	566	587	685	696	717	749	800	890	856	877	
		435	435	435	435	435	435	435	530	530	530	660	660	660	660	660	660	820	820	
400	450	517	530	553	587	645	740	890	622	635	658	767	780	803	837	895	990	960	983	
		490	490	490	490	490	490	490	595	595	595	740	740	740	740	740	740	920	920	
450	500	567	580	603	637	695	790	940	687	700	723	847	860	883	917	975	1070	1040	1063	
		540	540	540	540	540	540	540	660	660	660	820	820	820	820	820	820	1000	1000	

Nazivne mjere u mm		TOLERANCIJE u $\mu\text{m}$																			
iznad	do (uključeno)	z6	z7	z8	z9	z10	z11	za7	za8	za9	za10	zb8	zb9	zb10	zb11	zc8	zc9	zc10	zc11		
-	3	32	36	40	51	66	86	42	46	57	72	54	65	80	100	74	85	100	120		
		26	26	26	26	26	26	32	32	32	32	40	40	40	40	60	60	60	60		
3	6	43	47	53	65	83	110	54	60	72	90	68	80	98	125	98	110	128	155		
		35	35	35	35	35	35	42	42	42	42	50	50	50	50	80	80	80	80		
6	10	51	57	64	78	100	132	67	74	88	110	89	103	125	157	119	133	155	187		
		42	42	42	42	42	42	52	52	52	52	67	67	67	67	97	97	97	97		
10	14	61	68	77	93	120	160	82	91	107	134	117	133	160	200	157	173	200	240		
		50	50	50	50	50	50	64	64	64	64	90	90	90	90	130	130	130	130		
14	18	71	78	87	103	130	170	95	104	120	147	135	151	178	218	177	193	220	260		
		60	60	60	60	60	60	77	77	77	77	108	108	108	108	150	150	150	150		
18	24	86	94	106	125	157	203	119	131	150	182	169	188	220	266	221	240	272	318		
		73	73	73	73	73	73	98	98	98	98	136	136	136	136	188	188	188	188		
24	30	101	109	121	140	172	218	139	151	170	202	193	212	244	290	251	270	302	348		
		88	88	88	88	88	88	118	118	118	118	160	160	160	160	218	218	218	218		
30	40	128	137	151	174	212	272	173	187	210	248	239	262	300	360	313	336	374	434		
		112	112	112	112	112	112	148	148	148	148	200	200	200	200	274	274	274	274		
40	50	152	161	175	198	236	296	205	219	242	280	281	304	342	402	364	387	425	485		
		136	136	136	136	136	136	180	180	180	180	242	242	242	242	325	325	325	325		
50	65	191	202	218	246	292	362	256	272	300	346	346	374	420	490	451	479	525	595		
		172	172	172	172	172	172	226	226	226	226	300	300	300	300	405	405	405	405		
65	80	229	240	256	284	330	400	304	320	348	394	406	434	480	550	526	554	600	670		
		210	210	210	210	210	210	274	274	274	274	360	360	360	360	480	480	480	480		
80	100	280	293	312	345	398	478	370	389	422	475	499	532	585	665	639	672	725	805		
		258	258	258	258	258	258	335	335	335	335	445	445	445	445	585	585	585	585		
100	120	332	345	364	397	450	530	435	454	487	540	579	612	665	745	744	777	830	910		
		310	310	310	310	310	310	400	400	400	400	525	525	525	525	690	690	690	690		
120	140	390	405	428	465	525	615	510	533	570	630	683	720	780	870	863	900	960	1050		
		365	365	365	365	365	365	470	470	470	470	620	620	620	620	800	800	800	800		
140	160	440	455	478	515	575	665	575	598	635	695	763	800	860	950	963	1000	1060	1150		
		415	415	415	415	415	415	535	535	535	535	700	700	700	700	900	900	900	900		
160	180	490	505	528	565	625	715	640	663	700	760	843	880	940	1030	1063	1100	1160	1250		
		465	465	465	465	465	465	600	600	600	600	780	780	780	780	1000	1000	1000	1000		
180	200	549	566	592	635	705	810	716	742	785	855	952	995	1065	1170	1222	1265	1335	1440		
		520	520	520	520	520	520	670	670	670	670	880	880	880	880	1150	1150	1150	1150		
200	225	604	621	647	690	760	865	786	812	855	925	1032	1075	1145	1250	1322	1365	1435	1540		
		575	575	575	575	575	575	740	740	740	740	960	960	960	960	1250	1250	1250	1250		
225	250	669	686	712	755	825	930	866	892	935	1005	1122	1165	1235	1340	1422	1465	1535	1640		
		640	640	640	640	640	640	820	820	820	820	1050	1050	1050	1050	1350	1350	1350	1350		
250	280	742	762	791	840	920	1030	972	1001	1050	1130	1281	1330	1410	1520	1631	1680	1760	1870		
		710	710	710	710	710	710	920	920	920	920	1200	1200	1200	1200	1550	1550	1550	1550		
280	315	822	842	871	920	1000	1110	1052	1081	1130	1210	1381	1430	1510	1620	1781	1830	1910	2020		
		790	790	790	790	790	790	1000	1000	1000	1000	1300	1300	1300	1300	1700	1700	1700	1700		
315	355	936	967	989	1040	1130	1260	1207	1239	1290	1380	1589	1640	1730	1860	1989	2040	2130	2260		
		900	900	900	900	900	900	1150	1150	1150	1150	1500	1500	1500	1500	1900	1900	1900	1900		
355	400	1036	1057	1089	1140	1230	1360	1357	1389	1440	1530	1739	1790	1880	2010	2189	2240	2330	2460		
		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1300	1300	1300	1300	1650	1650	1650	1650	2100	2100	2100	2100		
400	450	1140	1163	1197	1255	1350	1500	1513	1547	1605	1700	1947	2005	2100	2250	2497	2555	2650	2800		
		1100	1100	1100	1100	1100	1100	1450	1450	1450	1450	1850	1850	1850	1850	2400	2400	2400	2400		
450	500	1290	1313	1347	1405	1500	1650	1663	1697	1755	1850	2197	2255	2350	2500	2697	2755	2850	3000		
		1250	1250	1250	1250	1250	1250	1600	1600	1600	1600	2100	2100	2100	2100	2600	2600	2600	2600		

Tabela 5.15. Granična odstupanja položaja tolerancijskog polja za unutrašnje meje

Nazivne mjere u mm		TOLERANCIJE u $\mu\text{m}$																
		A9	A10	A11	A12	A13	B8	B9	B10	B11	B12	B13	C8	C9	C10	C11	C12	C13
-	3	295	310	330	370	410	154	165	180	200	240	280	74	85	100	120	160	200
3	6	270	270	270	270	270	140	140	140	140	140	140	60	60	60	60	60	60
6	10	300	318	345	390	450	158	170	188	215	260	320	88	100	118	145	190	250
10	18	270	270	270	270	270	140	140	140	140	140	140	70	70	70	70	70	70
18	30	316	338	370	430	500	172	186	208	240	300	370	102	116	138	170	230	300
30	40	280	280	280	280	280	150	150	150	150	150	150	80	80	80	80	80	80
40	50	333	360	400	470	560	177	193	220	260	330	420	122	138	165	205	275	365
50	65	290	290	290	290	290	150	150	150	150	150	150	95	95	95	95	95	95
65	80	352	384	430	510	630	193	212	244	290	370	490	143	162	194	240	320	440
80	100	300	300	300	300	300	160	160	160	160	160	160	110	110	110	110	110	110
100	120	372	410	470	560	700	209	232	270	330	420	560	159	182	220	280	370	510
120	140	310	310	310	310	310	170	170	170	170	170	170	120	120	120	120	120	120
140	160	382	420	480	570	710	219	242	280	340	430	570	169	192	230	290	380	520
160	180	320	320	320	320	320	180	180	180	180	180	180	130	130	130	130	130	130
180	200	414	460	530	640	800	236	264	310	380	490	650	186	214	260	330	440	600
200	225	340	340	340	340	340	190	190	190	190	190	190	140	140	140	140	140	140
225	250	434	480	550	660	820	246	274	320	390	500	660	196	224	270	340	450	610
250	280	360	360	360	360	360	200	200	200	200	200	200	150	150	150	150	150	150
280	315	467	520	600	730	920	274	307	360	440	570	760	224	257	310	390	520	710
315	355	380	380	380	380	380	220	220	220	220	220	220	170	170	170	170	170	170
355	400	497	550	630	760	950	294	327	380	460	590	780	234	267	320	400	530	720
400	450	410	410	410	410	410	240	240	240	240	240	240	180	180	180	180	180	180
450	500	560	620	710	860	1090	323	360	420	510	660	890	263	300	360	450	600	830
		460	460	460	460	460	260	260	260	260	260	260	200	200	200	200	200	200
		620	680	770	920	1150	343	380	440	530	680	910	273	310	370	460	610	840
		520	520	520	520	520	280	280	280	280	280	280	210	210	210	210	210	210
		680	740	830	980	1210	373	410	470	560	710	940	293	330	390	480	630	860
		580	580	580	580	580	310	310	310	310	310	310	230	230	230	230	230	230
		775	845	950	1120	1380	412	455	525	630	800	1060	312	355	425	530	700	960
		660	660	660	660	660	340	340	340	340	340	340	240	240	240	240	240	240
		855	925	1030	1200	1460	452	495	565	670	840	1100	332	375	445	550	720	980
		740	740	740	740	740	380	380	380	380	380	380	260	260	260	260	260	260
		935	1005	1110	1280	1540	492	535	605	710	880	1140	352	395	465	570	740	1000
		820	820	820	820	820	420	420	420	420	420	420	280	280	280	280	280	280
		1050	1130	1240	1440	1730	561	610	690	800	1000	1290	381	430	510	620	820	1110
		920	920	920	920	920	480	480	480	480	480	480	300	300	300	300	300	300
		1180	1260	1370	1570	1860	621	670	750	860	1060	1350	411	460	540	650	850	1140
		1050	1050	1050	1050	1050	540	540	540	540	540	540	330	330	330	330	330	330
		1340	1430	1560	1770	2090	689	740	830	960	1170	1490	449	500	590	720	930	1250
		1200	1200	1200	1200	1200	600	600	600	600	600	600	360	360	360	360	360	360
		1490	1580	1710	1920	2240	769	820	910	1040	1250	1570	489	540	630	760	970	1290
		1350	1350	1350	1350	1350	680	680	680	680	680	680	400	400	400	400	400	400
		1655	1750	1900	2130	2470	857	915	1010	1160	1390	1730	537	595	690	840	1070	1410
		1500	1500	1500	1500	1500	760	760	760	760	760	760	440	440	440	440	440	440
		1805	1900	2050	2280	2620	937	995	1090	1240	1470	1810	577	635	730	880	1110	1450
		1650	1650	1650	1650	1650	840	840	840	840	840	840	480	480	480	480	480	480

Nazivne mjere u mm		TOLERANCIJE u $\mu\text{m}$																	
iznad	do (uključeno)	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	E5	E6	E7	E8	E9	E10	F4	F5	F6	F7
-	3	26	30	34	45	60	80	120	160	18	20	24	28	39	54	9	10	12	16
		20	20	20	20	20	20	20	20	14	14	14	14	14	14	6	6	6	6
3	6	38	42	48	60	78	105	150	210	25	28	32	38	50	68	14	15	18	22
		30	30	30	30	30	30	30	30	20	20	20	20	20	20	10	10	10	10
6	10	49	55	62	76	98	130	190	260	31	34	40	47	61	83	17	19	22	28
		40	40	40	40	40	40	40	40	25	25	25	25	25	25	13	13	13	13
10	18	61	68	77	93	120	160	230	320	40	43	50	59	75	102	21	24	27	34
		50	50	50	50	50	50	50	50	32	32	32	32	32	32	16	16	16	16
18	30	78	86	98	117	149	195	275	395	49	53	61	73	92	124	26	29	33	41
		65	65	65	65	65	65	65	65	40	40	40	40	40	40	20	20	20	20
30	50	96	105	119	142	180	240	330	470	61	66	75	89	112	150	32	36	41	50
		80	80	80	80	80	80	80	80	50	50	50	50	50	50	25	25	25	25
50	80	119	130	146	174	220	290	400	560	73	79	90	106	134	180	38	43	49	60
		100	100	100	100	100	100	100	100	60	60	60	60	60	60	30	30	30	30
80	120	142	155	174	207	260	340	470	660	87	94	107	126	159	212	46	51	58	71
		120	120	120	120	120	120	120	120	72	72	72	72	72	72	36	36	36	36
120	180	170	185	208	245	305	395	545	775	103	110	125	148	185	245	55	61	68	83
		145	145	145	145	145	145	145	145	85	85	85	85	85	85	43	43	43	43
180	250	199	216	242	285	355	460	630	890	120	129	146	172	215	285	64	70	79	96
		170	170	170	170	170	170	170	170	100	100	100	100	100	100	50	50	50	50
250	315	222	242	271	320	400	510	710	1000	133	142	162	191	240	320	72	79	88	108
		190	190	190	190	190	190	190	190	110	110	110	110	110	110	56	56	56	56
315	400	246	267	299	350	440	570	780	1100	150	161	182	214	265	355	80	87	98	119
		210	210	210	210	210	210	210	210	125	125	125	125	125	125	62	62	62	62
400	500	270	293	327	385	480	630	860	1200	162	175	198	232	290	385	88	95	108	131
		230	230	230	230	230	230	230	230	135	135	135	135	135	135	68	68	68	68



Nazivne mjere u mm		TOLERANCIJE u μm																		
iznad	do (uključeno)	F8	F9	F10	F11	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	H1	H2	H3				
-	3	20	31	46	66	5	6	8	12	16	27	42	62	0,8	1,2	2				
		6	6	6	6	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0				
3	6	28	40	58	85	8	9	12	16	22	34	52	79	1	1,5	2,5				
		10	10	10	10	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0				
6	10	35	49	71	103	9	11	14	20	27	41	63	95	1	1,5	2,5				
		13	13	13	13	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0				
10	18	43	59	86	126	11	14	17	24	33	49	76	116	1,2	2	3				
		16	16	16	16	6	6	6	6	6	6	6	6	0	0	0				
18	30	53	72	104	150	13	16	20	28	40	59	91	137	1,5	2,5	4				
		20	20	20	20	7	7	7	7	7	7	7	7	0	0	0				
30	50	64	87	125	185	16	20	25	34	48	71	109	169	1,5	2,5	4				
		25	25	25	25	9	9	9	9	9	9	9	9	0	0	0				
50	80	76	104	150	220	18	23	29	40	56	84	130	200	2	3	5				
		30	30	30	30	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0				
80	120	90	123	176	256	22	27	34	47	66	99	152	232	2,5	4	6				
		36	36	36	36	12	12	12	12	12	12	12	12	0	0	0				
120	180	106	143	203	293	26	32	39	54	77	114	174	264	3,5	5	8				
		43	43	43	43	14	14	14	14	14	14	14	14	0	0	0				
180	250	122	165	235	340	29	35	44	61	87	130	200	305	4,5	7	10				
		50	50	50	50	15	15	15	15	15	15	15	15	0	0	0				
250	315	137	186	266	376	33	40	49	69	98	147	227	337	6	8	12				
		56	56	56	56	17	17	17	17	17	17	17	17	0	0	0				
315	400	151	202	292	422	36	43	54	75	107	158	248	378	7	9	13				
		62	62	62	62	18	18	18	18	18	18	18	18	0	0	0				
400	500	165	223	318	468	40	47	60	83	117	175	270	420	8	10	15				
		68	68	68	68	20	20	20	20	20	20	20	20	0	0	0				

Nazivne mjere u mm		TOLERANCIJE u $\mu\text{m}$																	
iznad	do (uključeno)	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	J6	J7	J8
-	3	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000	1400	2	4	6
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-4	-6	-8
3	6	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200	1800	5	6	10
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-3	-6	-8
6	10	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500	2200	5	8	12
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-4	-7	-10
10	18	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800	2700	5	6	15
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-5	-8	-12
18	30	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100	3300	8	12	20
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-5	-9	-13
30	50	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500	3900	10	14	24
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-6	-11	-15
50	80	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000	4600	13	18	28
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-6	-12	-18
80	120	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	5400	16	22	34
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-6	-13	-20
120	180	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300	18	26	41
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-7	-14	-22
180	250	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600	7200	22	30	47
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-7	-16	-25
250	315	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200	8100	26	35	55
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-7	-16	-26
315	400	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700	8900	29	39	60
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-7	-18	-29
400	500	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300	9700	33	43	66
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-7	-20	-31

Nazivne mjere u mm		TOLERANCIJE u $\mu\text{m}$																	
		JS1	JS2	JS3	JS4	JS5	JS6	JS7	JS8	JS9	JS10	JS11	JS12	JS13	JS14	JS15	JS16	JS17	JS18
iznad	do (uključeno)																		
-	3	$\pm 0,4$	$\pm 0,6$	$\pm 1$	$\pm 1,5$	$\pm 2$	$\pm 3$	$\pm 5$	$\pm 7$	$\pm 12,5$	$\pm 20$	$\pm 30$	$\pm 50$	$\pm 70$	$\pm 125$	$\pm 200$	$\pm 300$	$\pm 500$	$\pm 700$
3	6	$\pm 0,5$	$\pm 0,75$	$\pm 1,25$	$\pm 2$	$\pm 2,5$	$\pm 4$	$\pm 6$	$\pm 9$	$\pm 15$	$\pm 24$	$\pm 37,5$	$\pm 60$	$\pm 90$	$\pm 150$	$\pm 240$	$\pm 375$	$\pm 600$	$\pm 900$
6	10	$\pm 0,5$	$\pm 0,75$	$\pm 1,25$	$\pm 2$	$\pm 3$	$\pm 4,5$	$\pm 7,5$	$\pm 11$	$\pm 18$	$\pm 29$	$\pm 45$	$\pm 75$	$\pm 110$	$\pm 180$	$\pm 290$	$\pm 450$	$\pm 750$	$\pm 1100$
10	18	$\pm 0,6$	$\pm 1$	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$	$\pm 4$	$\pm 5,5$	$\pm 9$	$\pm 13,5$	$\pm 21,5$	$\pm 35$	$\pm 55$	$\pm 90$	$\pm 135$	$\pm 215$	$\pm 350$	$\pm 550$	$\pm 900$	$\pm 1350$
18	30	$\pm 0,75$	$\pm 1,25$	$\pm 2$	$\pm 3$	$\pm 4,5$	$\pm 6,5$	$\pm 10,5$	$\pm 16,5$	$\pm 26$	$\pm 42$	$\pm 65$	$\pm 105$	$\pm 165$	$\pm 260$	$\pm 420$	$\pm 650$	$\pm 1050$	$\pm 1650$
30	50	$\pm 0,75$	$\pm 1,25$	$\pm 2$	$\pm 3,5$	$\pm 5,5$	$\pm 8$	$\pm 12,5$	$\pm 19,5$	$\pm 31$	$\pm 50$	$\pm 80$	$\pm 125$	$\pm 195$	$\pm 310$	$\pm 500$	$\pm 800$	$\pm 1250$	$\pm 1950$
50	80	$\pm 1$	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$	$\pm 4$	$\pm 6,5$	$\pm 9,5$	$\pm 15$	$\pm 23$	$\pm 37$	$\pm 60$	$\pm 95$	$\pm 150$	$\pm 230$	$\pm 370$	$\pm 600$	$\pm 950$	$\pm 1500$	$\pm 2300$
80	120	$\pm 1,25$	$\pm 2$	$\pm 3$	$\pm 5$	$\pm 7,5$	$\pm 11$	$\pm 17,5$	$\pm 27$	$\pm 43,5$	$\pm 70$	$\pm 110$	$\pm 175$	$\pm 270$	$\pm 435$	$\pm 700$	$\pm 1100$	$\pm 1750$	$\pm 2700$
120	180	$\pm 1,75$	$\pm 2,5$	$\pm 4$	$\pm 6$	$\pm 9$	$\pm 12,5$	$\pm 20$	$\pm 31,5$	$\pm 50$	$\pm 80$	$\pm 125$	$\pm 200$	$\pm 315$	$\pm 500$	$\pm 800$	$\pm 1250$	$\pm 2000$	$\pm 3150$
180	250	$\pm 2,25$	$\pm 3,5$	$\pm 5$	$\pm 7$	$\pm 10$	$\pm 14,5$	$\pm 23$	$\pm 36$	$\pm 57,5$	$\pm 92,5$	$\pm 145$	$\pm 230$	$\pm 360$	$\pm 575$	$\pm 925$	$\pm 1450$	$\pm 2300$	$\pm 3600$
250	315	$\pm 3$	$\pm 4$	$\pm 6$	$\pm 8$	$\pm 11,5$	$\pm 16$	$\pm 26$	$\pm 40,5$	$\pm 65$	$\pm 105$	$\pm 160$	$\pm 260$	$\pm 405$	$\pm 650$	$\pm 1050$	$\pm 1600$	$\pm 2600$	$\pm 4050$
315	400	$\pm 3,5$	$\pm 4,5$	$\pm 6,5$	$\pm 9$	$\pm 12,5$	$\pm 18$	$\pm 28,5$	$\pm 44,5$	$\pm 70$	$\pm 115$	$\pm 180$	$\pm 285$	$\pm 445$	$\pm 700$	$\pm 1150$	$\pm 1800$	$\pm 2850$	$\pm 4450$
400	500	$\pm 4$	$\pm 5$	$\pm 7,5$	$\pm 10$	$\pm 13,5$	$\pm 20$	$\pm 31,5$	$\pm 48,5$	$\pm 77,5$	$\pm 125$	$\pm 200$	$\pm 315$	$\pm 485$	$\pm 775$	$\pm 1250$	$\pm 2000$	$\pm 3150$	$\pm 4850$

Nazivne mjere u mm		TOLERANCIJE u $\mu\text{m}$																				
iznad	do (uključeno)	K5	K6	K7	K8	M5	M6	M7	M8	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	P4	P5	P6	P7	P8	P9
-	3	0	0	0	0	-2	-2	-2	-2	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-6	-6	-6	-6	-6	-6
3	6	0	2	3	5	-3	-1	0	2	-7	-5	-4	-2	0	0	0	-10,5	-11	-9	-8	-12	-12
6	10	1	2	5	6	-4	-3	0	1	-8	-7	-4	-3	0	0	0	-13,5	-13	-12	-9	-15	-15
10	18	2	2	6	8	-4	-4	0	2	-9	-9	-5	-3	0	0	0	-16	-15	-15	-11	-18	-18
18	30	1	2	6	10	-5	-4	0	4	-12	-11	-7	-3	0	0	0	-20	-19	-18	-29	-45	-61
30	50	2	3	7	12	-5	-4	0	5	-13	-12	-8	-3	0	0	0	-23	-22	-21	-35	-55	-74
50	80	3	4	9	14	-6	-5	-0	5	-15	-14	-9	-4	0	0	0	-29	-27	-26	-42	-65	-88
80	120	2	4	10	16	-8	-6	0	6	-18	-16	-10	-4	0	0	0	-33	-32	-30	-51	-78	-106
120	180	3	4	12	20	-9	-8	0	8	-21	-20	-12	-4	0	0	0	-39	-37	-36	-59	-91	-124
180	250	2	5	13	22	-11	-8	0	9	-25	-22	-14	-5	0	0	0	-46	-44	-41	-68	-108	-143
250	315	3	5	16	25	-13	-9	0	9	-27	-25	-14	-5	0	0	0	-52	-49	-47	-88	-137	-186
315	400	3	7	17	28	-14	-10	0	11	-30	-26	-16	-5	0	0	0	-57	-55	-51	-98	-151	-202
400	500	2	8	18	29	-16	-10	0	11	-33	-27	-17	-6	0	0	0	-63	-61	-55	-108	-165	-223

Nazivne mjere u mm		TOLERANCIJE u μm																	
iznad	do (uključeno)	R5	R6	R7	R8	R9	S5	S6	S7	S8	S9	S10	T6	T7	T8	T9	U6	U7	U8
-	3	-10	-10	-10	-10	-10	-14	-14	-14	-14	-14	-14	-37	-33	-41	-41	-44	-44	-48
		-14	-16	-20	-24	-35	-18	-20	-24	-28	-39	-54	-50	-54	-54	-74	-57	-61	-81
3	6	-14	-12	-11	-15	-15	-18	-16	-15	-19	-19	-19	-43	-39	-48	-48	-55	-51	-60
		-19	-20	-23	-33	-45	-23	-24	-27	-37	-49	-67	-59	-64	-87	-110	-71	-76	-99
6	10	-17	-16	-13	-19	-19	-21	-20	-17	-23	-23	-23	-49	-45	-54	-54	-65	-61	-70
		-23	-25	-28	-41	-55	-27	-29	-32	-45	-59	-81	-65	-70	-93	-116	-81	-86	-109
10	18	-20	-20	-18	-23	-23	-25	-25	-21	-28	-28	-28	-66	-55	-66	-66	-81	-76	-87
		-28	-31	-34	-50	-66	-33	-36	-39	-55	-71	-98	-79	-88	-112	-140	-100	-106	-133
18	24	-25	-24	-20	-28	-28	-32	-31	-27	-35	-35	-35	-85	-75	-85	-85	-96	-91	-102
		-34	-37	-41	-61	-80	-41	-44	-48	-68	-87	-119	-99	-106	-113	-145	-139	-146	-178
24	30	-25	-24	-20	-28	-28	-32	-31	-27	-35	-35	-35	-85	-75	-85	-85	-96	-91	-102
		-34	-37	-41	-61	-80	-41	-44	-48	-68	-87	-119	-99	-106	-113	-145	-139	-146	-178
30	40	-30	-29	-25	-34	-34	-39	-38	-34	-43	-43	-43	-99	-88	-99	-99	-100	-106	-133
		-41	-45	-50	-73	-96	-50	-54	-59	-82	-105	-143	-119	-127	-159	-191	-159	-166	-200
40	50	-30	-29	-25	-34	-34	-39	-38	-34	-43	-43	-43	-99	-88	-99	-99	-100	-106	-133
		-41	-45	-50	-73	-96	-50	-54	-59	-82	-105	-143	-119	-127	-159	-191	-159	-166	-200
50	65	-36	-35	-30	-41	-41	-48	-47	-42	-53	-53	-53	-127	-113	-127	-127	-133	-141	-171
		-49	-54	-60	-87	-115	-61	-66	-72	-99	-127	-173	-143	-151	-171	-211	-166	-179	-219
65	80	-38	-37	-32	-43	-43	-54	-53	-48	-59	-59	-59	-127	-113	-127	-127	-133	-141	-171
		-49	-54	-60	-87	-115	-61	-66	-72	-99	-127	-173	-143	-151	-171	-211	-166	-179	-219
80	100	-46	-44	-38	-51	-51	-66	-64	-58	-71	-71	-71	-127	-113	-127	-127	-133	-141	-171
		-61	-66	-73	-105	-138	-81	-86	-93	-125	-158	-211	-166	-179	-219	-268	-208	-228	-273
100	120	-49	-47	-41	-54	-54	-74	-72	-66	-79	-79	-79	-127	-113	-127	-127	-133	-141	-171
		-64	-69	-76	-108	-141	-89	-94	-101	-133	-166	-219	-166	-179	-219	-268	-208	-228	-273
120	140	-57	-56	-48	-63	-63	-86	-85	-77	-92	-92	-92	-127	-113	-127	-127	-133	-141	-171
		-75	-81	-88	-126	-163	-104	-110	-117	-155	-192	-252	-166	-179	-219	-268	-208	-228	-273
140	160	-59	-58	-50	-65	-65	-94	-93	-85	-100	-100	-100	-127	-113	-127	-127	-133	-141	-171
		-77	-83	-90	-128	-165	-112	-118	-125	-163	-200	-260	-166	-179	-219	-268	-208	-228	-273
160	180	-62	-61	-53	-68	-68	-102	-101	-93	-108	-108	-108	-127	-113	-127	-127	-133	-141	-171
		-80	-86	-93	-131	-168	-120	-126	-133	-171	-208	-268	-166	-179	-219	-268	-208	-228	-273
180	200	-71	-68	-60	-77	-77	-116	-113	-105	-122	-122	-122	-157	-149	-166	-166	-179	-208	-256
		-91	-97	-106	-149	-192	-136	-142	-151	-194	-237	-307	-186	-195	-238	-281	-256	-265	-308
200	225	-74	-71	-63	-80	-80	-124	-121	-113	-130	-130	-130	-171	-163	-180	-180	-249	-241	-258
		-94	-100	-109	-152	-195	-144	-150	-159	-202	-245	-315	-186	-209	-252	-295	-278	-287	-330
225	250	-78	-75	-67	-84	-84	-134	-131	-123	-140	-140	-140	-187	-179	-196	-196	-275	-267	-284
		-98	-104	-113	-156	-199	-154	-160	-169	-212	-255	-325	-216	-225	-268	-311	-304	-313	-356
250	280	-87	-85	-74	-94	-94	-151	-149	-138	-158	-158	-158	-209	-198	-218	-218	-306	-295	-315
		-110	-117	-126	-175	-224	-174	-181	-190	-239	-288	-368	-241	-250	-299	-348	-338	-347	-396
280	315	-91	-89	-78	-98	-98	-163	-161	-150	-170	-170	-170	-231	-220	-240	-240	-341	-330	-350
		-114	-121	-130	-179	-228	-186	-193	-202	-251	-300	-380	-263	-272	-321	-370	-373	-382	-431
315	355	-101	-97	-87	-108	-108	-183	-179	-169	-190	-190	-190	-257	-247	-268	-268	-379	-369	-390
		-126	-133	-144	-197	-248	-208	-215	-226	-279	-330	-420	-293	-304	-357	-408	-415	-426	-479
355	400	-107	-103	-93	-114	-114	-201	-197	-187	-208	-208	-208	-283	-273	-294	-294	-424	-414	-435
		-132	-139	-150	-203	-254	-226	-233	-244	-297	-330	-438	-319	-330	-383	-434	-440	-451	-524
400	450	-119	-113	-103	-126	-126	-225	-219	-209	-232	-232	-232	-317	-307	-330	-330	-477	-467	-490
		-146	-153	-166	-223	-281	-252	-259	-272	-329	-387	-482	-357	-370	-427	-485	-517	-530	-607
450	500	-125	-119	-109	-132	-132	-245	-239	-229	-252	-252	-252	-347	-337	-360	-360	-527	-517	-540
		-152	-159	-172	-229	-287	-272	-279	-292	-349	-407	-502	-387	-400	-457	-515	-567	-580	-637

Nazivne mjere u mm		TOLERANCIJE u $\mu\text{m}$																	
iznad	do (uključeno)	U9	U10	U11	V6	V7	V8	V9	V10	X6	X7	X8	X9	X10	X11	Y6	Y7	Z7	Z8
-	3	-18 -43	-18 -58	-18 -78						-20 -26	-20 -30	-20 -34	-20 -45	-20 -60	-20 -80			-26 -36	-26 -40
3	6	-23 -53	-23 -71	-23 -98						-25 -33	-24 -36	-28 -46	-28 -58	-28 -76	-28 -103			-31 -43	-35 -53
6	10	-28 -64	-28 -86	-28 -118						-31 -40	-28 -43	-34 -56	-34 -70	-34 -92	-34 -124			-36 -51	-42 -64
10	14	-33 -76	-33 -103	-33 -143						-37 -48	-33 -51	-40 -67	-40 -83	-40 -110	-40 -150			-43 -61	-50 -77
14	18	-33 -76	-33 -103	-33 -143	-36 -47	-32 -50	-39 -66	-39 -82	-39 -109	-42 -53	-38 -56	-45 -72	-45 -88	-45 -115	-45 -155			-53 -71	-60 -87
18	24	-41 -93	-41 -125	-41 -171	-43 -56	-39 -60	-47 -80	-47 -99	-47 -131	-50 -63	-46 -67	-54 -87	-54 -106	-54 -138	-54 -184	-59 -72	-55 -76	-65 -86	-73 -106
24	30	-48 -100	-48 -132	-48 -178	-51 -64	-47 -68	-55 -88	-55 -107	-55 -139	-60 -73	-56 -77	-64 -97	-64 -116	-64 -148	-64 -194	-71 -84	-67 -88	-80 -101	-88 -121
30	40	-60 -122	-60 -160	-60 -220	-63 -79	-59 -84	-68 -107	-68 -130	-68 -168	-75 -92	-71 -96	-80 -119	-80 -142	-80 -180	-80 -240	-89 -105	-89 -110	-103 -128	-112 -151
40	50	-70 -132	-70 -170	-70 -230	-76 -92	-72 -97	-81 -120	-81 -143	-81 -181	-91 -108	-88 -113	-97 -136	-97 -159	-97 -197	-97 -257	-109 -125	-105 -130	-127 -152	-136 -175
50	65	-87 -161	-87 -207	-87 -277	-96 -115	-91 -121	-102 -148	-102 -176	-102 -222	-116 -135	-111 -141	-122 -168	-122 -196	-122 -242	-122 -312	-138 -157	-133 -163	-161 -191	-172 -218
65	80	-102 -176	-102 -222	-102 -292	-114 -133	-109 -139	-120 -166	-120 -194	-120 -240	-140 -159	-135 -165	-146 -192	-146 -220	-146 -266	-146 -336	-168 -187	-163 -193	-199 -229	-210 -256
80	100	-124 -211	-124 -264	-124 -344	-139 -161	-133 -168	-146 -200	-146 -233	-146 -286	-171 -193	-165 -200	-178 -232	-178 -265	-178 -318	-178 -398	-207 -229	-201 -236	-245 -280	-258 -312
100	120	-144 -231	-144 -284	-144 -364	-165 -187	-159 -194	-172 -226	-172 -259	-172 -312	-203 -225	-197 -233	-210 -264	-210 -297	-210 -350	-210 -430	-247 -269	-241 -276	-297 -332	-310 -364
120	140	-170 -270	-170 -330	-170 -420	-195 -220	-187 -227	-202 -265	-202 -302	-202 -362	-241 -266	-233 -273	-248 -311	-248 -348	-248 -408	-248 -498	-293 -318	-285 -325	-350 -390	-365 -428
140	160	-190 -290	-190 -350	-190 -440	-221 -246	-213 -253	-228 -291	-228 -328	-228 -388	-273 -298	-265 -305	-280 -343	-280 -380	-280 -440	-280 -530	-333 -358	-325 -365	-400 -440	-415 -478
160	180	-210 -310	-210 -370	-210 -460	-245 -270	-237 -277	-252 -315	-252 -352	-252 -412	-303 -328	-295 -335	-310 -373	-310 -410	-310 -470	-310 -560	-373 -398	-365 -405	-450 -490	-465 -528
180	200	-236 -351	-236 -421	-236 -526	-275 -304	-267 -313	-284 -356	-284 -399	-284 -469	-331 -360	-323 -369	-340 -412	-340 -455	-340 -525	-340 -630	-416 -445	-408 -454	-503 -549	-520 -592
200	225	-258 -373	-258 -443	-258 -548	-301 -330	-293 -339	-310 -382	-310 -425	-310 -495	-376 -405	-368 -414	-385 -457	-385 -500	-385 -570	-385 -675	-461 -490	-453 -499	-558 -604	-575 -647
225	250	-284 -399	-284 -469	-284 -574	-331 -360	-323 -369	-340 -412	-340 -455	-340 -525	-416 -445	-408 -454	-425 -497	-425 -540	-425 -610	-425 -715	-511 -540	-503 -669	-623 -669	-640 -712
250	280	-315 -445	-315 -525	-315 -635	-376 -408	-365 -417	-385 -466	-385 -515	-385 -595	-466 -498	-455 -507	-475 -556	-475 -605	-475 -685	-475 -795	-571 -603	-560 -612	-690 -742	-710 -791
280	315	-350 -480	-350 -560	-350 -670	-416 -448	-405 -457	-425 -506	-425 -555	-425 -635	-516 -548	-505 -557	-525 -606	-525 -655	-525 -735	-525 -845	-641 -673	-630 -682	-770 -822	-790 -871
315	355	-390 -530	-390 -620	-390 -750	-464 -500	-454 -511	-475 -564	-475 -615	-475 -705	-579 -615	-569 -626	-590 -679	-590 -730	-590 -820	-590 -950	-719 -755	-709 -766	-879 -936	-900 -989
355	400	-435 -575	-435 -665	-435 -795	-519 -555	-509 -566	-530 -619	-530 -670	-530 -760	-649 -685	-639 -696	-660 -749	-660 -800	-660 -890	-660 -1020	-809 -845	-799 -856	-979 -1036	-1000 -1089
400	450	-490 -645	-490 -740	-490 -890	-582 -622	-572 -635	-595 -692	-595 -750	-595 -845	-727 -767	-717 -780	-740 -837	-740 -895	-740 -990	-740 -1140	-907 -947	-897 -960	-1077 -1140	-1100 -1197
450	500	-540 -695	-540 -790	-540 -940	-647 -687	-637 -700	-660 -757	-660 -815	-660 -910	-807 -847	-797 -860	-820 -917	-820 -975	-820 -1070	-820 -1220	-987 -1027	-977 -1040	-1227 -1290	-1250 -1347

Nazivne mjere u mm		TOLERANCIJE u μm																		
iznad	do (uključeno)	Z9	Z10	Z11	ZA7	ZA8	ZA9	ZA10	ZA11	ZB7	ZB8	ZB9	ZB10	ZB11	ZC7	ZC8	ZC9	ZC10	ZC11	
-	3	-26 -51	-26 -66	-26 -86	-32 -42	-32 -46	-32 -57	-32 -72	-32 -92	-40 -50	-40 -54	-40 -65	-40 -80	-40 -100	-60 -70	-60 -74	-60 -85	-60 -100	-60 -120	
3	6	-35 -65	-35 -83	-35 -110	-38 -50	-40 -60	-42 -72	-42 -90	-42 -117	-46 -58	-50 -68	-50 -80	-50 -98	-50 -125	-76 -88	-80 -98	-80 -110	-80 -128	-80 -155	
6	10	-42 -78	-42 -100	-42 -132	-46 -61	-52 -74	-52 -88	-52 -110	-52 -142	-61 -76	-67 -89	-67 -103	-67 -125	-67 -157	-91 -106	-97 -119	-97 -133	-97 -155	-97 -187	
10	14	-50 -93	-50 -120	-50 -160	-57 -75	-64 -91	-64 -107	-64 -134	-64 -174	-83 -101	-90 -117	-90 -133	-90 -160	-90 -200	-123 -141	-130 -157	-130 -173	-130 -200	-130 -240	
14	18	-60 -103	-60 -130	-60 -170	-70 -88	-77 -104	-77 -120	-77 -147	-77 -187	-101 -119	-108 -135	-108 -151	-108 -178	-108 -218	-143 -161	-150 -177	-150 -193	-150 -220	-150 -260	
18	24	-73 -125	-73 -157	-73 -203	-90 -111	-98 -131	-98 -150	-98 -182	-98 -228	-128 -149	-136 -169	-136 -188	-136 -220	-136 -266	-180 -201	-188 -221	-188 -240	-188 -272	-188 -318	
24	30	-88 -140	-88 -172	-88 -218	-110 -131	-118 -151	-118 -170	-118 -202	-118 -248	-152 -173	-160 -193	-160 -212	-160 -244	-160 -290	-210 -231	-218 -251	-218 -270	-218 -302	-218 -348	
30	40	-112 -174	-112 -212	-112 -272	-139 -164	-148 -187	-148 -210	-148 -248	-148 -308	-191 -216	-200 -239	-200 -262	-200 -300	-200 -360	-265 -290	-274 -313	-274 -336	-274 -374	-274 -434	
40	50	-136 -198	-136 -236	-136 -296	-171 -196	-180 -219	-180 -242	-180 -280	-180 -340	-233 -258	-242 -281	-242 -304	-242 -342	-242 -402	-316 -341	-325 -364	-325 -387	-325 -425	-325 -485	
50	65	-172 -246	-172 -292	-172 -362	-215 -245	-226 -272	-226 -300	-226 -346	-226 -416	-289 -319	-300 -346	-300 -374	-300 -420	-300 -490	-394 -424	-405 -442	-405 -479	-405 -525	-405 -595	
65	80	-210 -284	-210 -330	-210 -400	-263 -293	-274 -320	-274 -348	-274 -394	-274 -464	-349 -379	-360 -406	-360 -434	-360 -480	-360 -550	-479 -509	-490 -536	-490 -564	-490 -610	-490 -680	
80	100	-258 -345	-258 -398	-258 -478	-322 -357	-335 -389	-335 -422	-335 -475	-335 -555	-432 -467	-445 -499	-445 -532	-445 -585	-445 -665	-572 -602	-585 -639	-585 -672	-585 -725	-585 -805	
100	120	-310 -397	-310 -450	-310 -530	-387 -422	-400 -454	-400 -487	-400 -540	-400 -620	-512 -547	-525 -579	-525 -612	-525 -665	-525 -745	-677 -712	-690 -744	-690 -777	-690 -830	-690 -910	
120	140	-365 -465	-365 -525	-365 -615	-455 -495	-470 -533	-470 -570	-470 -630	-470 -720	-605 -645	-620 -683	-620 -720	-620 -780	-620 -870	-785 -825	-800 -863	-800 -900	-800 -960	-800 -1050	
140	160	-415 -515	-415 -575	-415 -665	-520 -560	-535 -598	-535 -635	-535 -695	-535 -785	-685 -725	-700 -763	-700 -800	-700 -860	-700 -950	-885 -925	-900 -963	-900 -1000	-900 -1060	-900 -1150	
160	180	-465 -565	-465 -625	-465 -715	-585 -625	-600 -663	-600 -700	-600 -760	-600 -850	-765 -805	-780 -843	-780 -880	-780 -940	-780 -1030	-985 -1025	-1000 -1063	-1000 -1100	-1000 -1160	-1000 -1250	
180	200	-520 -635	-520 -705	-520 -810	-653 -699	-670 -742	-670 -785	-670 -855	-670 -960	-863 -909	-880 -952	-880 -995	-880 -1065	-880 -1170	-1133 -1179	-1150 -1222	-1150 -1265	-1150 -1335	-1150 -1440	
200	225	-575 -690	-575 -760	-575 -865	-723 -769	-740 -812	-740 -855	-740 -925	-740 -1030	-943 -989	-960 -1032	-960 -1075	-960 -1145	-960 -1250	-1233 -1279	-1250 -1322	-1250 -1365	-1250 -1435	-1250 -1540	
225	250	-640 -755	-640 -825	-640 -930	-803 -849	-820 -892	-820 -935	-820 -1005	-820 -1110	-1033 -1079	-1050 -1122	-1050 -1165	-1050 -1235	-1050 -1340	-1333 -1379	-1350 -1422	-1350 -1465	-1350 -1535	-1350 -1640	
250	280	-710 -840	-710 -920	-710 -1030	-900 -952	-920 -1001	-920 -1050	-920 -1130	-920 -1240	-1180 -1232	-1200 -1281	-1200 -1330	-1200 -1410	-1200 -1520	-1570 -1582	-1550 -1631	-1550 -1680	-1550 -1760	-1550 -1870	
280	315	-790 -920	-790 -1000	-790 -1110	-980 -1032	-1000 -1081	-1000 -1130	-1000 -1210	-1000 -1320	-1280 -1332	-1300 -1381	-1300 -1430	-1300 -1510	-1300 -1620	-1680 -1732	-1700 -1781	-1700 -1830	-1700 -1910	-1700 -2020	
315	355	-900 -1040	-900 -1130	-900 -1260	-1129 -1186	-1150 -1239	-1150 -1290	-1150 -1380	-1150 -1510	-1479 -1536	-1500 -1589	-1500 -1640	-1500 -1730	-1500 -1860	-1879 -1936	-1900 -1989	-1900 -2040	-1900 -2130	-1900 -2260	
355	400	-1000 -1140	-1000 -1230	-1000 -1360	-1279 -1336	-1300 -1389	-1300 -1440	-1300 -1530	-1300 -1660	-1629 -1686	-1650 -1739	-1650 -1790	-1650 -1880	-1650 -2010	-2079 -2136	-2100 -2189	-2100 -2240	-2100 -2330	-2100 -2460	
400	450	-1100 -1255	-1100 -1350	-1100 -1500	-1427 -1490	-1450 -1547	-1450 -1605	-1450 -1700	-1450 -1850	-1827 -1890	-1850 -1947	-1850 -2005	-1850 -2100	-1850 -2250	-2377 -2440	-2400 -2497	-2400 -2555	-2400 -2600	-2400 -2800	
450	500	-1250 -1405	-1250 -1500	-1250 -1650	-1577 -1640	-1600 -1697	-1600 -1755	-1600 -1850	-1600 -2000	-2077 -2140	-2100 -2197	-2100 -2255	-2100 -2350	-2100 -2500	-2577 -2640	-2600 -2697	-2600 -2755	-2600 -2850	-2600 -3000	

Primjeri:

1. Dato je nalijeganje:  $\varnothing 70J6/v5$

Potrebno je:

- Odrediti vrstu nalijeganja i izračunati gornje, donje i srednje vrijednosti zazora, odnosno preklopa, kao i vrijednosti tolerancije nalijeganja,
- Nacrtati dijagram tolerancija mjera i dijagram tolerancija nalijeganja

$\varnothing 70J6$

$T=19 \mu\text{m}$

$ES=13 \mu\text{m}$

$EI=ES-T=13-19=-6 \mu\text{m}$

$D_g=D+ES=70+0,013=70,013 \text{ mm}$

$D_d=D+EI=70+(-0,006)=69,994 \text{ mm}$

$\varnothing 70v5$

$t=13 \mu\text{m}$

$ei=120 \mu\text{m}$

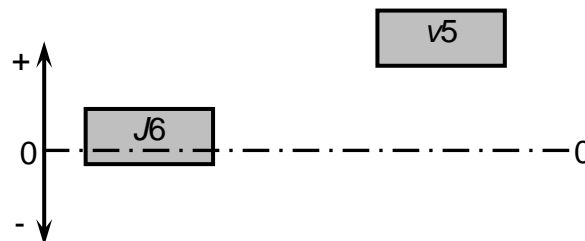
$es=ei+t=120+13=133 \mu\text{m}$

$d_g=d+es=70+0,133=70,133 \text{ mm}$

$d_d=d+ei=70+0,120=70,120 \text{ mm}$

Pošto je  $D_g < d_d$  nalijeganje je čvrsto

Šematski prikaz nalijeganja



Proračun preklopa:

$P_d = D_g - d_d = 70,013 - 70,120 = -0,107 \text{ mm}$  pošto dimenzije ne mogu biti negativne  $\Rightarrow P_d = |-107| \mu\text{m} = 107 \mu\text{m}$

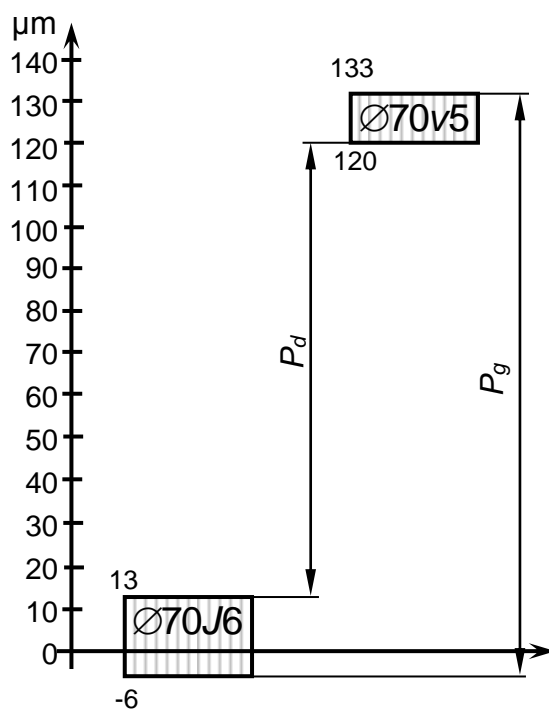
$P_g = D_d - d_g = 69,994 - 70,133 = -0,139 \text{ mm}$  pošto dimenzije ne mogu biti negativne  $\Rightarrow P_g = |-139| \mu\text{m} = 139 \mu\text{m}$

$$P_s = \frac{P_g + P_d}{2} = \frac{139 + 107}{2} = 123 \mu\text{m}$$

Kontrola rezultata preko tolerancija:

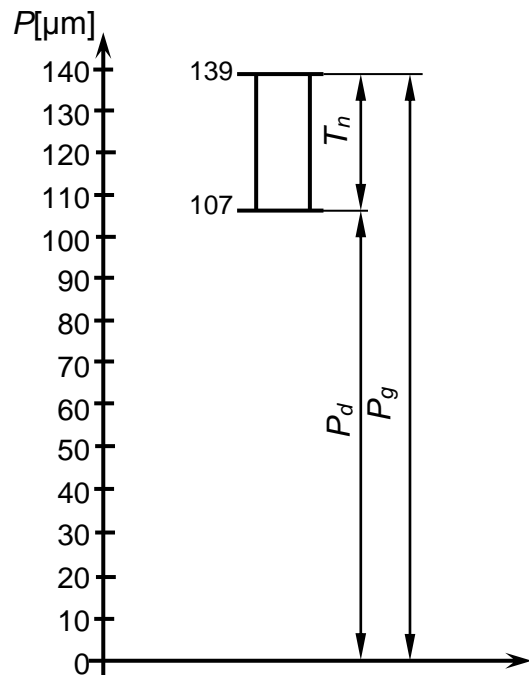
$$T_n = P_g - P_d = 139 - 107 = 32 \mu\text{m}$$

$$T_n = T + t = 19 + 13 = 32 \mu\text{m}$$



Dijagram tolerancija mjera

Razmjera  $10 \mu\text{m} = 5 \text{ mm}$



Dijagram tolerancija nalijeganja



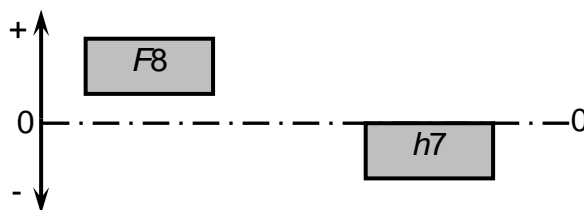
2. Dato je nalijeganje:  $\varnothing 180F8/h7$ 

Potrebno je:

- Odrediti vrstu nalijeganja i izračunati gornje, donje i srednje vrijednosti zazora, odnosno preklopa, kao i vrijednosti tolerancije nalijeganja,
- Nacrtati dijagram tolerancija mjera i dijagram tolerancija nalijeganja.

 $\varnothing 180F8$  $T=63 \mu\text{m}$  $EI=43 \mu\text{m}$  $ES=EI+T=43+63=106 \mu\text{m}$  $D_g=D+ES=180+0,106=180,106 \text{ mm}$  $D_d=D+EI=180+0,043=180,043 \text{ mm}$  $\varnothing 180h7$  $t=40 \mu\text{m}$  $ei=-40 \mu\text{m}$  $es=0$  $d_g=d+es=180+0=180 \text{ mm}$  $d_d=d+ei=180+(-0,040)=179,960 \text{ mm}$ Pošto je  $D_d > d_g$  nalijeganje je labavo

Šematski prikaz nalijeganja



Proračun zazora:

$$Z_g = D_g - d_d = 180,106 - 179,96 = 0,146 \text{ mm} = 146 \mu\text{m}$$

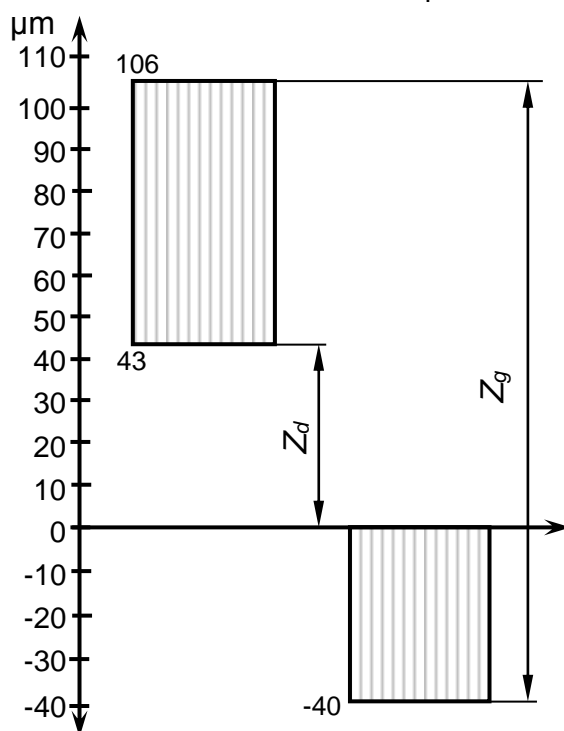
$$Z_d = D_d - d_g = 180,043 - 180 = 0,043 \text{ mm} = 43 \mu\text{m}$$

$$Z_s = \frac{Z_g + Z_d}{2} = \frac{146 + 43}{2} = 94,5 \mu\text{m}$$

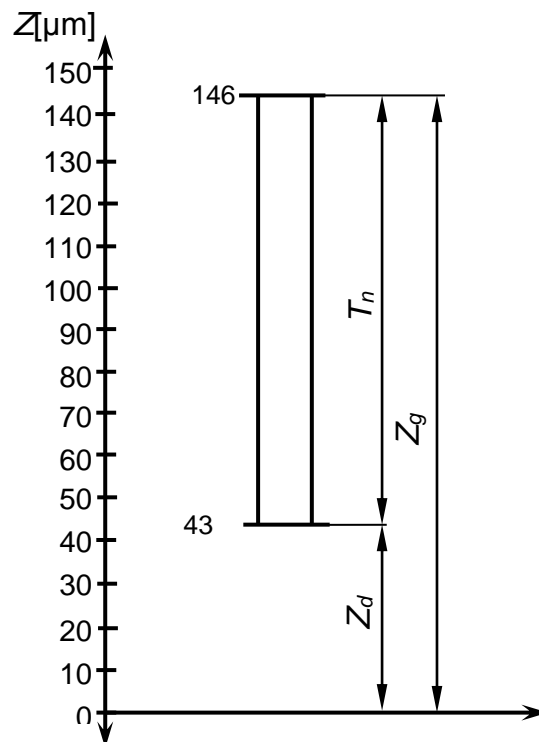
Kontrola rezultata preko tolerancija:

$$T_n = Z_g - Z_d = 146 - 43 = 103 \mu\text{m}$$

$$T_n = T + t = 63 + 40 = 103 \mu\text{m}$$



Dijagram tolerancija mjera



Dijagram tolerancija nalijeganja

Razmjera  $10\mu\text{m} = 5 \text{ mm}$

3. Dato je nalijeganje:  $\varnothing 20H6/k5$

Potrebno je:

- Odrediti vrstu nalijeganja i izračunati gornje, donje i srednje vrijednosti zazora, odnosno preklopa, kao i vrijednosti tolerancije nalijeganja,
- Nacrtati dijagram tolerancija mjera i dijagram tolerancija nalijeganja.

$\varnothing 20H6$

$T=13 \mu\text{m}$

$EI=0 \mu\text{m}$

$ES=EI+T= 0+13= 13 \mu\text{m}$

$D_g=D+ES=20+0,013=20,013 \text{ mm}$

$D_d=D+EI=20+0=20 \text{ mm}$

$\varnothing 20k5$

$t=9 \mu\text{m}$

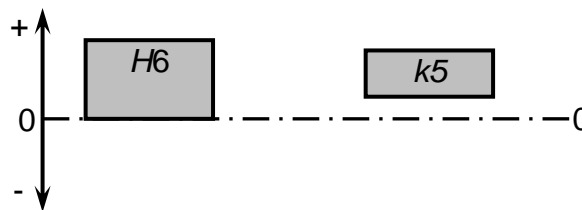
$ei=2 \mu\text{m}$

$es=ei+t= 2+9=11\mu\text{m}$

$d_g=d+es=20+0,002=20,002 \text{ mm}$

$d_d=d+ei=20+0,011=20,011 \text{ mm}$

Šematski prikaz nalijeganja



Proračun zazora i preklopa:

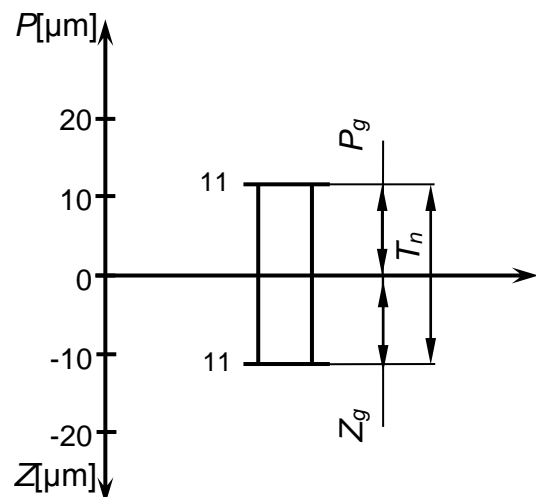
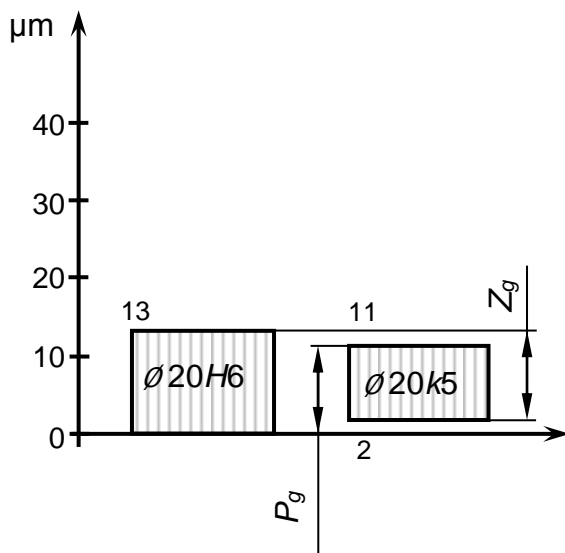
$Z_g=D_g - d_d=20,013-20,002=0,011 \text{ mm}=11 \mu\text{m}$

$P_g=D_d - d_g=20-20,011=-0,011\text{mm}$  pošto dimenzije ne mogu biti negativne  $\Rightarrow P_g = |-11| \mu\text{m}=11\mu\text{m}$

Slijedi da je nalijeganje neizvjesno

$T_n=Z_g+P_g =11+11=22 \mu\text{m}$

$T_n=T+t=13+9=22 \mu\text{m}$



Razmjera  $10\mu\text{m} = 10 \text{ mm}$

Dijagram tolerancija mjera

Dijagram tolerancija nalijeganja

4. Usaglasiti sa sistemskim tolerancijama nalijeganja po ISO sistemu zajedničke rupe (SZR) vrijednosti zazora  $Z'_g = 100 \mu\text{m}$  i  $Z'_d = 25 \mu\text{m}$  za prečnik  $\varnothing 112 \text{ mm}$  i nacrtati dijagram tolerancija mjera, kao i dijagram tolerancija nalijeganja.

Proračun tolerancija:

$$T'_n = Z'_g - Z'_d = 100 - 25 = 75 \mu\text{m}$$

$$T' = 0,6 \cdot T'_n = 0,6 \cdot 75 = 45 \mu\text{m}$$

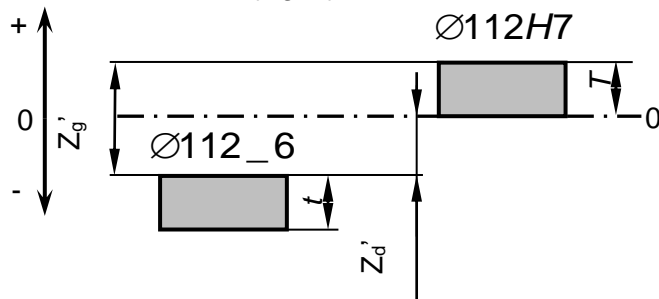
$$t' = 0,4 \cdot T'_n = 0,4 \cdot 75 = 30 \mu\text{m}$$

Usvaja se:

$$T = 35 \mu\text{m} \rightarrow \text{IT7}$$

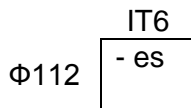
$$t = 22 \mu\text{m} \rightarrow \text{IT6}$$

Šematski prikaz nalijeganja



$$Z'_d \leq e_s \leq Z'_g - (t + T)$$

Detalj iz tablice tolerancija na osnovu koga se bira traženo polje šematski je prikazan u nastavku.



$$e_s \leq 100 - (35 + 22) \rightarrow e_s \leq 43 \mu\text{m}$$

$$|25| \leq e_s \leq |43|$$

Usvaja se:

$\varnothing 112H7$

$T = 35 \mu\text{m}$

$EI = 0 \mu\text{m}$

$ES = 35 \mu\text{m}$

$D_g = D + ES = 112 + 0,035 = 112,035 \text{ mm}$

$D_\sigma = D + EI = 112 + 0 = 112 \text{ mm}$

$\varnothing 112f6$

$t = 22 \mu\text{m}$

$ei = -58 \mu\text{m}$

$es = -36 \mu\text{m}$

$d_g = d + es = 112 + (-0,036) = 111,964 \text{ mm}$

$d_\sigma = d + ei = 112 + (-0,058) = 111,942 \text{ mm}$

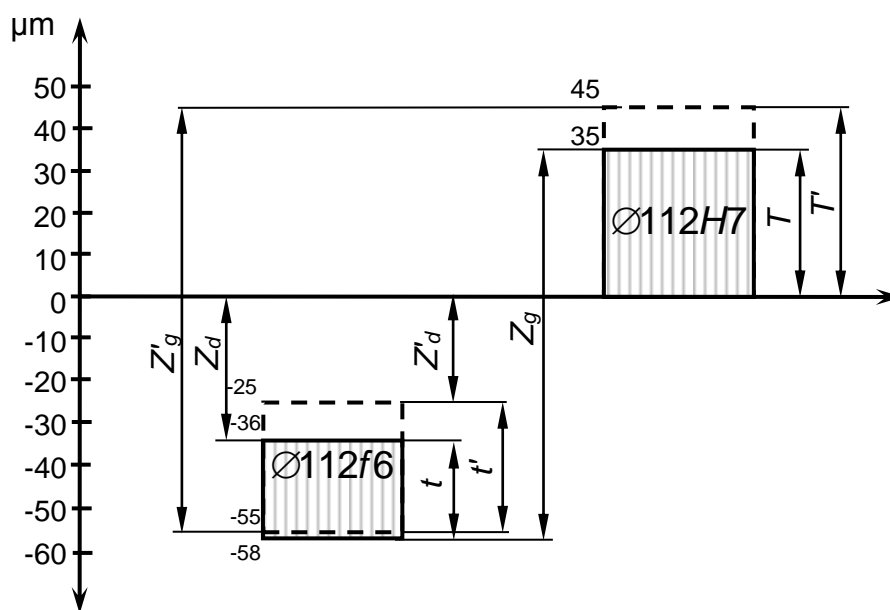
Proračun zazora:

$$Z_g = D_g - d_\sigma = 112,035 - 111,942 = 0,093 \text{ mm} = 93 \mu\text{m} < Z'_g$$

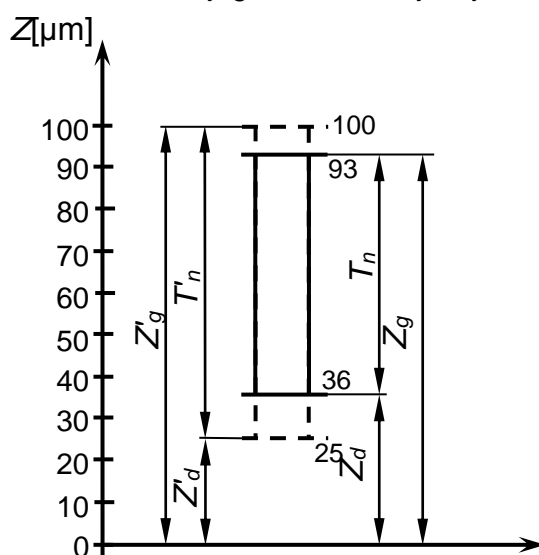
$$Z_d = D_\sigma - d_g = 112 - 111,964 = 0,036 \text{ mm} = 36 \mu\text{m} > Z'_d$$

$$T_n = T + t = 35 + 22 = 57 \mu\text{m}$$

$$T_n = Z_g - Z_d = 93 - 36 = 57 \mu\text{m}$$



Dijagram tolerancija mjera



Razmjera 10µm= 5 mm

Dijagram tolerancija nalijeganja

5. Usaglasiti sa sistemskim tolerancijama nalijeganja po ISO sistemu zajedničke rupe (SZR) vrijednosti preklopa  $P'_g = 100 \mu\text{m}$   $P'_d = 40 \mu\text{m}$  za prečnik  $\varnothing 150 \text{ mm}$  i nacrtati dijagram tolerancija mjera, kao i dijagram tolerancija nalijeganja.

Proračun:

$$T'_n = P'_g - P'_d = 100 - 40 = 60 \mu\text{m}$$

$$T' = 0,6 \cdot T'_n = 0,6 \cdot 60 = 36 \mu\text{m}$$

$$t' = 0,4 \cdot T'_n = 0,4 \cdot 60 = 24 \mu\text{m}$$

Usvaja se:

$$T = 25 \mu\text{m} \rightarrow \text{IT6}$$

$$t = 18 \mu\text{m} \rightarrow \text{IT5}$$

$$e_i \geq P'_d + T$$

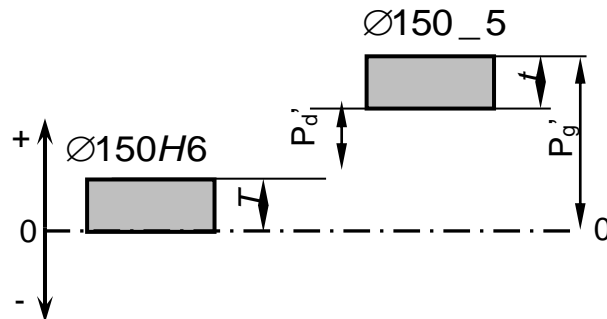
$$e_i \geq 40 + 25 = 65 \mu\text{m}$$

$$e_i \leq P'_g - t$$

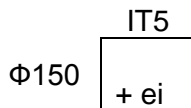
$$e_i \leq 100 - 18 = 82$$

$$65 \leq e_i \leq 82$$

Šematski prikaz nalijeganja



Detalj iz tablice tolerancija na osnovu koga se bira traženo polje šematski je prikazan u nastavku.



Usvaja se:  $\text{Ø}150\text{H}6/r5$

$\text{Ø}150\text{H}6$

$T=25 \mu\text{m}$

$EI=0 \mu\text{m}$

$ES=25 \mu\text{m}$

$D_g = D + ES = 150 + 0,025 = 150,025 \text{ mm}$

$D_o = D + EI = 150 + 0 = 150 \text{ mm}$

$\text{Ø}150r5$

$t=18 \mu\text{m}$

$ei=65 \mu\text{m}$

$es=83 \mu\text{m}$

$d_g = d + es = 150 + 0,083 = 150,083 \text{ mm}$

$d_o = d + ei = 150 + 0,065 = 150,065 \text{ mm}$

Proračun preklopa:

$$P_g = D_o - d_g = 150 - 150,083 = -0,083 \text{ mm} \text{ pošto dimenzije ne mogu biti negativne} \Rightarrow P_g = |-83| \mu\text{m} = 83 \mu\text{m}$$

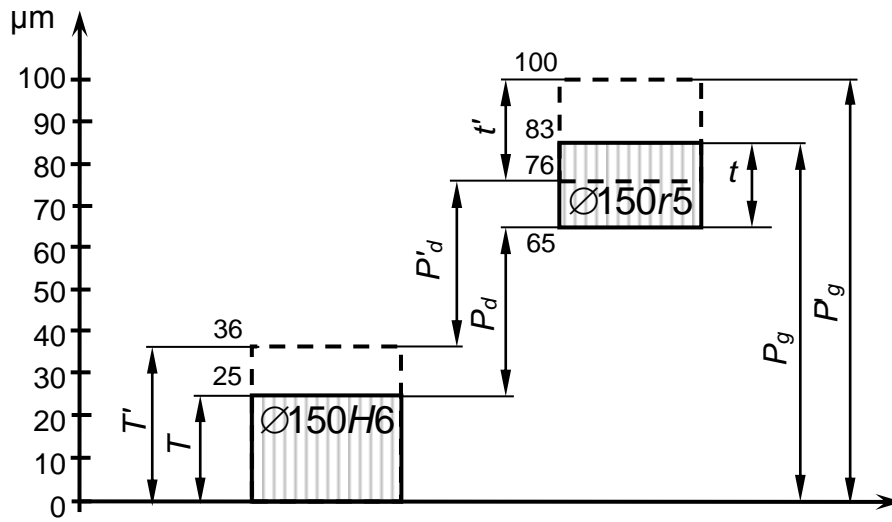
$$P_g < P'_g$$

$$P_o = D_g - d_o = 150,025 - 150,065 = -0,040 \text{ mm} \text{ pošto dimenzije ne mogu biti negativne} \Rightarrow P_o = |-40| \mu\text{m} = 40 \mu\text{m}$$

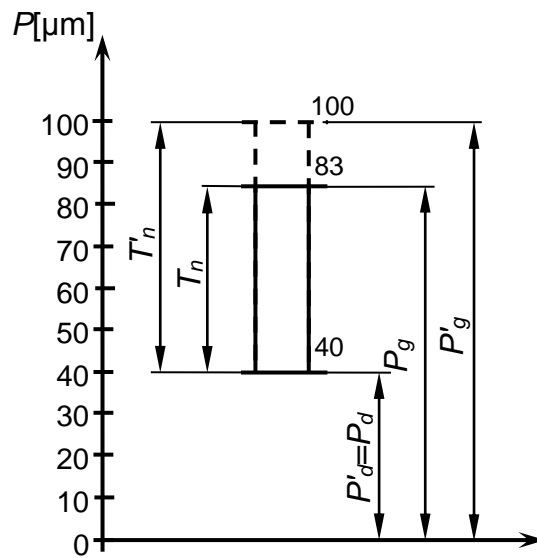
$$P_o \geq P'_d$$

$$T_n = T + t = 25 + 18 = 43 \mu\text{m}$$

$$T_n = P_g - P_o = 83 - 40 = 43 \mu\text{m}$$



Dijagram tolerancija mjera



Razmjera  $10\mu\text{m} = 5\text{ mm}$

Dijagram tolerancija nalijeganja

6. Usaglasiti sa sistemskim tolerancijama nalijeganja po ISO sistemu zajedničke rupe (SZR) vrijednosti zazora  $Z'_g = 36 \mu\text{m}$  i preklopa  $P'_g = 9 \mu\text{m}$  za prečnik  $\varnothing 112 \text{ mm}$  i nacrtati dijagram tolerancija mjera, kao i dijagram tolerancija nalijeganja.

Proračun:

$$T'_n = Z'_g + P'_g = 36 + 9 = 45 \mu\text{m}$$

$$T = 0,6 \cdot T'_n = 0,6 \cdot 45 = 27 \mu\text{m}$$

$$t = 0,4 \cdot T'_n = 0,4 \cdot 45 = 18 \mu\text{m}$$

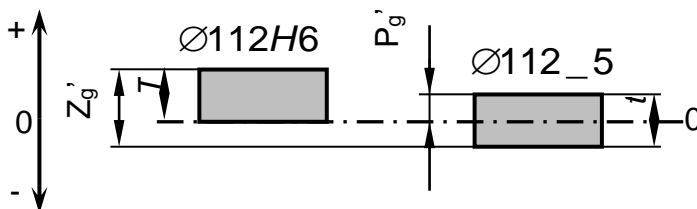
Usvaja se:

$$T = 22 \mu\text{m} \rightarrow \text{IT6}$$

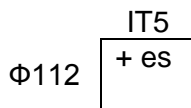
$$t = 15 \mu\text{m} \rightarrow \text{IT5}$$

$$e_s \leq P'_g \quad e_s \leq Z'_g - t = 36 - 15 \rightarrow e_s \leq 21 \mu\text{m}$$

Šematski prikaz nalijeganja



Detalj iz tablice tolerancija na osnovu koga se bira traženo polje šematski je prikazan u nastavku.



Usvaja se:  $\varnothing 112H6 / j5$

$\varnothing 112H6$

$T = 22 \mu\text{m}$

$EI = 0 \mu\text{m}$

$ES = 22 \mu\text{m}$

$D_g = D + ES = 112 + 0,022 = 112,022 \text{ mm}$

$D_d = D + EI = 112 + 0 = 112 \text{ mm}$

$\varnothing 112j5$

$t = 15 \mu\text{m}$

$ei = -9 \mu\text{m}$

$es = 6 \mu\text{m}$

$d_g = d + es = 112 + 0,006 = 112,006 \text{ mm}$

$d_d = d + ei = 112 + (-0,009) = 111,991 \text{ mm}$

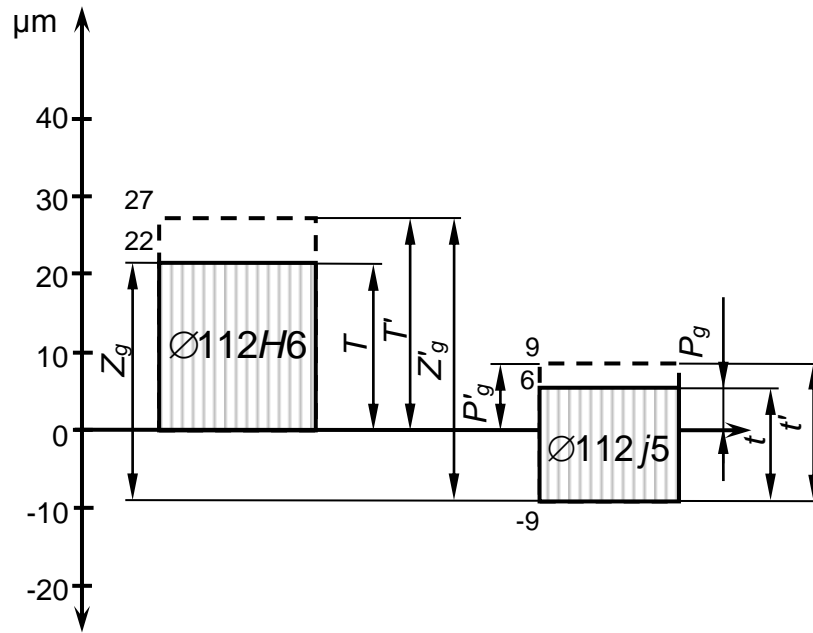
Proračun zazora i preklopa:

$$Z_g = D_g - d_d = 112,022 - 111,991 = 0,031 \text{ mm} = 31 \mu\text{m} < Z'_g$$

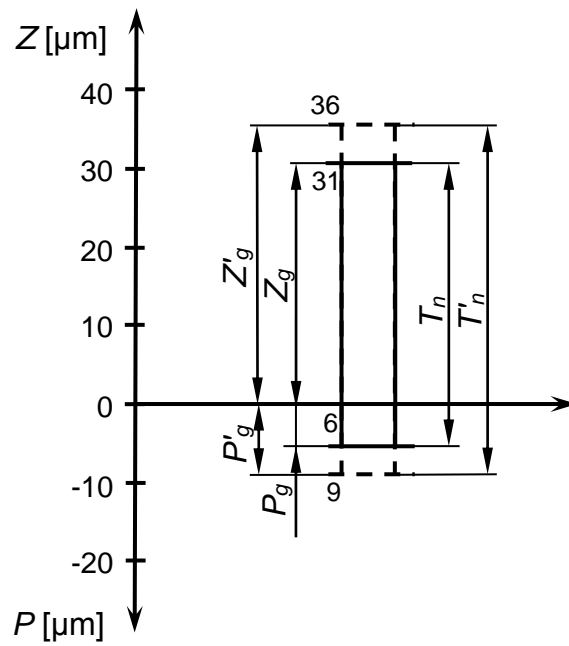
$$P_g = D_d - d_g = 112 - 112,006 = -0,006 \text{ mm} \text{ pošto dimenzije ne mogu biti negativne} \Rightarrow P_g = |-6| \mu\text{m} = 6 \mu\text{m} < P'_g$$

$$T_n = T + t = 22 + 15 = 37 \mu\text{m}$$

$$T_n = Z_g + P_g = 31 + 6 = 37 \mu\text{m}$$



Dijagram tolerancija mjera



Razmjera  $10\mu\text{m} = 10\text{ mm}$

Dijagram tolerancija nalijeganja



7. Usaglasiti sa sistemskim tolerancijama nalijeganja po ISO sistemu zajedničke rupe (SZR) vrijednosti zazora  $Z_g = 12 \mu\text{m}$  i preklopa  $P_g^i = 45 \mu\text{m}$  za prečnik  $\varnothing 112 \text{ mm}$  i nacrtati dijagram tolerancija mjera, kao i dijagram tolerancija nalijeganja.

Proračun:

$$T_n = Z_g + P_g^i = 12 + 45 = 57 \mu\text{m}$$

$$T = 0,6 \cdot T_n = 0,6 \cdot 57 = 34,2 \mu\text{m}$$

$$t = 0,4 \cdot T_n = 0,4 \cdot 57 = 22,8 \mu\text{m}$$

Usvaja se:

$$T = 22 \mu\text{m} \rightarrow \text{IT6}$$

$$t = 22 \mu\text{m} \rightarrow \text{IT6}$$

$$e_i \leq P_g^i - t$$

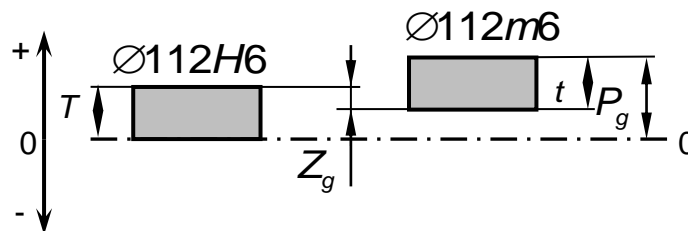
$$e_i \leq 45 - 22 \rightarrow e_i \leq 23 \mu\text{m}$$

$$e_i \geq T - Z_g$$

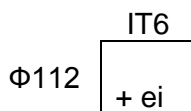
$$e_i \geq 22 - 12 \rightarrow e_i \geq 10 \mu\text{m}$$

$$10 \leq e_i \leq 23$$

Šematski prikaz nalijeganja



Detalj iz tablice tolerancija na osnovu koga se bira traženo polje šematski je prikazan u nastavku.



Usvaja se:  $\varnothing 112H6 / m6$

$\varnothing 112H6$

$T = 22 \mu\text{m}$

$EI = 0 \mu\text{m}$

$ES = 22 \mu\text{m}$

$D_g = D + ES = 112 + 0,022 = 112,022 \text{ mm}$

$D_d = D + EI = 112 + 0 = 112 \text{ mm}$

$\varnothing 112m6$

$t = 22 \mu\text{m}$

$ei = 13 \mu\text{m}$

$es = 35 \mu\text{m}$

$d_g = d + es = 112 + 0,035 = 112,035 \text{ mm}$

$d_d = d + ei = 112 + 0,013 = 112,013 \text{ mm}$

Proračun zazora i preklopa:

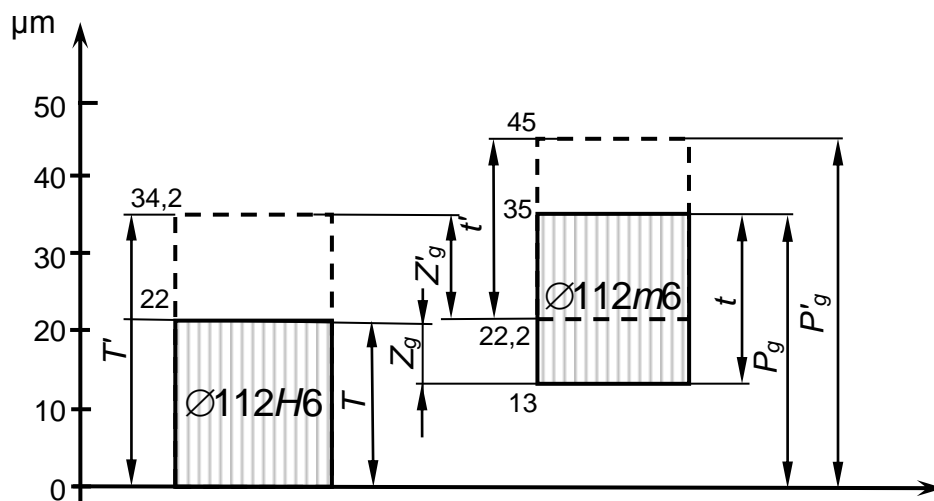
$$Z_g = D_g - d_d = 112,022 - 112,013 = 0,009 \text{ mm} = 9 \mu\text{m} < Z_g^i$$

$$P_g = D_d - d_g = 112 - 112,035 = -0,035 \text{ mm} \text{ pošto dimenzije ne mogu biti negativne } \Rightarrow P_g = |-35| \mu\text{m} = 35 \mu\text{m}$$

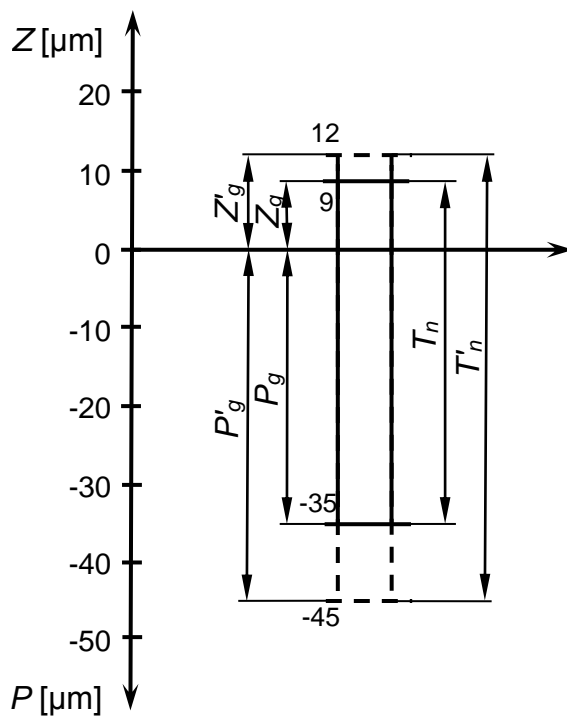
$$P_g < P_g^i$$

$$T_n = T + t = 22 + 22 = 44 \mu\text{m}$$

$$T_n = Z_g + P_g = 9 + 35 = 44 \mu\text{m}$$



Dijagram tolerancija mjera



Razmjera  $10\mu\text{m} = 10\text{ mm}$

Dijagram tolerancija nalijeganja

## 6. SNIMANJE MAŠINSKIH DIJELOVA

### 6.1. IZRADA SKICA

U praksi česte su situacije kada nije dostupna tehnička dokumentacija mašinskih dijelova i uređaja, pa se izvodi tzv. snimanje mašinskih dijelova izradom privremene skice, a zatim i odgovarajućeg radioničkog crteža na osnovu snimljene skice. Ovakav način kreiranja dokumentacije predstavlja veoma efikasan metod za izradu oštećenih, uništenih ili dotrajalih dijelova.

Skiciranje mašinskih dijelova se koristi u pri konstrukciji novih, inoviranih i starih (ranije konstruisanih) mašinskih dijelova. U fazi traženja najboljeg konstrukcionog rješenja, moguće je bilježenje ideja stvaranjem skica, koje služe kao osnov za temeljne analize i usvajanje najboljeg rješenja, na kraju.

**Skica** predstavlja radionički crtež urađen slobodnom rukom u proizvoljnoj razmjeri, ali sa što približnijim odnosom veličina i oblika.

**Skica** treba da bude urađena u skladu sa pravilima tehničkog crtanja i da sadrži sve elemente koje sadrži i radionički crtež:

- potreban broj projekcija i presjeka;
- sve potrebne kote (mjere gotovog dijela);
- oznake za obradu površina;
- oznake materijala.

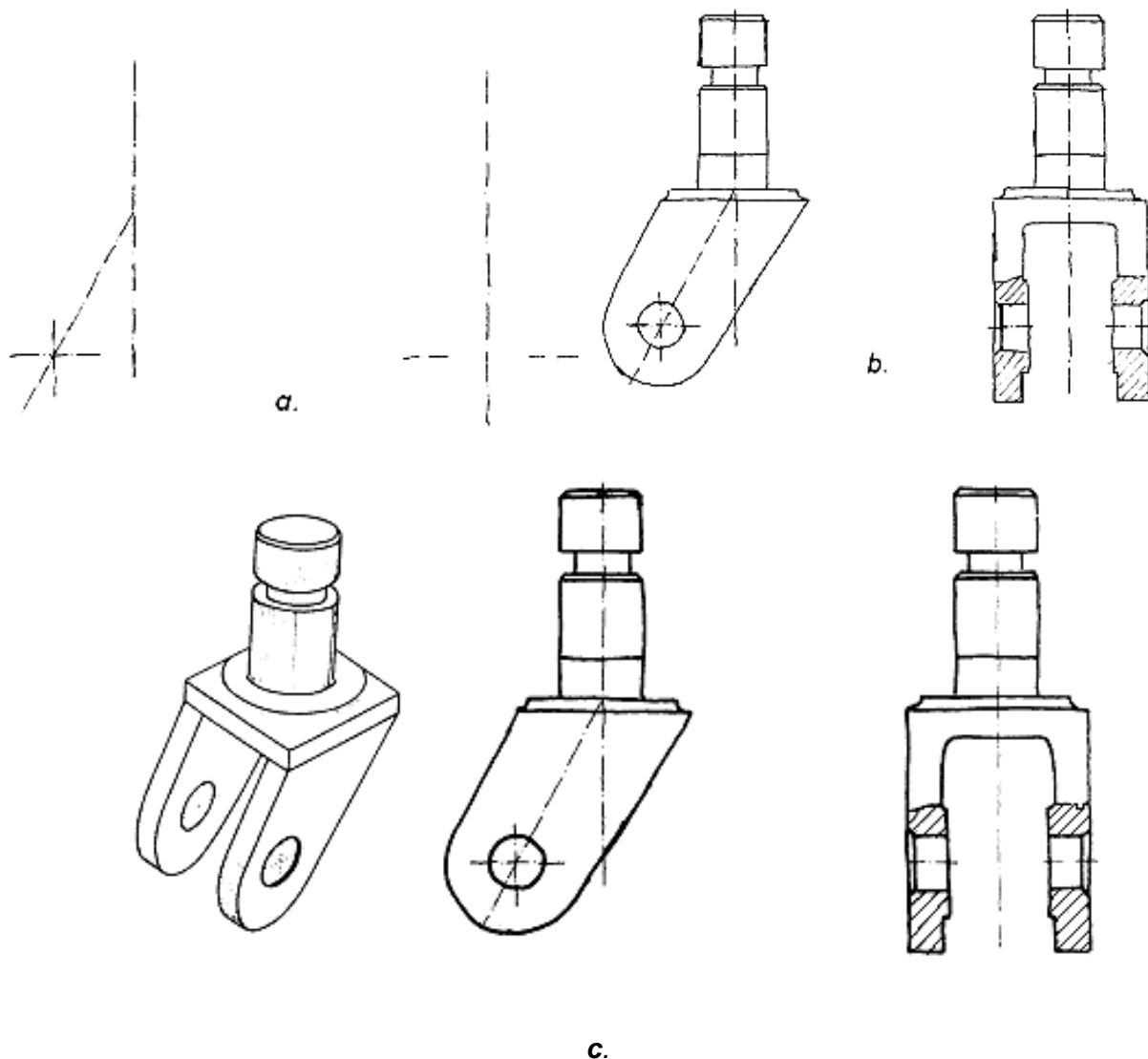
Prije nego što se počne sa izradom skice, potrebno je uraditi sljedeće aktivnosti:

- analizu funkcije mašinskog dijela u sklopu u koji se ugrađuje;
- analizu oblika i mjera, a ako je potrebno mogu da se izvrše konstrukcijske izmjene radi poboljšanja funkcije, smanjenja koncentracije napona, i td.
- analizu mogućnosti izrade mašinskog dijela, u okviru čega se može u potpunosti izmjeniti postupak izrade snimljenog mašinskog dijela, pa da se umjesto livenjem, na primjer, dio izradi zavarivanjem.

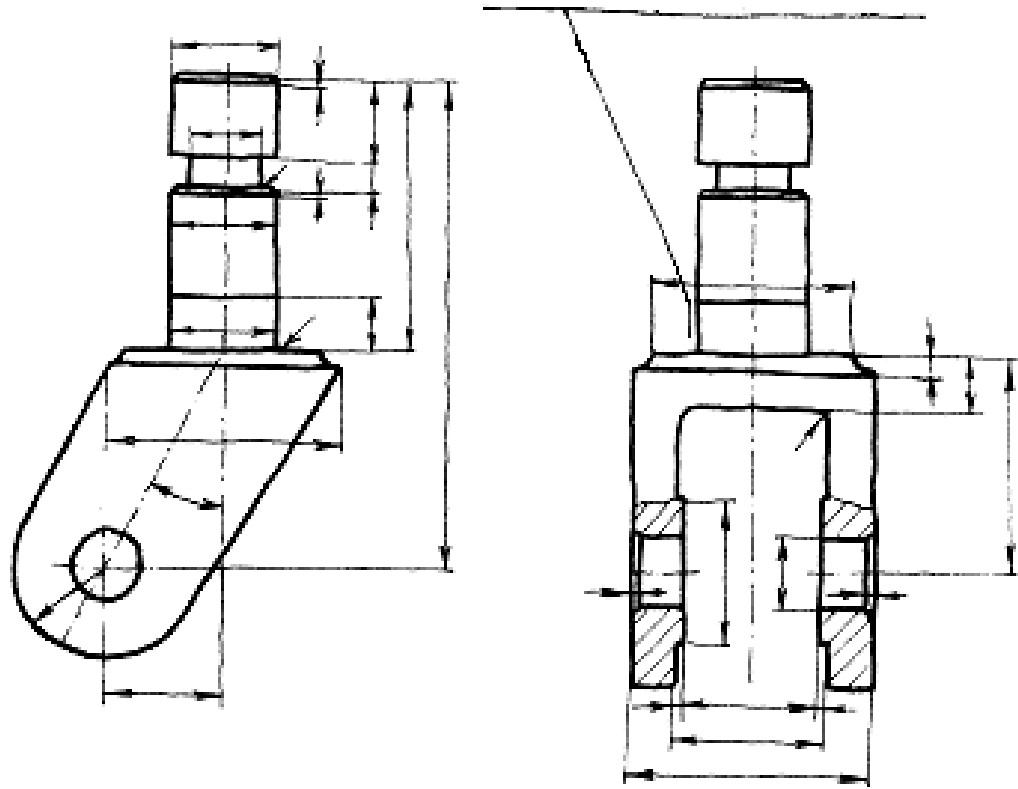
Poslije toga slijedi izrada skice koja obuhvata sljedeće faze:

- određivanje potrebnog broja projekcija i presjeka, kao i njihovog rasporeda, na osnovu čega se određuje format papira za skiciranje;
- crtanje osa simetrija predmeta ili gabaritnih pravougaonika u projekcijama;
- crtanje izabranih projekcija bez pojačavanja linija;
- pojačavanje konturnih linija predmeta i šrafiranje presjeka;
- crtanje kotnih linija na najpogodnijim mjestima;
- određivanje pojedinačnih mjera i unošenje njihovih vrijednosti na skicu, označavanje tolerancije dužinskih mjera, kvaliteta obrade površine, upisivanje osnovnih podataka, kao što su: materijal, naziv predmeta, broj komada (količina), datum i ime osobe koja je izradila skicu;
- kontrola skice.

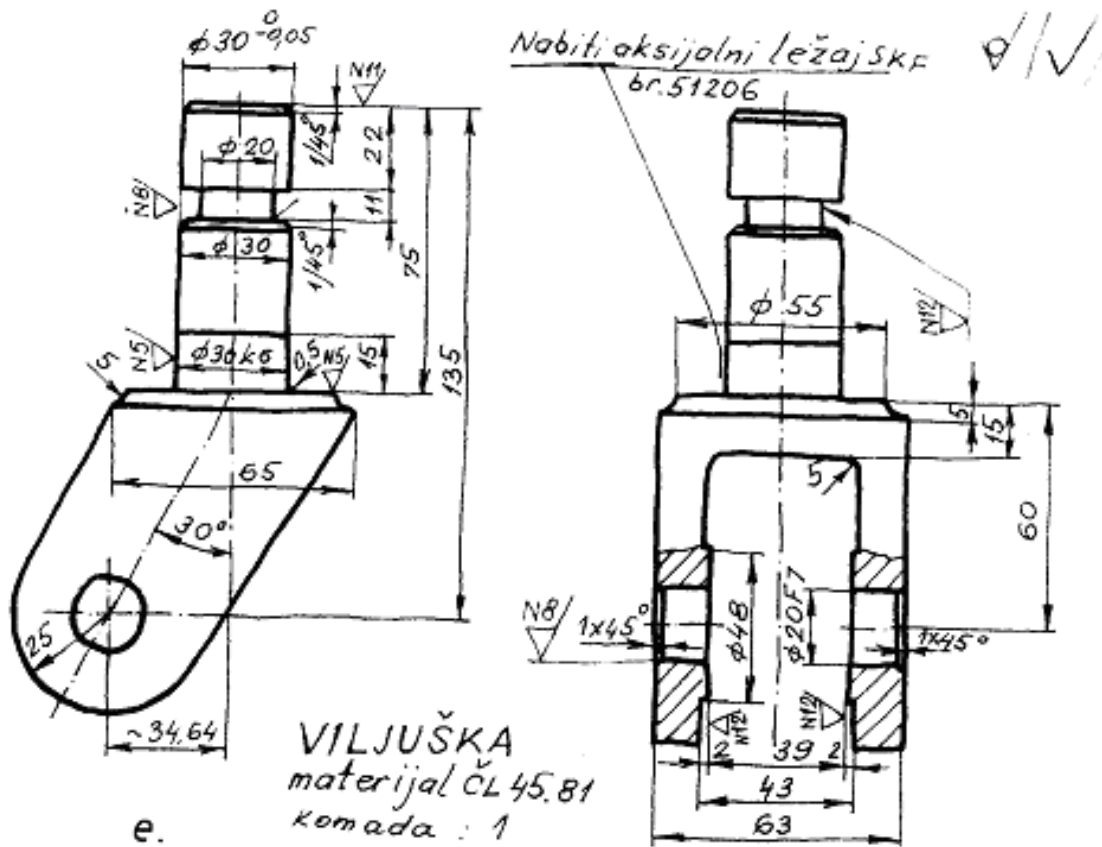
Na osnovu izrađene skice koja služi za “snimanje” dijela, crta se odgovarajući radionički crtež, korišćenjem pribora za crtanje.



**Slika 6.1.** Postupak skiciranja dijela



d.

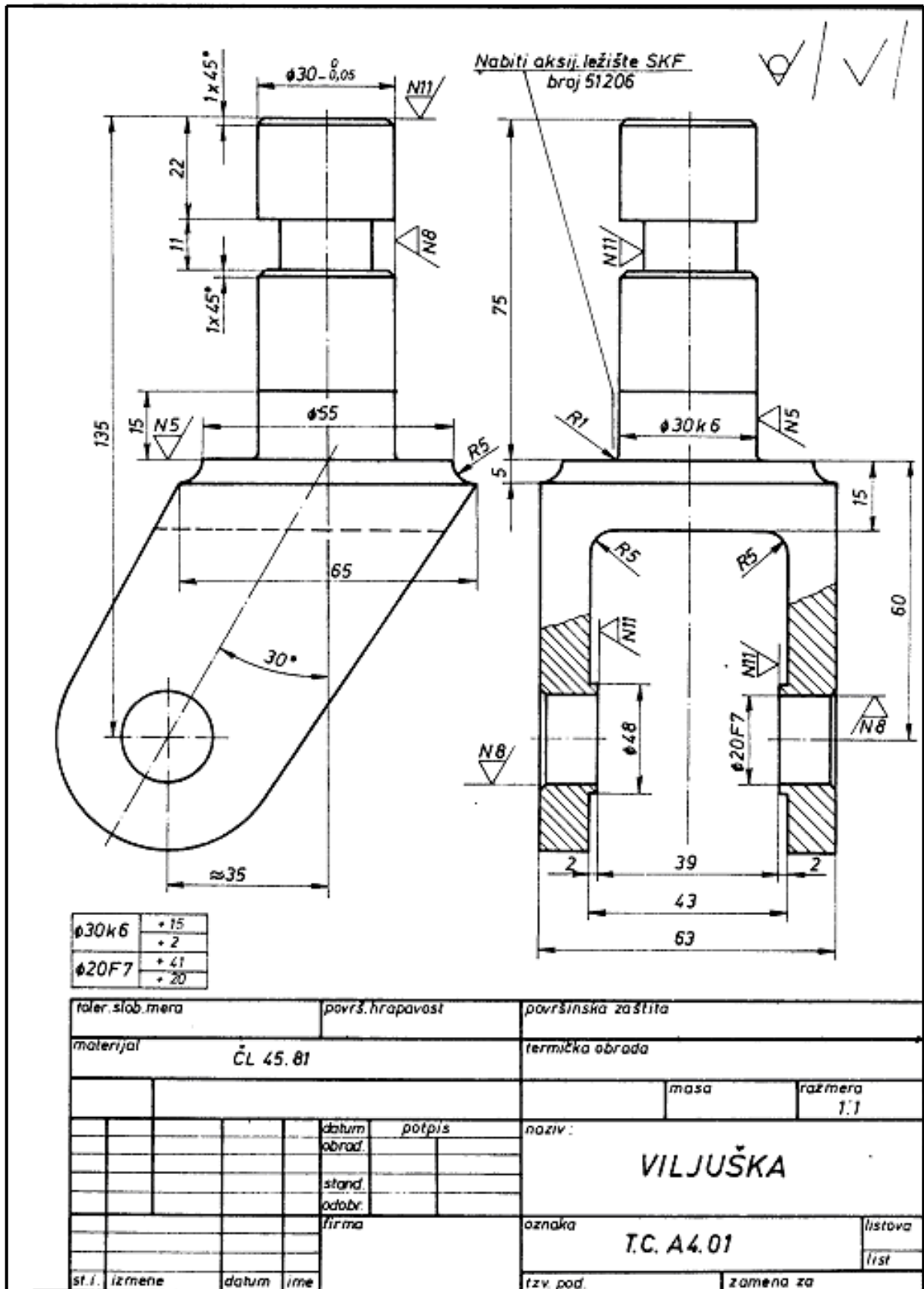


e.

Slika 6.1. Postupak skiciranja dijela (nastavak)

## 6.1.1. Izrada originalnog crteža na osnovu skice

Postupak izrade originalnog crteža mašinskog dijela posredstvom skice u osnovi je identičan kao pri skiciranju, s tom razlikom što se ovdje koristi i pribor za crtanje

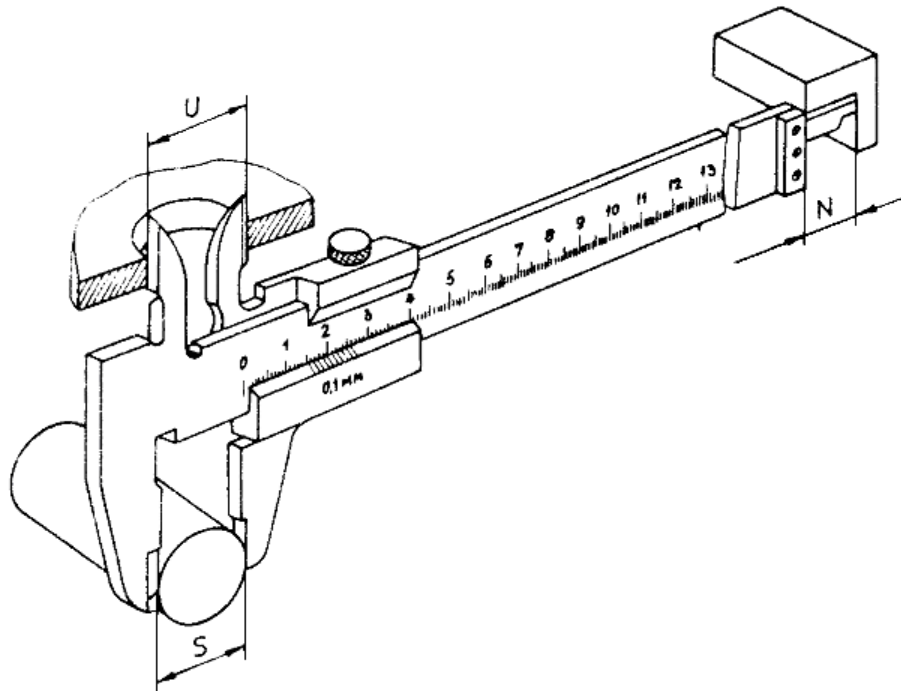


Slika 6.2. Izgled originalnog crteža na osnovu skice

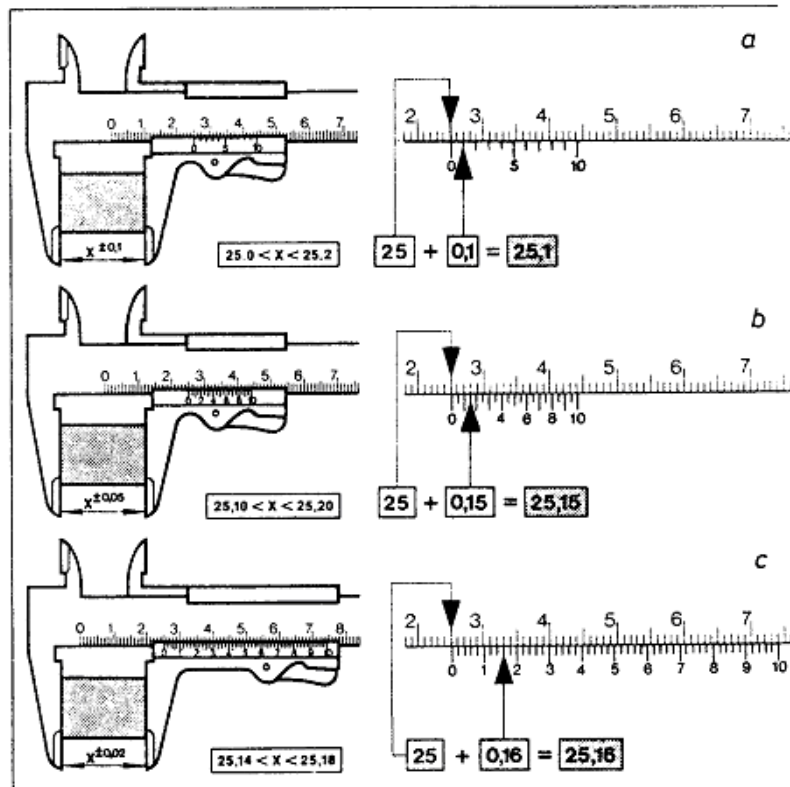
## 6.2. MJERENJE PRILIKOM SKICIRANJA

Prilikom snimanja dijelova potrebno je vršiti mjerenje pojedinih veličina (dimenzija), neophodnih za izradu dijela, a u tu svrhu se koristi mjerni pribor čiji oblik i konstrukcija zavise od oblika dijela koji se mjeri i od tražene preciznosti očitavanja.

Za mjerenje spoljašnjih (*S*), unutrašnjih (*U*) i neodređenih (*N*) mjera koriste se, između ostalih mjernih sredstava, i pomična mjerila (slika 6.3).

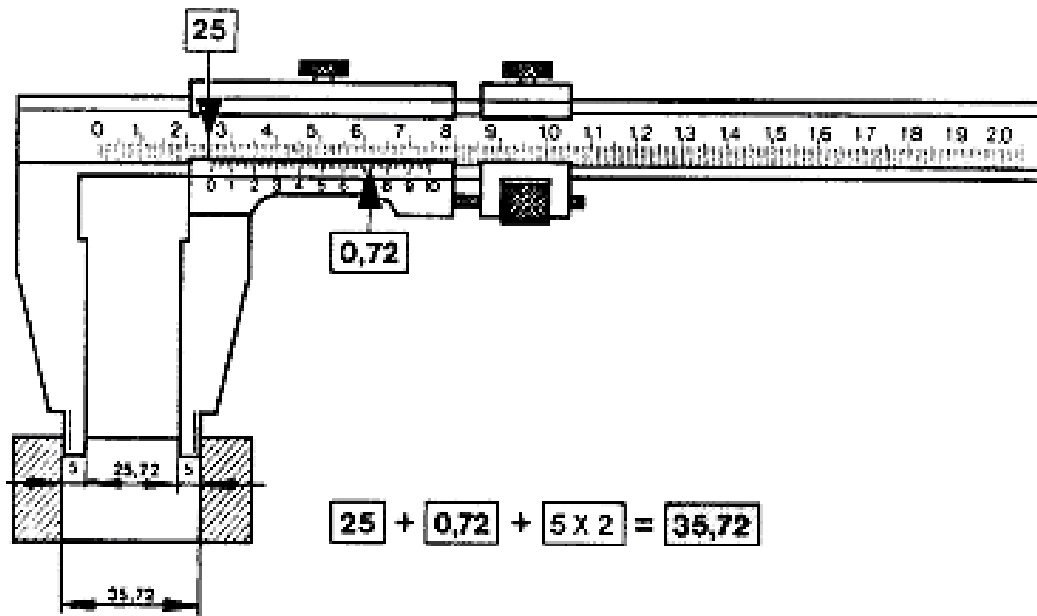


Slika 6.3. Pomično mjerilo



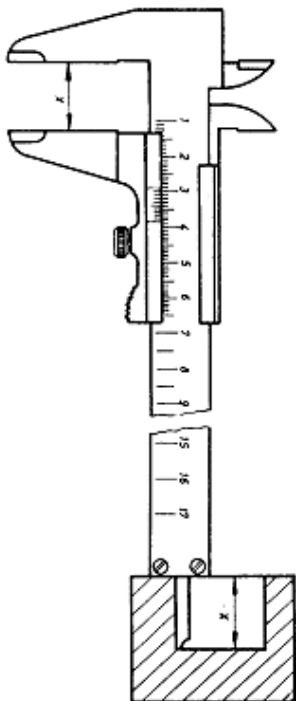
Slika 6.4. Primjeri očitavanja mjera na pomičnom mjerilu

Pri očitavanju mjera na pomičnom mjerilu sa zaobljenim kljunovima uzimaju se u obzir i debljine pipaka (slika 6.5).

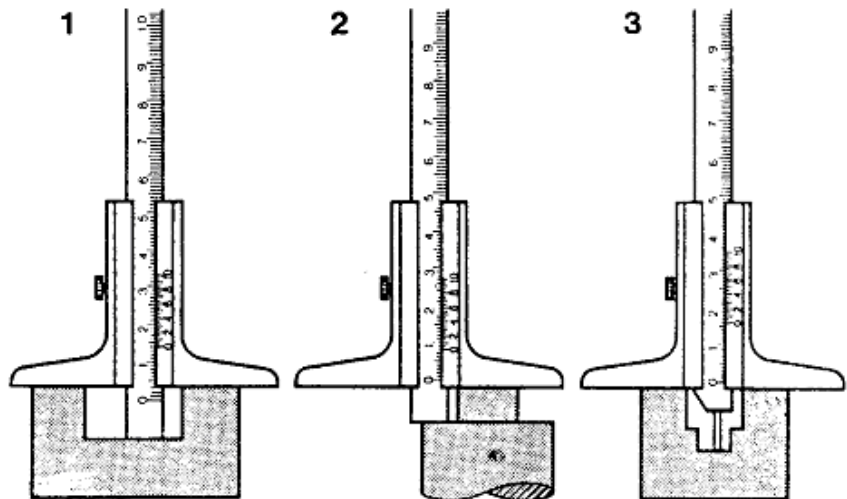


**Slika 6.5.** Primjer očitavanja na pomičnom mjerilu sa zaobljenim kljunovima

Za mjerenje dubine, odnosno visinske razlike, osim pomičnog mjerila (slika 6.6) koriste se dubinomjeri (slika 6.7).



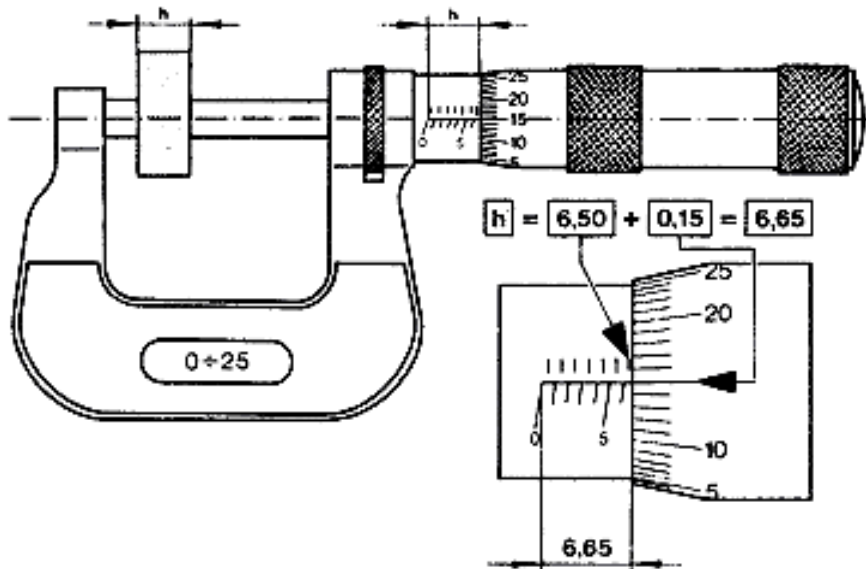
**Slika 6.6.** Mjerenje dubine pomičnim mjerilom



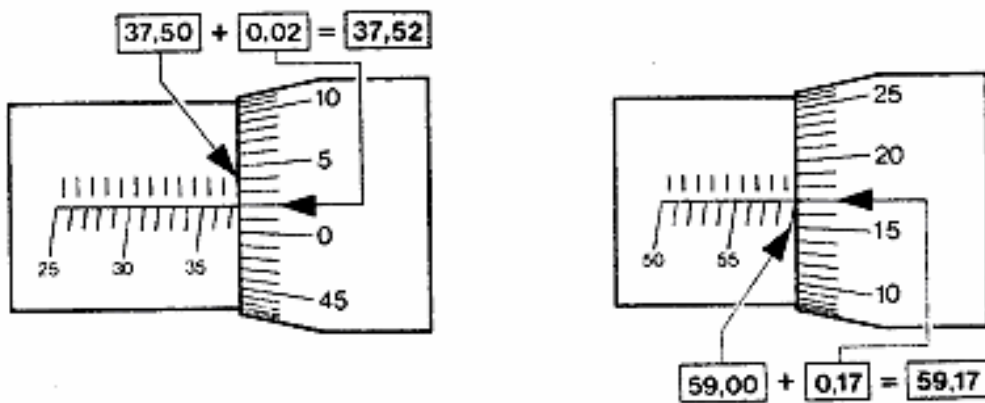
**Slika 6.7.** Dubinomjeri

Za mjerenje spoljašnjih i unutrašnjih mjera sa preciznošću i do 0,001 mm koriste se i mikrometri (slika 7.8).

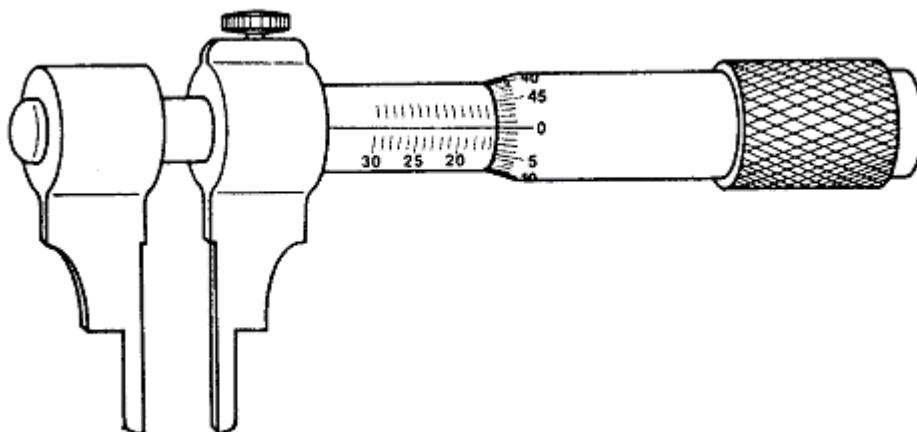




Slika 6.8. Primjer očitavanja mjere na mikrometru za spoljašnje mjere od 0 do 25 mm

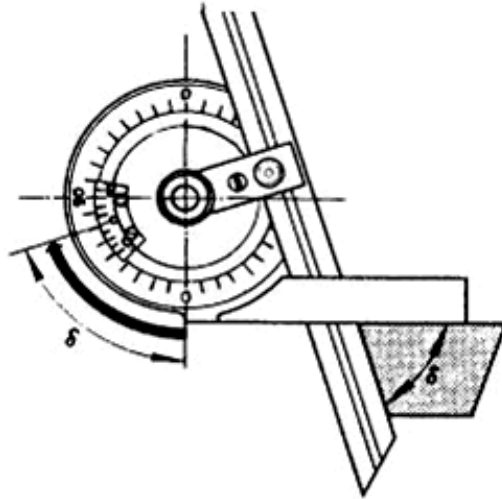


Slika 6.9. Primjeri očitavanja mjera na mikrometru



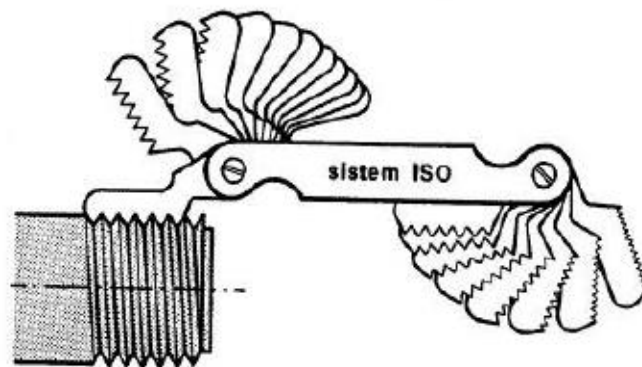
Slika 6.10. Mikrometar sa pomičnim krakom za mjerenje unutrašnjih mjera

Za mjerenje uglova koriste se uglomjeri (slika 6.11).



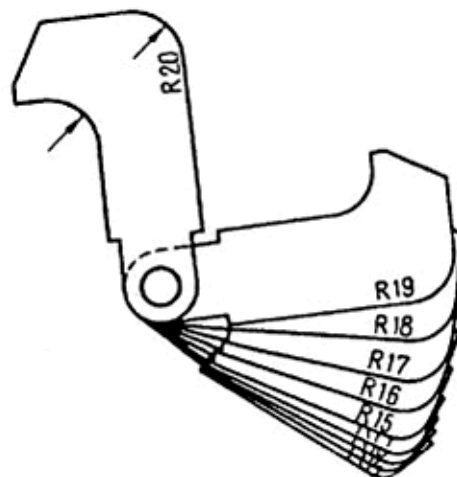
**Slika 6.11.** Izgled uglomjera

Za mjerenje nazivnog prečnika navoja koristi se pomično mjerilo, dok se za određivanje koraka navoja koristi tzv. navojni češalj, koji se sastoji od više listića, pri čemu svaki služi za mjerenje druge vrijednosti koraka navoja (slika 6.12).



**Slika 6.12.** Navojni češalj

Za mjerenje poluprečnika spoljašnjeg i unutrašnjeg zaobljenja koristi se skup šablona (slika 6.13), koji se postavlja tik uz zaobljenje, tako da nema zazora.



**Slika 6.13.** Šablon za mjerenje poluprečnika zaobljenja

### 6.3. PRIKAZIVANJE MAŠINSKIH DIJELOVA

Mašinski dijelovi se crtaju u sklopu i kao detalji, odnosno kao radionički crteži. U sklopu, dijelovi se mogu crtati u stvarnom izgledu u odgovarajućem pogledu ili uprošćeno, što zavisi od vrste sklopnog crteža.

Način crtanja dijelova u sklopu zavisi i od toga da li su standardnog oblika ili se konstruišu i izrađuju u samoj fabrici. Ako su dijelovi standardnog oblika i nabavljaju se od specijalizovanih kompanija, obično se u sklopu crtaju uprošćeno.

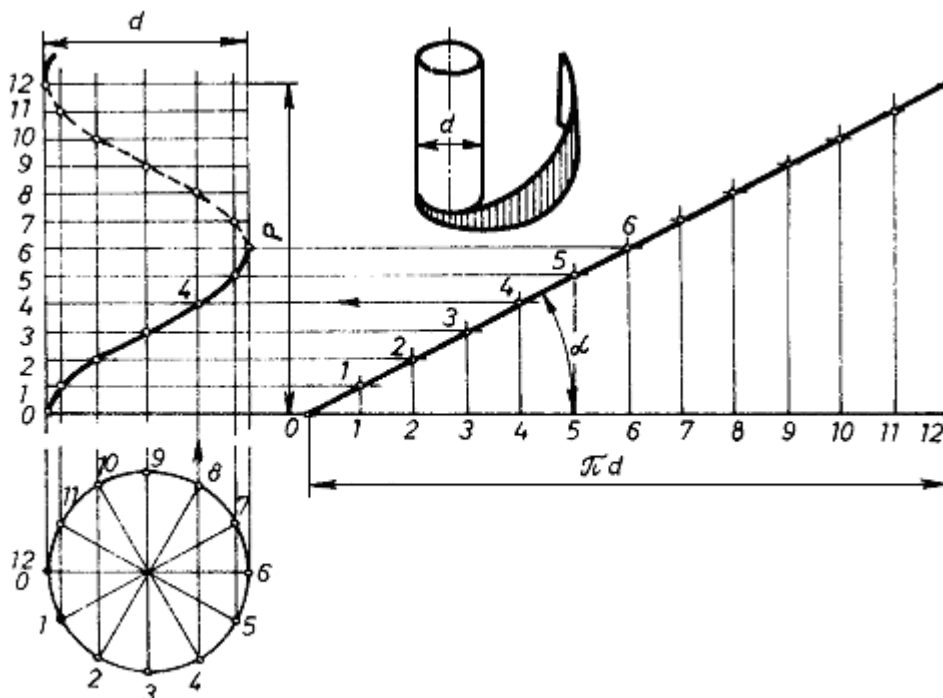
Za dijelove koji se izrađuju neophodno je uraditi radioničke crteže. Radionički crtež mora da se uradi u standardnoj razmjeri, potrebnom broju projekcija, presjeka i detalja, da bude ispravno kotiran i da sadrži sve podatke neophodne za izradu.

### 6.4. ELEMENTI ZA VEZU

Veze mašinskih dijelova mogu biti pokretne i nepokretne. Nepokretne veze mogu biti razdvojive i nerazdvojive. Razdvojive veze postižu se pomoću navojnih parova, klinova i opruga, a nerazdvojive zakovicama i zavarivanjem.

#### 6.4.1. Navojne veze

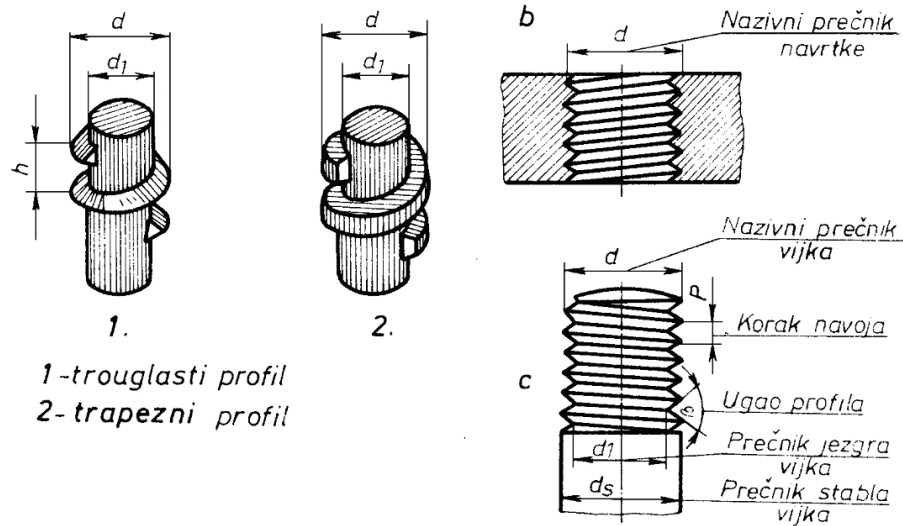
Ako se pravougli trougao, čija je visina  $P$ , a osnova dužine  $\pi d$ , zarotira oko valjka prečnika  $d$ , hipotenuza tog trougla opisuje zavojnicu.



**Slika 6.14.** Nastanak zavojnice

Praktično, navoj se može izraditi na više načina i to: rezanjem na strugu, valjanjem, urezivanjem ureznicom ili narezivanjem nareznicom.

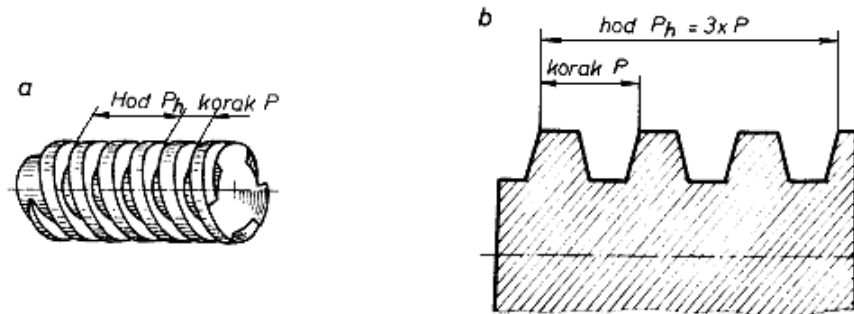
Valjak na kome se izrađuje navoj naziva se stablo. Stablo sa navojem naziva se vijak ili zavrtanj.



1 -trouglasti profil  
2 -trapezni profil

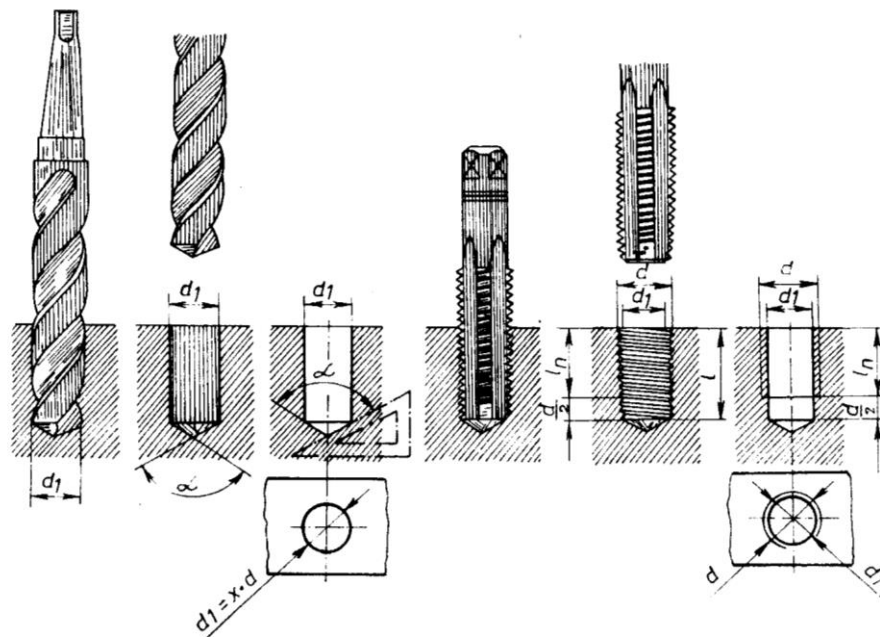
Slika 6.15. Elementi navoja

Istovremenim namotavanjem više navoja sa simetrično raspoređenim počecima po obimu osnovne valjka, dobija se dvostruki, trostruki ili višestruki navoj.



Slika 6.16. Višestruki navoj

Da bi se lakše objasnilo crtanje unutrašnjeg navoja, na slici 6.17. prikazan je postupak izrade navoja ureznicom i označene su osnovne veličine navoja.



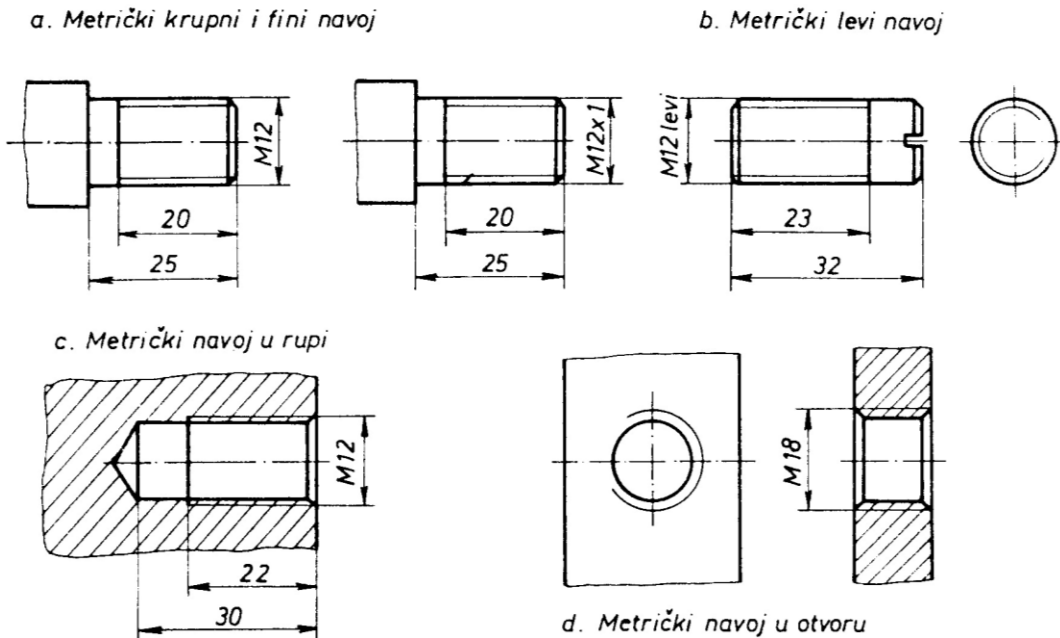
Slika 6.17. Postupak izrade i osnovne veličine unutrašnjeg navoja

### Crtanje, kotiranje i označavanje navoja

Kod standardnih zavtrnjeva kotira se nazivni prečnik, aktivna dužina navoja i dužina stabla zavtrnja.

Kod slijepih otvora sa navojem kotiraju se nazivni prečnik navoja, dužina navoja sa punim profilom i dubina rupe.

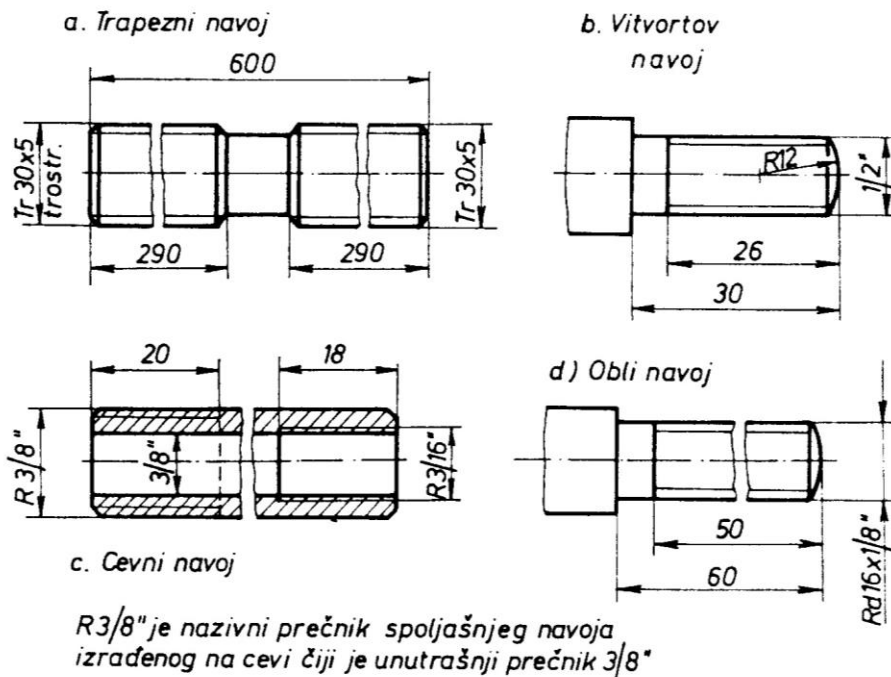
Dubina navoja označava se tankom punom linijom, dok se prečnik rupe se ne kotira.



Slika 6.18. Crtanje, kotiranje i označavanje navoja

Ispred nazivnog prečnika stavlja se oznaka vrste navoja: *M* – metrički, *R* – cijevni, *Rd* – obli, *Tr* – trapezni.

Kada je riječ o sitnom navoju označava se i veličina koraka *P*.

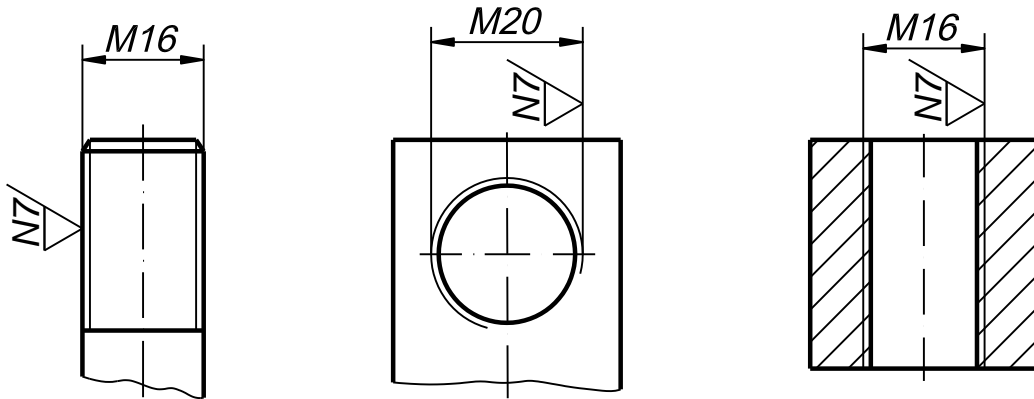


$R\frac{3}{8}$ " je nazivni prečnik spoljašnjeg navoja izrađenog na cevi čiji je unutrašnji prečnik  $\frac{3}{8}$ "

Slika 6.19. Crtanje, kotiranje i označavanje navoja

### Označavanje kvaliteta navoja

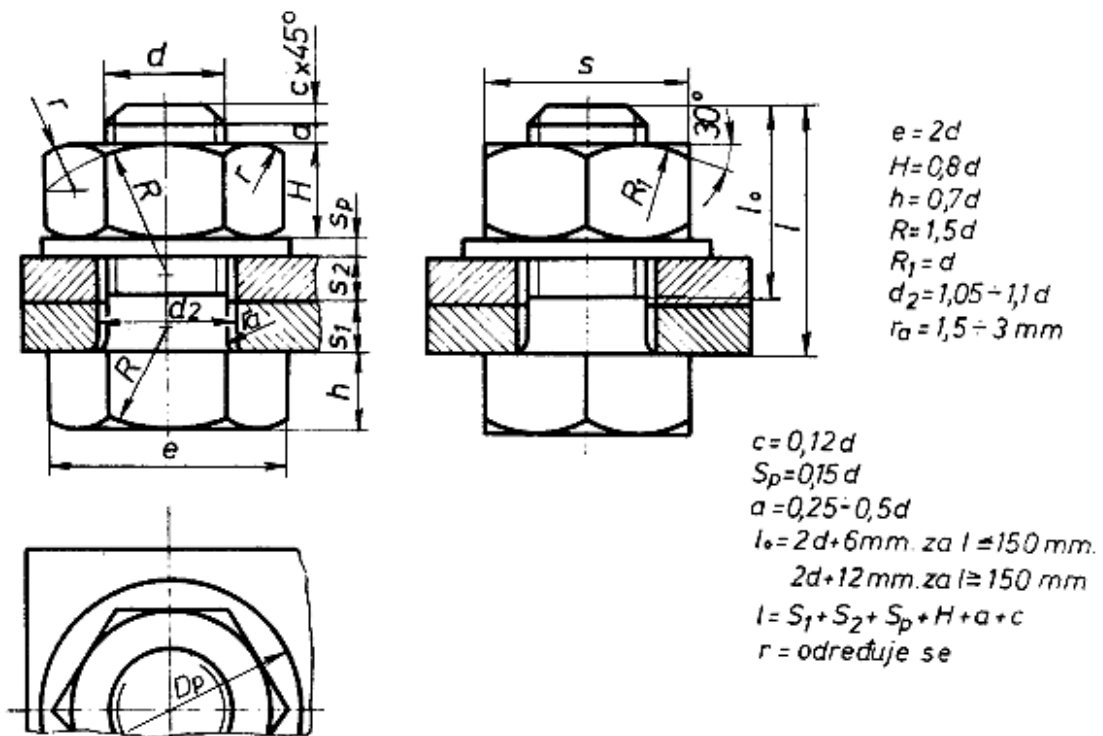
Kod označavanje kvaliteta navoja kukica se stavlja na konturu nazivnog prečnika.



Slika 6.20. Označavanje kvaliteta navoja

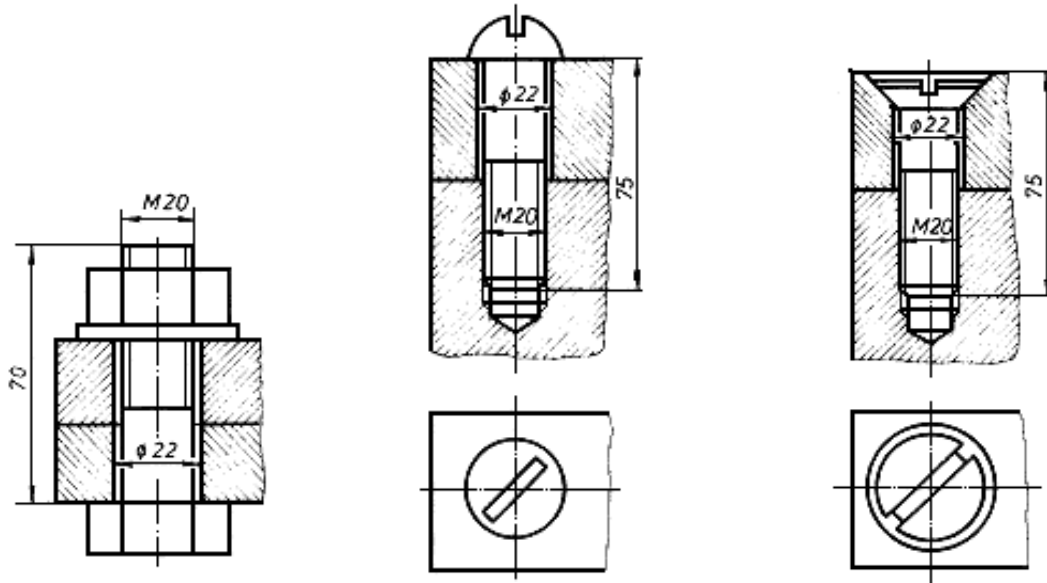
### 6.4.2. Čvrsta razdvojiva veza zavrtnjima

S obzirom na čestu upotrebu, na sljedećoj slici je prikazana razdvojiva veza limova zavrtnjem, šestougaonim navrtkom i podloškom. Da bi se dobila skladna konstrukcija date su preporuke za pojedine veličine.



Slika 6.21. Čvrsta razdvojiva veza dva lima zavrtnjem

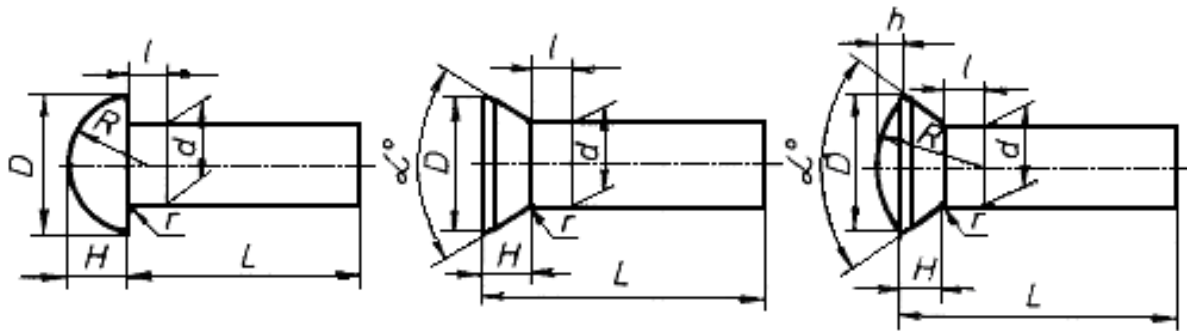
Da bi se crtež pojednostavio, veza zavrtnjem se može nacrtati uprošćeno.



**Slika 6.22.** Uprošćeno crtanje veza limova zavrnjevima sa šestougaonom, vijcima sa sfernom i konusnom upuštenom glavom

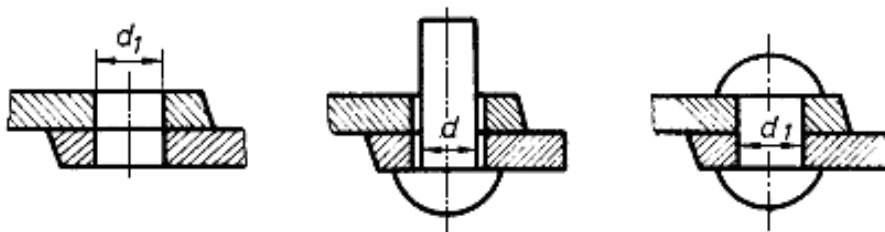
#### 6.4.3. Čvrsta nerazdvojiva veza zakivcima

Mnoge metalne konstrukcije sastoje se iz dijelova međusobno vezanih zakivcima (zakovicama).



**Slika 6.23.** Različiti oblici zakivaka

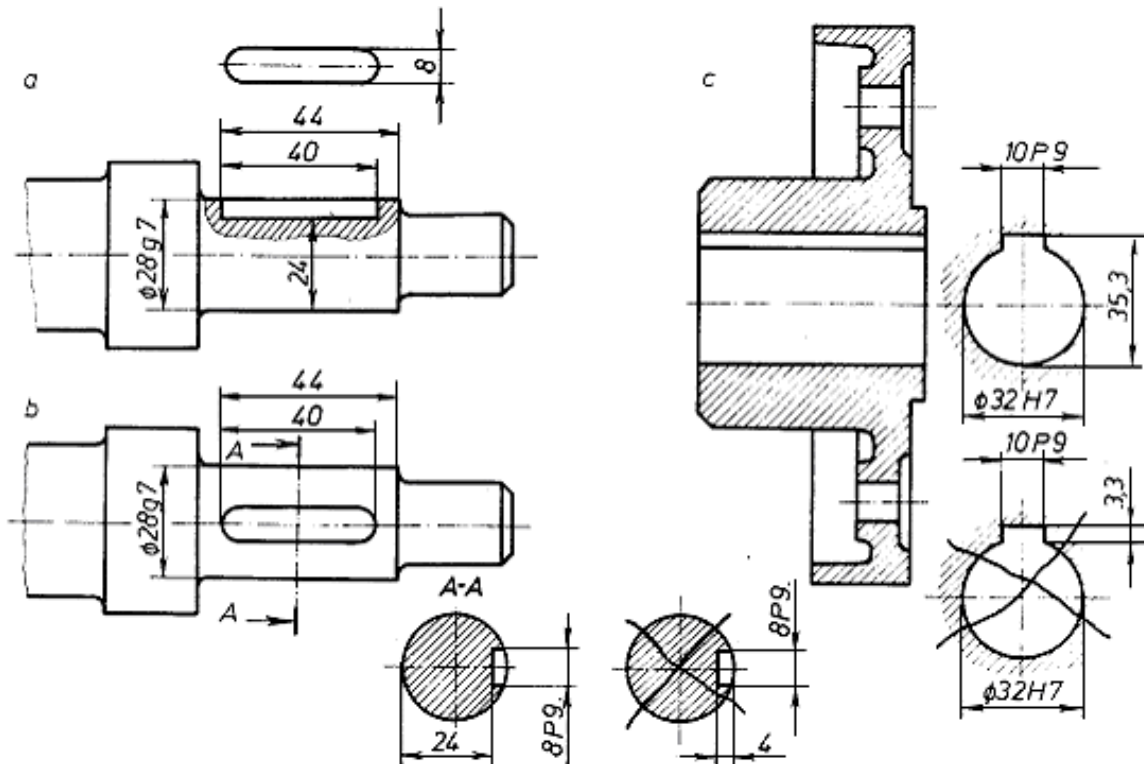
Da bi se ostvarila veza, zakivak se stavlja u otvore dijelova koji se spajaju i udarcima ili pritiskom formira se druga glava.



**Slika 6.24.** Zakivanje punim zakivcima

#### 6.4.4. Veza glavčine i vratila uzdužnim klinom

Uzdužnim klinovima može se ostvariti razdvojiva veza vratila (slika 6.25, a i b) i glavčine zupčanika (slika 6.25, c), pužnog točka, glodala, zamajca itd.



Slika 6.25. Veza glavčine i vratila uzdužnim klinom

#### 6.4.5. Elastična veza oprugama

Oprugama se ostvaruje elastična veza mašinskih dijelova. Oblik opruge zavisi od zadatka koji ona treba da obavi. Uprošćeno crtanje koristi se za šematsko prikazivanje mašina i uređaja i njihov rad.

Tabela 6.1. Prikazivanje opruga

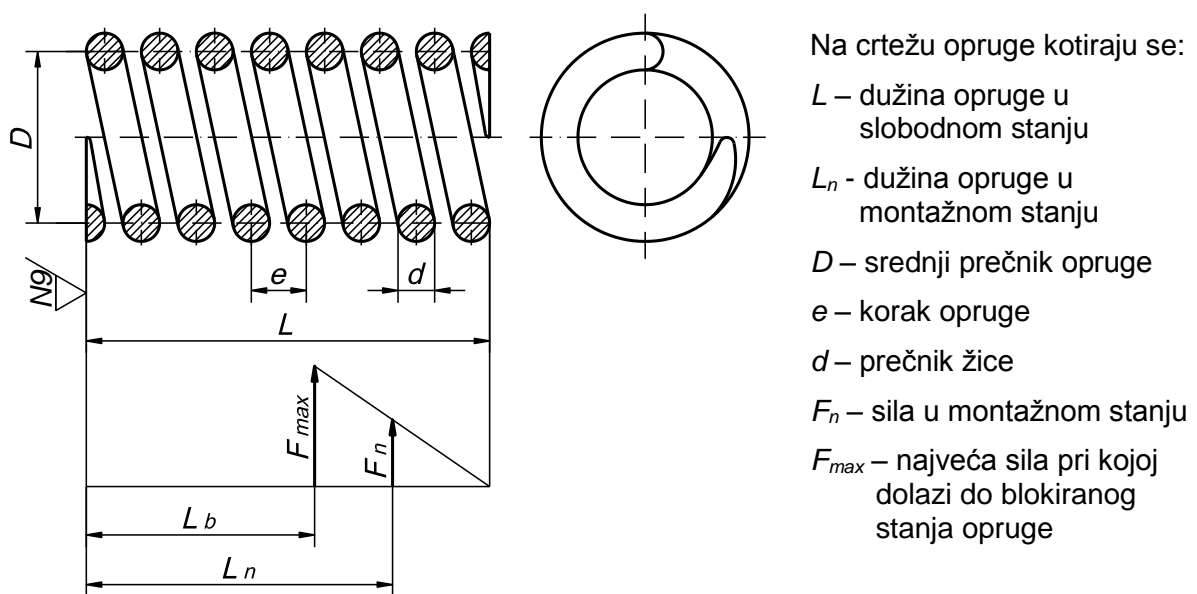
Naziv	Izgled	Presjek	Uprošćeno
Cilindrična navojna opruga koja se opterećuje na istezanje			
Cilindrična navojna opruga koja se opterećuje na sabijanje			



**Nastavak tabele 6.1. Prikazivanje opruga**

Naziv	Izgled	Presjek	Uprošćeno
Konusna navojna opruga koja se opterećuje na sabijanje			
Cilindrična navojna opruga koja se opterećuje na uvijanje			
Tanjirasta opruga			
Lisnata opruga			
Spiralna opruga			

Jedan od najčešće korišćenih oblika opruga jeste cilindrična navojna opruga (slika 6.26).









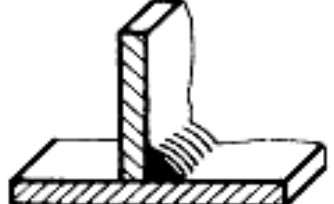
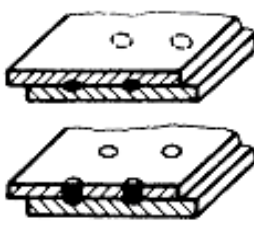
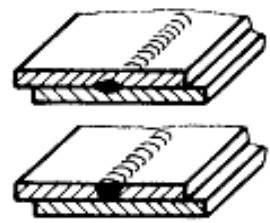
**Slika 6.26. Cilindrična navojna opruga koja se opterećuje na sabijanje i prikaz dijagrama opterećenja**

### 6.4.6. Zavareni spojevi

Zavarivanje je postupak izrade nerazdvojivih veza između istih ili različitih materijala, u topljenom ili omekšanom stanju. Zavareni spoj se sastoji iz osnovnog materijala, šava i zone uticaja toplote. Šav se obrazuje očvršćavanjem mješavine osnovnog i dodatnog materijala, na mjestu spoja.

Različite vrste šavova predstavljaju se oznakama koje su, u osnovi, po obliku slične šavu koji se izvodi, a prikazane su u tabeli 6.2.

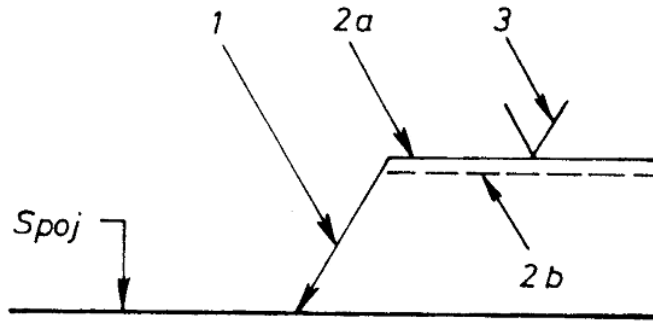
**Tabela 6.2. Oznake vrsta šavova**

R.br.	Naziv	Izgled šava	Oznaka
1.	jednostrani šav		
2.	jednostrani V šav		V
3.	jednostrani V šav sa jednom zakošenom stranicom		∇
4.	jednostrani Y šav		Y
5.	jednostrani U šav (sa paralelnim ili kosim stranicama)		∩
6.	potkorjeni zavar, odnosno šav		∪
7.	ugaoni šav		△
8.	tačkasti šav		○
9.	linijski šav		⊕

**Oznaka šavova na crtežima**

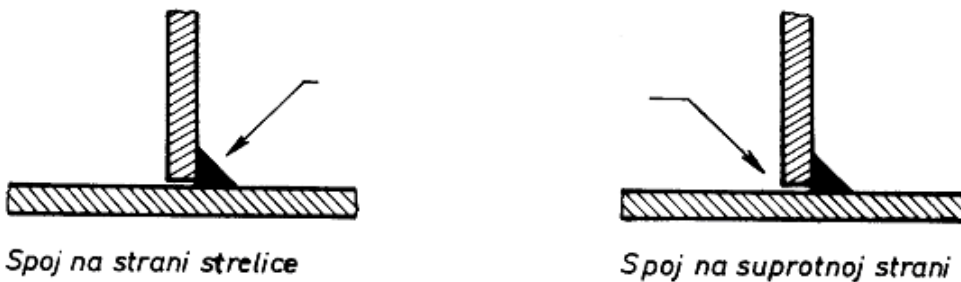
Na slici 6.14 dati su elementi oznake šava i sastoje se od:

- 1 - Strelica
- 2a - Pokazna linija (puna)
- 2b - Pokazna linija (isprekidana)
- 3 - Oznaka vrste šava i oznaka brojne vrijednosti mjera

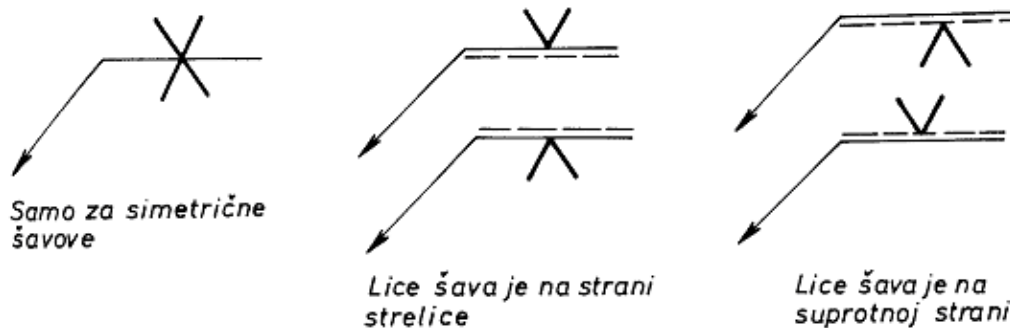


**Slika 6.27.** Oznaka šava

Isprekidana linija 2b može biti iznad ili ispod pune linije i služi za određivanje da li je lice šava na strani strelice ili na suprotnoj strani.

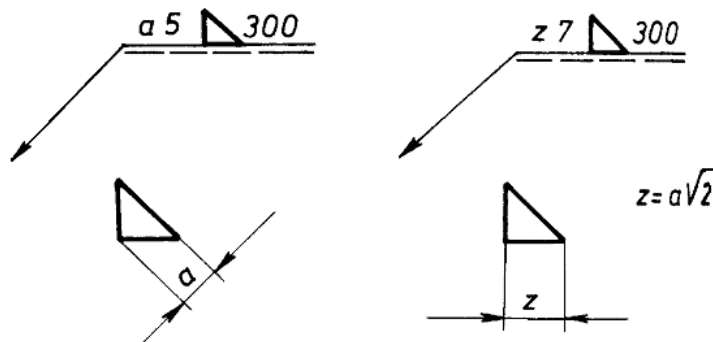


**Slika 6.28.** Položaj strelice u odnosu na spoj



**Slika 6.29.** Položaj pokazne linije i mjesto oznake u odnosu na pokaznu liniju

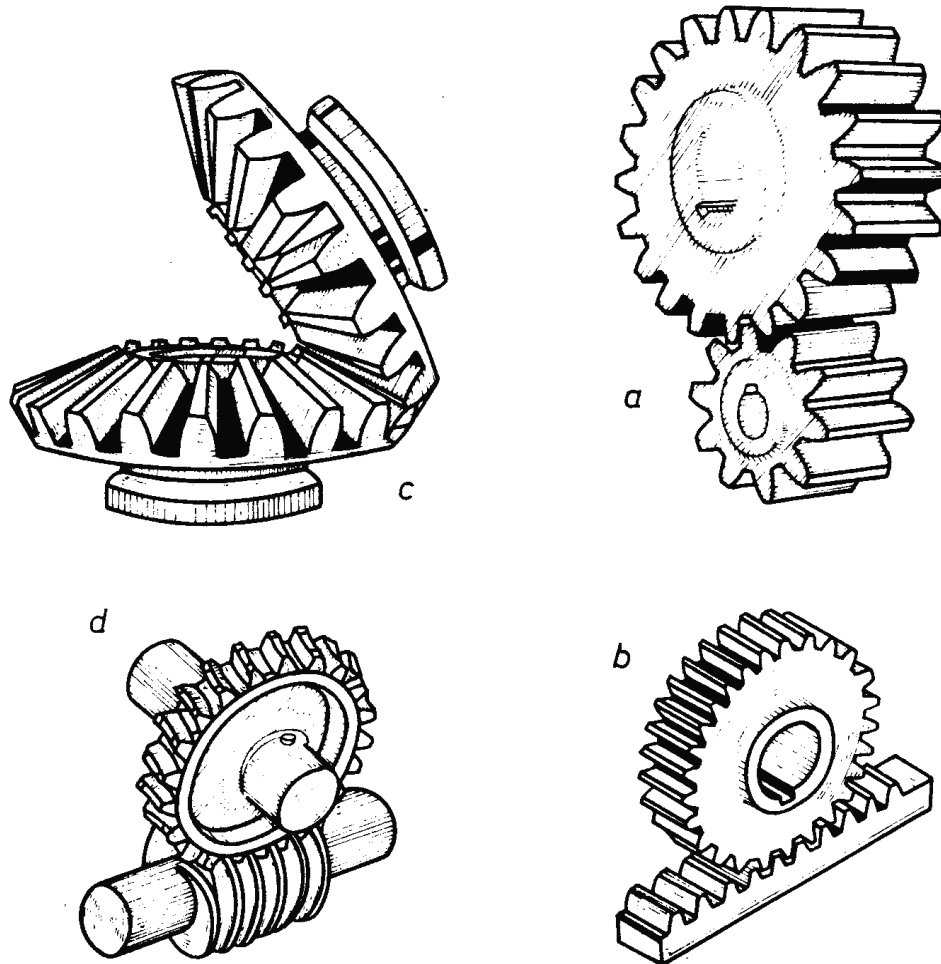
Glavne mjere poprečnog presjeka šava pišu se na lijevoj strani, a dužine šava i koraka na desnoj strani oznake za šav.



**Slika 6.30.** Upisivanje i određivanje mjera ugaonih šavova

## 6.5. ZUPČASTI PAROVI

Zupčasti prenos se primjenjuje kada se traži tačan odnos obimnih brzina u toku rada zupčastih parova, u slučaju manjih rastojanja između pogonske i radne mašine. Prenos može da se ostvari uz pomoć jednog ili više zupčastih parova.

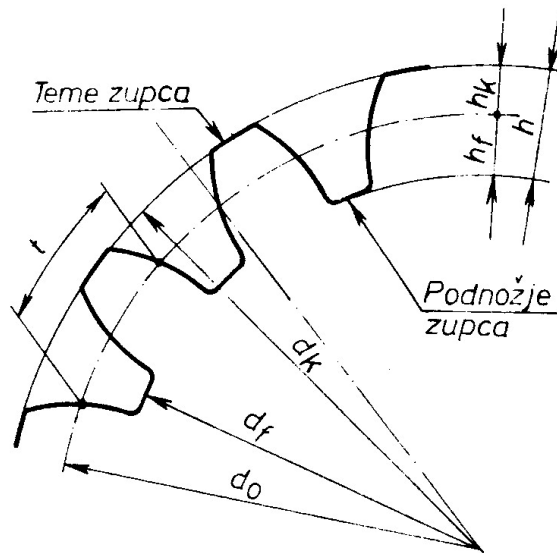


**Slika 6.31.** Vrste zupčastih parova

- a. Cilindrični zupčasti par
- b. Zupčanik i zupčasta letva
- c. Konusni zupčasti par
- d. Pužni zupčasti par

Zupčanik se sastoji iz tijela zupčanika i ozubljenog vijenca. Profil zupca može da bude evolventni i cikloidni.

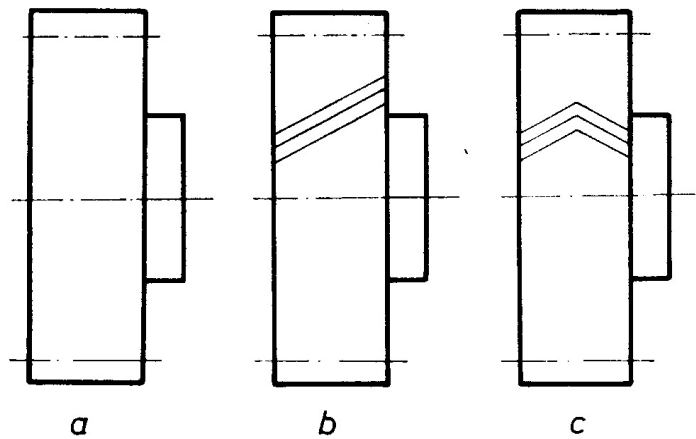
Na ozubljenom vijencu cilindričnog zupčanika uočavaju se podiona, tjemena i podnožna kružnica, pa prema tome i njihovi prečnici  $d_o$ ,  $d_k$ ,  $d_f$ .



Slika 6.32. Elementi ozubljenog vijenca

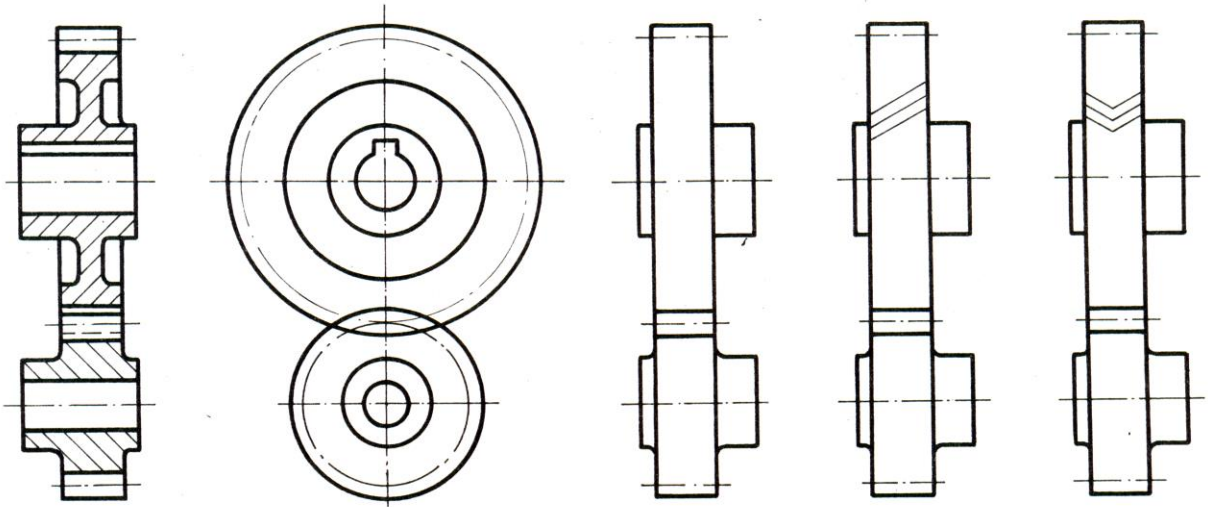
Tabela 6.3. Prikaz simbola zupca različitog oblika

Oblik (pravac) zupca	Simbol zupca
Kosi desni	
Kosi levi	
Strelasti	
Zavojni	

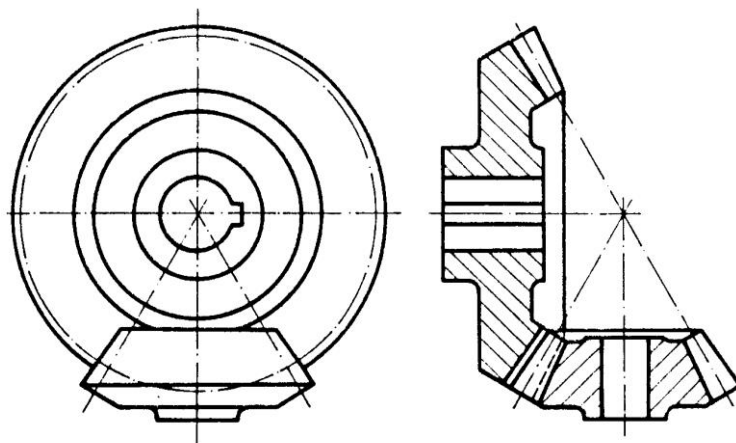


Slika 6.33. Uprošćeni prikaz cilindričnih zupčanika sa pravim (a), kosim (b) i strelastim zupcima (c)

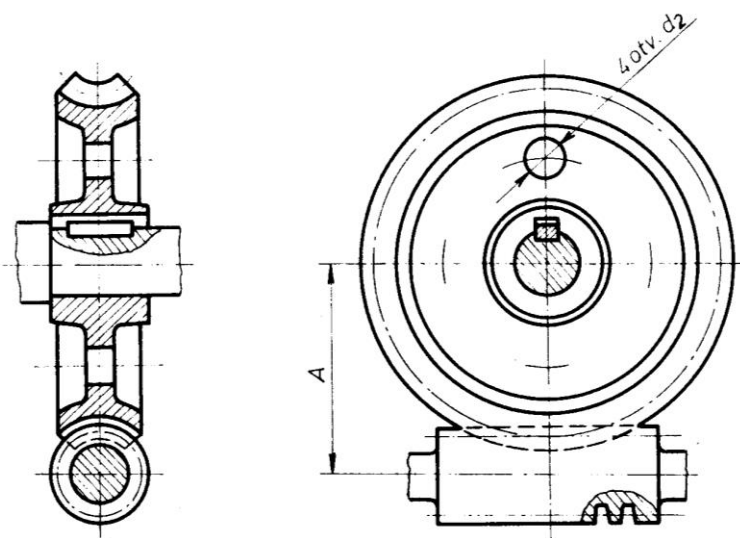
6.5.1. Uprošćeno prikazivanje zupčastih parova



Slika 6.34. Cilindrični zupčasti par

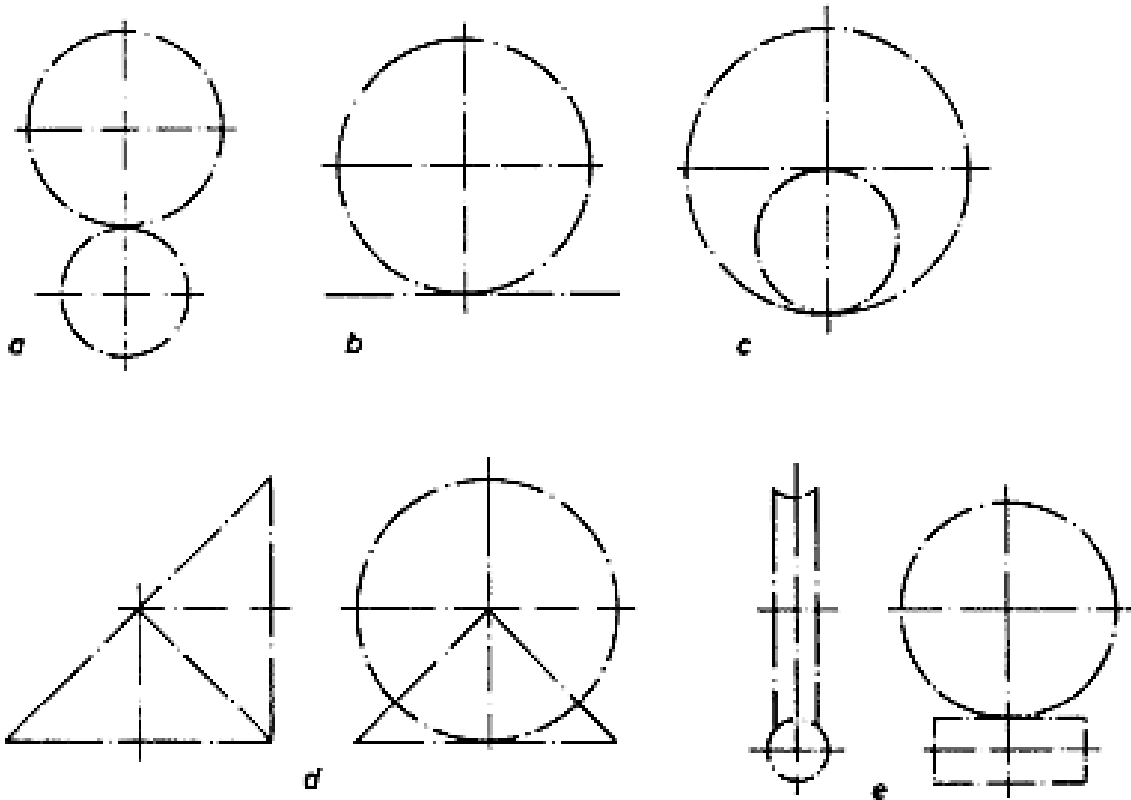


Slika 6.35. Konični zupčasti par



Slika 6.36. Pužni zupčasti par

### 6.5.2. Šematsko prikazivanje zupčastih prenosnika

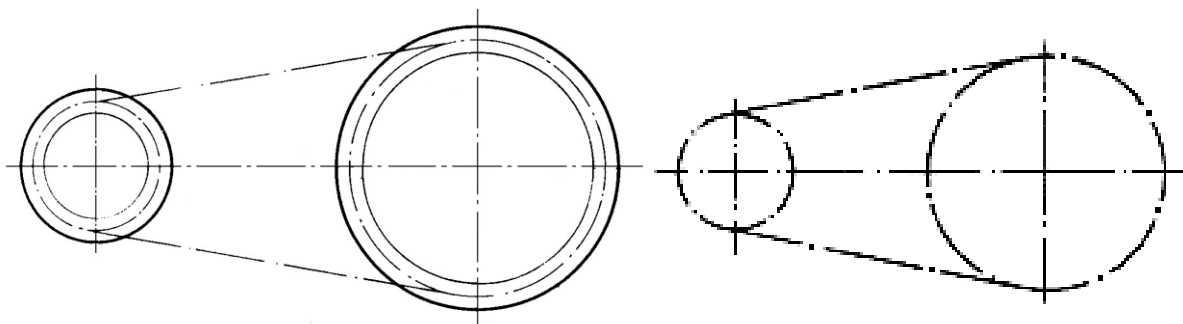


**Slika 6.37.** Šematsko prikazivanje zupčastih prenosnika

- a. Cilindrični zupčasti par; b. Zupčanik i zupčasta letva; c. Cilindrični zupčasti par sa unutrašnjim ozubljenjem; d. Konusni zupčasti par; e. Pužni zupčasti par

### 6.6. UPROŠĆENO CRTANJE LANČANOG PRENOSNIKA

Lančani prenosnik čine lančanici koje u međusobnu spregu dovodi lanac, kao posredni element.



**Slika 6.38.** Uprošćeni prikaz lančanog prenosnika

**Slika 6.39.** Šematski prikaz lančanog prenosnika

## 6.7. UPROŠĆENO PRIKAZIVANJE KOTRLJAJNIH LEŽAJA

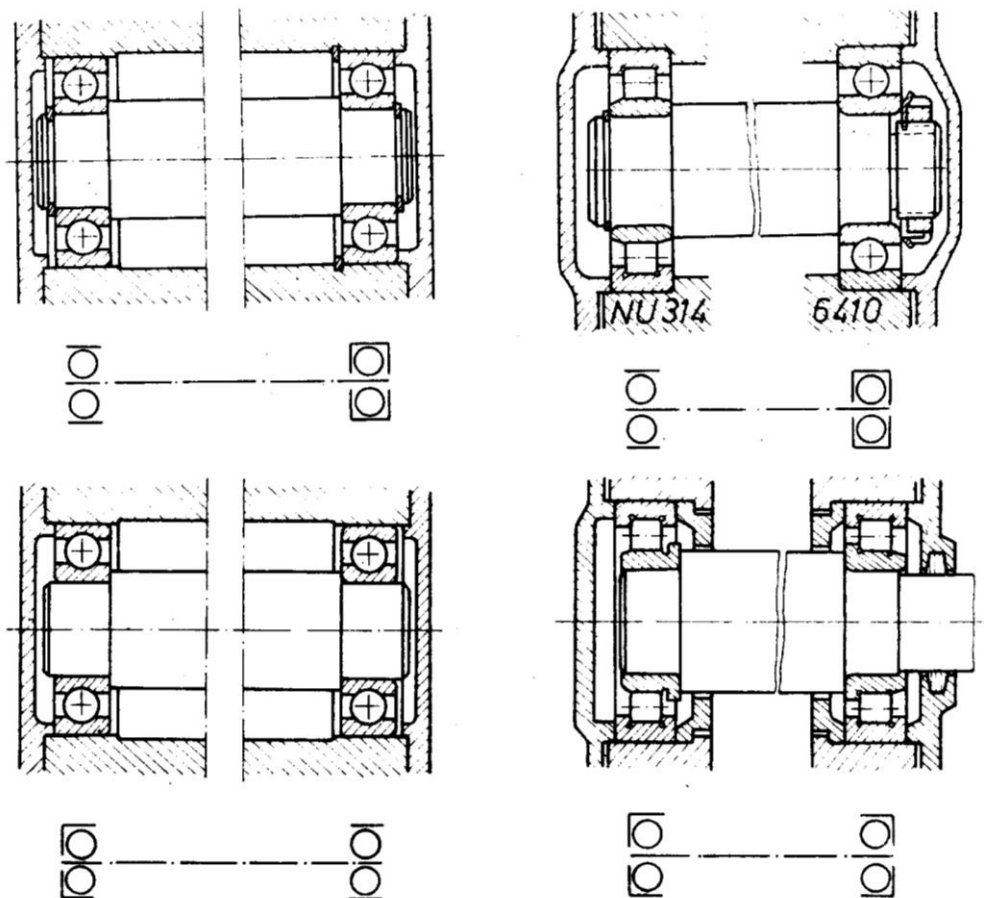
Šematski prikaz kotrljajnih ležaja se koristi tamo gdje je takav prikaz dovoljan, u skicama uz proračune i izvještaje.

Tijela za kotrljanje se šematski predstavljaju kružnim oblikom, bez obzira na vrstu ležaja.

U zavisnosti od konstrukcije i načina ugradnje ležaj može da prenosi različite sile (tabela 6.4).

**Tabela 6.4.** Shematski prikaz ležišta

Ležište služi za prenos:	Shematski prikaz
radijalnih sila	
radijalnih i jednosmernih aksijalnih sila	
radijalnih i dvosmernih aksijalnih sila	
jednosmerne aksijalne sile	
dvosmerne aksijalne sile	



**Slika 6.40.** Uprošćeno i šematsko prikazivanje kotrljajnih ležaja



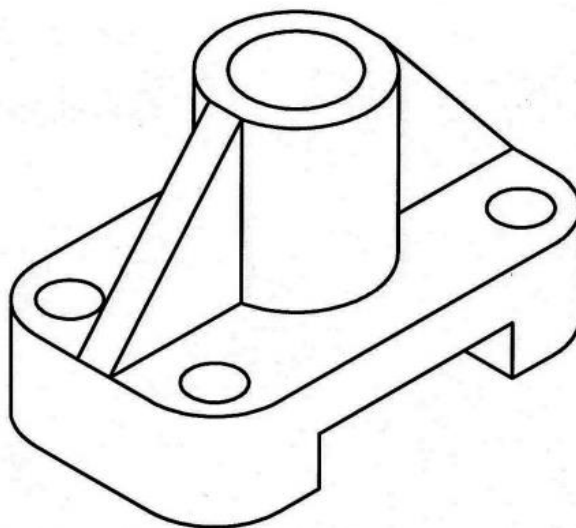
## 6.8. RADIONIČKI CRTEŽI

Radionički crteži su crteži po kojima se dijelovi izrađuju u radionicama od propisanog materijala i određenim postupcima obrade. Crtaju se na standardnim formatima papira sa okvirom i zaglavljem u standardnoj razmjeri, sa dovoljnim brojem pogleda i potrebnim presjecima tako da zadati dio bude potpuno oblikovan i dimenziono definisan. Pri izradi tih crteža moraju se poštovati odredbe standarda u pogledu simbola, zaglavlja, tehničkog pisma, kotiranja, kvaliteta obrade, tolerancija i drugog. Radionički crteži se izrađuju kada se konstruišu novi dijelovi ili kada se mašinski dio u taku rada polomi ili dotraje.

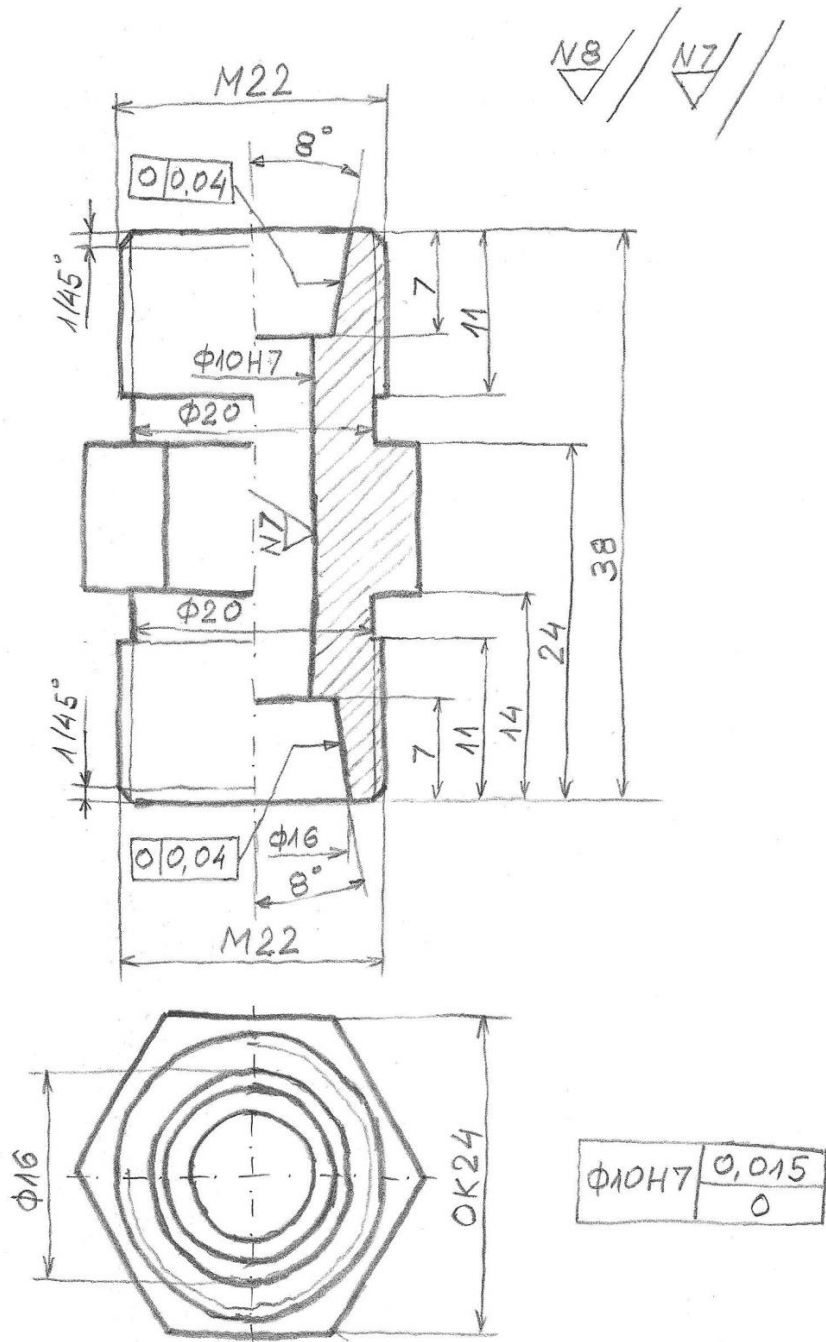
Izrada radioničkih crteža se može sprovoditi snimanjem modela, odnosno snimanjem stvarnog mašinskog dijela ili crtanjem mašinskih dijelova koji su zadati aksonometrijskim crtežom. Pri izradi radioničkog crteža nekada je potrebno prethodno izvršiti skiciranje dijela. Skica je crta slobodnom rukom u proizvoljnoj razmjeri, pri čemu se moraju poštovati pravila tehničkog crtanja. Na skici se nanese stvarne mjere pa se potom pristupa izradi radioničkog crteža. Za izradu skice su potrebni instrumenti, odnosno pribor za mjerenje. Na slikama 6.41. i 6.42. prikazani su mašinski dijelovi čiji su radionički crteži dati na stranama 169. do 172.



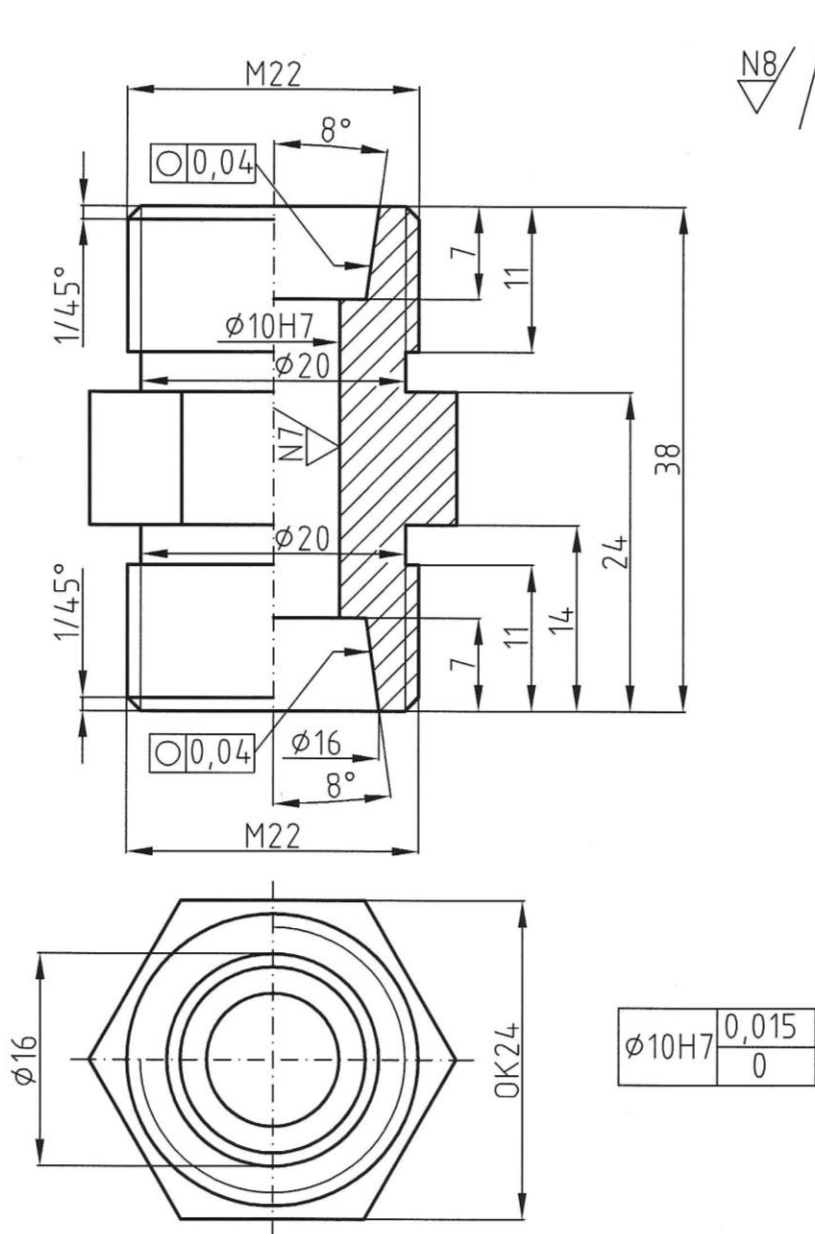
**Slika 6.41.** Priključnica



**Slika 6.42.** Kućište ležaja



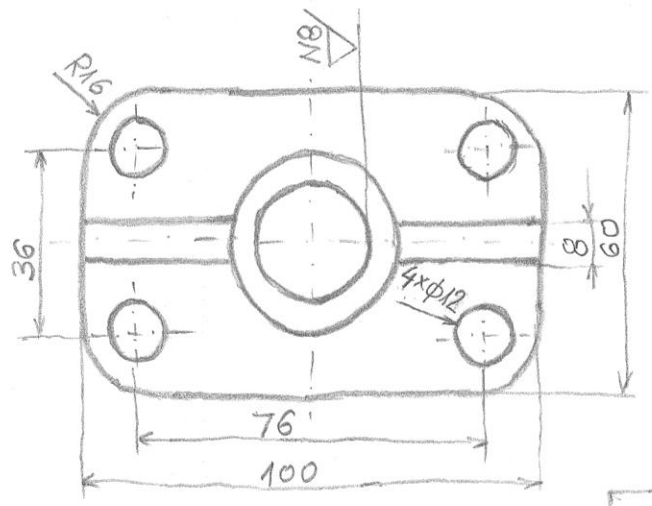
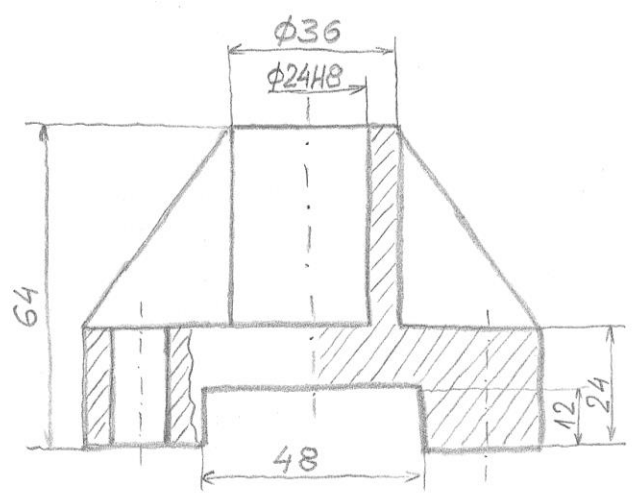
Obradio Ime i prezime	Odobrio	Mašinski fakultet Istočno Sarajevo	Naziv	PRIKLJUČNICA	1
			Oznaka	05.01.	2



$\phi 10H7$	0,015
	0

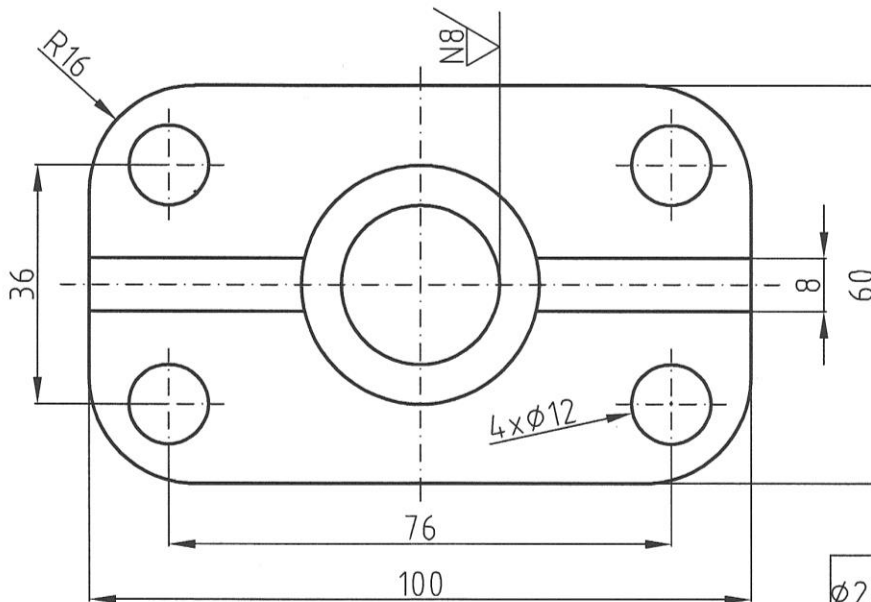
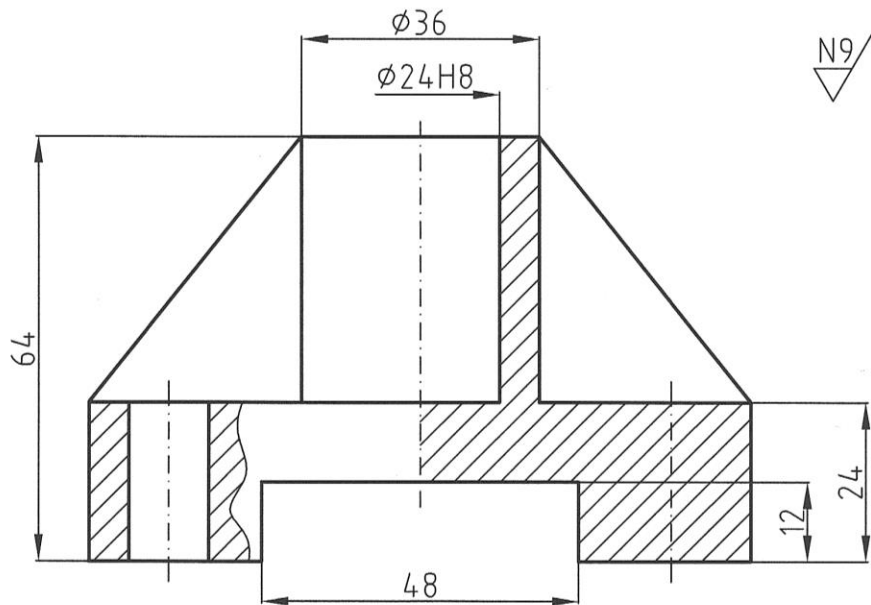
Tolerancije slobodnih mjera		Površinska hrapavost		Površinska zaštita	
Materijal S420N (Č 0420)				Termička obrada	
		Masa		Razmjera 2 : 1	
Datum		Naziv		<b>PRIKLJUČNICA</b>	
Obrad.		Ime			
Stand.		Prezime			
Odobr.					
MAŠINSKI FAKULTET ISTOČNO SARAJEVO		Oznaka 05.01.		List 1	
St i	Izmjene	Datum	Ime	Izv pod.	Zamjena za
					L 2

N9 / N8



φ24H8	0,033
	0

Obradio Ime i prezime	Odobrio	Mašinski fakultet Istočno Sarajevo	Naziv KUĆIŠTE LEŽAJA	2
			Oznaka 05.02.	2



Ø24H8	0,033
	0

Tolerancije slobodnih mjera		Površinska hrapavost		Površinska zaštita	
Materijal S235JO (Č 0362)				Termička obrada	
		Masa		Razmjera 1 : 1	
Datum		Ime		Prezime	
Obrad.		Stand.		Odobr.	
MAŠINSKI FAKULTET ISTOČNO SARAJEVO				Naziv KUĆIŠTE LEŽAJA	
Oznaka 05.02.				List 2	
Izv. pod.				Zamjena za L 2	
St i	Izmjene	Datum	Ime		

## 7. IZRADA CRTEŽA SKLOPA

### 7.1. OPŠTA RAZMATRANJA

Više mašinskih dijelova povezanih u jednu funkcionalnu i tehnološku cjelinu definiše se kao sklop. Skup tehničkih crteža sastavnih dijelova sklopa (podsklopova i mašinskih dijelova) predstavljaju njegovu tehničku dokumentaciju.

Pri izradi sklopnog crteža mašinski dio koji se crta, crta se u onom položaju u kom se nalazi u stvarnosti. Zatim se crta presjek tog dijela, kako bi se vidjeli svi njegovi sastavni dijelovi, koji se posle pozicioniraju, tj. svaki dio se označava posebnim brojem. Ako se neki dio javlja više puta, pozicioniranje se izvodi samo jednom. Pozicioniranje se vrši po određenom redosljedu ili se brojevi pišu po redosljedu ili prema spisku (sastavnici) gde su svi dijelovi poredani po vrsti ili se pozicioniranje vrši prema redosljedu montaže. Pozicije se nanose po određenim horizontalama i/ili vertikalama. Pozicije se uvek ispisuju vertikalno ispisanim brojevima, pri čemu pokazna linija može imati horizontalnu "oslonu" liniju mada i ne mora. Na sklopnom crtežu se obavezno prikazuju i gabaritne dimenzije predmeta, tj. najveća širina, najveća dužina i najveća visina.

Pored gabaritnih dimenzija, kada se ukaže potreba za tim, mogu se prikazati i neke druge dimenzije. Obično se daju priključne dimenzije nacrtanog dijela, osna visina i sl.

Za izradu sklopnih crteža koriste se standardi i principi tehničkog crtanja.

Uz svaki sklopni crtež obavezno se popunjava sastavnica, koja može biti nacrtana i popunjena na samom sklopnom crtežu, što se danas rjeđe koristi ili se sastavnica daje kao poseban dokument (na A4 formatu) u vidu štampanog formulara koji se popunjava, za dati sklop.

Prije početka izrade crteža sklopa potrebno je ustanoviti:

- kakvu funkciju ima sklop koji se crta;
- kakva je uloga pojedinih dijelova sklopa u toku rada;

- u kakvoj su međusobnoj vezi pojedini elementi sklopa;
- oblik i mjere pojedinih elemenata sklopa i materijal od koga su izrađeni.

Crtanje sklopa obuhvata sljedeće faze:

- Određivanje potrebnog broja projekcija, presjeka i veličina sastavnice, usvajanje razmjere u kojoj se crta;
- Izbor veličina formata i određivanje rasporeda projekcija i presjeka crtanjem osa simetrije ili gabaritnih pravougaonika pojedinih izgleda;
- Crtanje sklopa dio po dio, istim redom kao da je reč o sklapanju. U ovoj fazi crta se olovkom bez pojačavanja linija;
- Pojačavanje linija, šrafiranje presjeka, unošenje gabaritnih i funkcionalnih kota;
- Crtanje i popunjavanje zaglavlja i sastavnice;
- Kontrola crteža.

Pri popunjavanju zaglavlja potrebno je da se uspostavi veza između broja crteža sklopa i brojeva crteža pojedinih detalja.

## 7.2. POZICIONI BROJEVI

- Dodjeljuju se svakom sastavnom dijelu sklopa (pojedinačnim detaljima ili kompletnim podsklopovima koji se u sklop ugrađuju kao prethodno formirana cjelina);
- Povezuju dijelove prikazane na crtežu sa sadržajem sastavnice;
- Na crtež se upisuju u jednom neprekidnom nizu rastućih brojeva po horizontali ili vertikali, izvan konture mašinskog dijela, a takođe se po rastućem rednom broju upisuju i u sastavnicu koja sadrži odgovarajuće podatke o tim dijelovima;
- Dvostruko su veći od kotnih brojeva, podvlače se kratkom debelom linijom i povezuju se pokaznom linijom sa dijelovima na koje se odnose;
- Pokazna linija se završava tačkom.

## 7.3. BROJEVI CRTEŽA

- Dodjeljuju se svakom radioničkom crtežu u cilju čuvanja, odlaganja i jednostavnog rukovanja tehničkom dokumentacijom;
- Mogu biti sastavljeni od cifara ili kombinovani iz slova i cifara i upisuju se u polje zaglavlja koje je za to predviđeno;
- Sadrže oznaku formata papira, tipa i veličine proizvoda, broja sklopa, podsklopa i mašinskog dijela međusobno odvojenih tačkom.

## 7.4. RAZRADA CRTEŽA SKLOPA

**Tehnička dokumentacija** sklopa sastoji se od:

- crteža sklopa;
- crteža podsklopova;
- radioničkih crteža detalja.

Standardizovani dijelovi se ne crtaju, već se prilikom popunjavanja sastavnice samo naznače standardi kojima se oni definišu.

### **Crtež sklopa**

- Prikazuje sklop cjelokupnog proizvoda;
- Daje pojam o njegovoj funkciji;
- Predstavlja osnovu za pravilno montiranje;
- Sadrži potreban broj projekcija sa presjecima koji prikazuju sve potrebne detalje;
- Na crtežu se daju gabaritne mjere sklopa;
- Zaglavlje sadrži sastavnicu sa neophodnim pozicijama i brojevima crteža podsklopova i detalja.

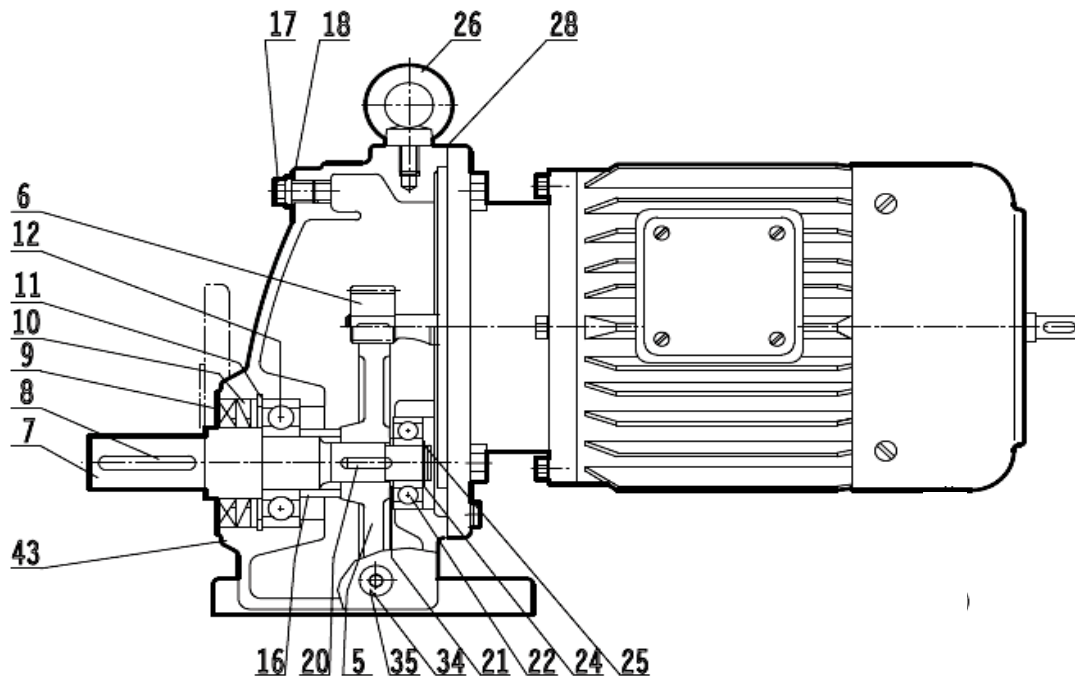
### **Crtež podsklopa**

- Prikazuje dijelove koji se ugrađuju kao prethodno formirana cjelina;
- Sve ono što sadrži crtež sklopa odnosi se i na crtež podsklopa;
- Sadrži potreban broj projekcija sa presjecima koji prikazuju sve potrebne detalje;
- Na crtežu se daju gabaritne mjere;
- Zaglavlje sadrži sastavnicu sa neophodnim pozicijama i brojevima radioničkih crteža detalja.

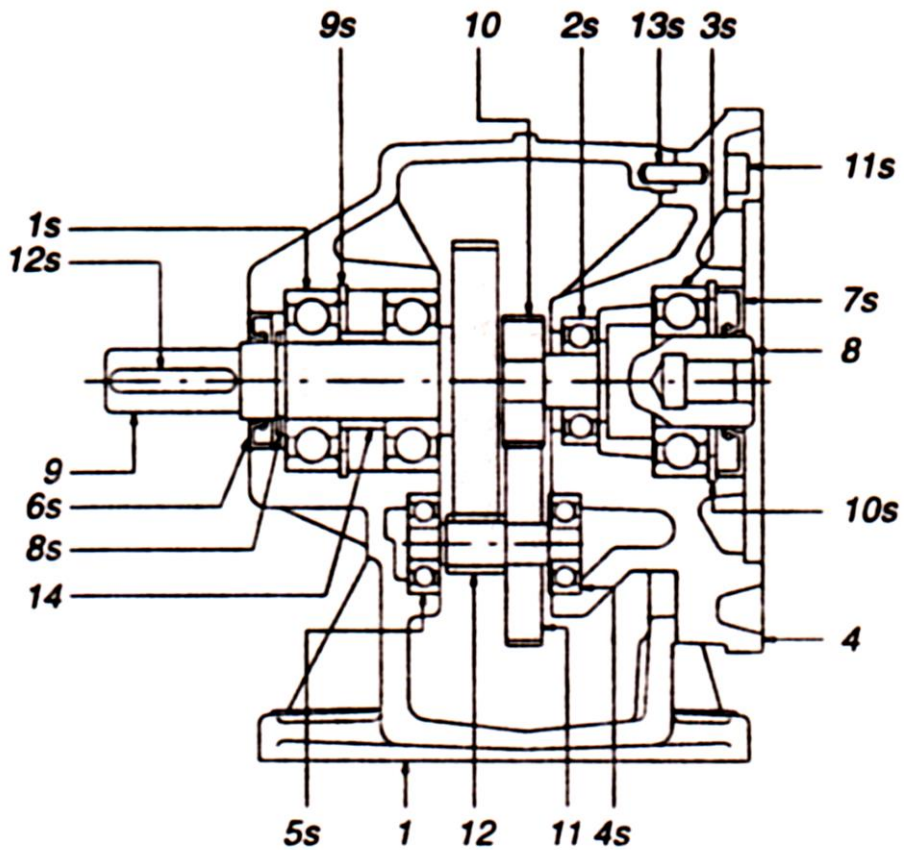
### **Radionički crteži detalja**

- Prikazuju osnovne mašinske dijelove sa potrebnim brojem projekcija i odgovarajućim presjecima;
- Sadrže neophodne dimenzije, tolerancije, oznake kvaliteta obrađenih površina i sve ostalo što je potrebno da dijelovi budu potpuno definisani po obliku, dimenzijama i primjenjenim tehnološkim procesima proizvodnje;
- Zaglavlje sadrži odgovarajući broj crteža, materijal, razmjeru, naziv crteža, oznaku izvornih tehničkih podataka (veza sa sklopom ili podsklopom), naziv firme u kojoj je crtež izrađen, imena i potpise osoba odgovornih za crtež i ostale podatke potrebne za razvrstavanje i upotrebu crteža.



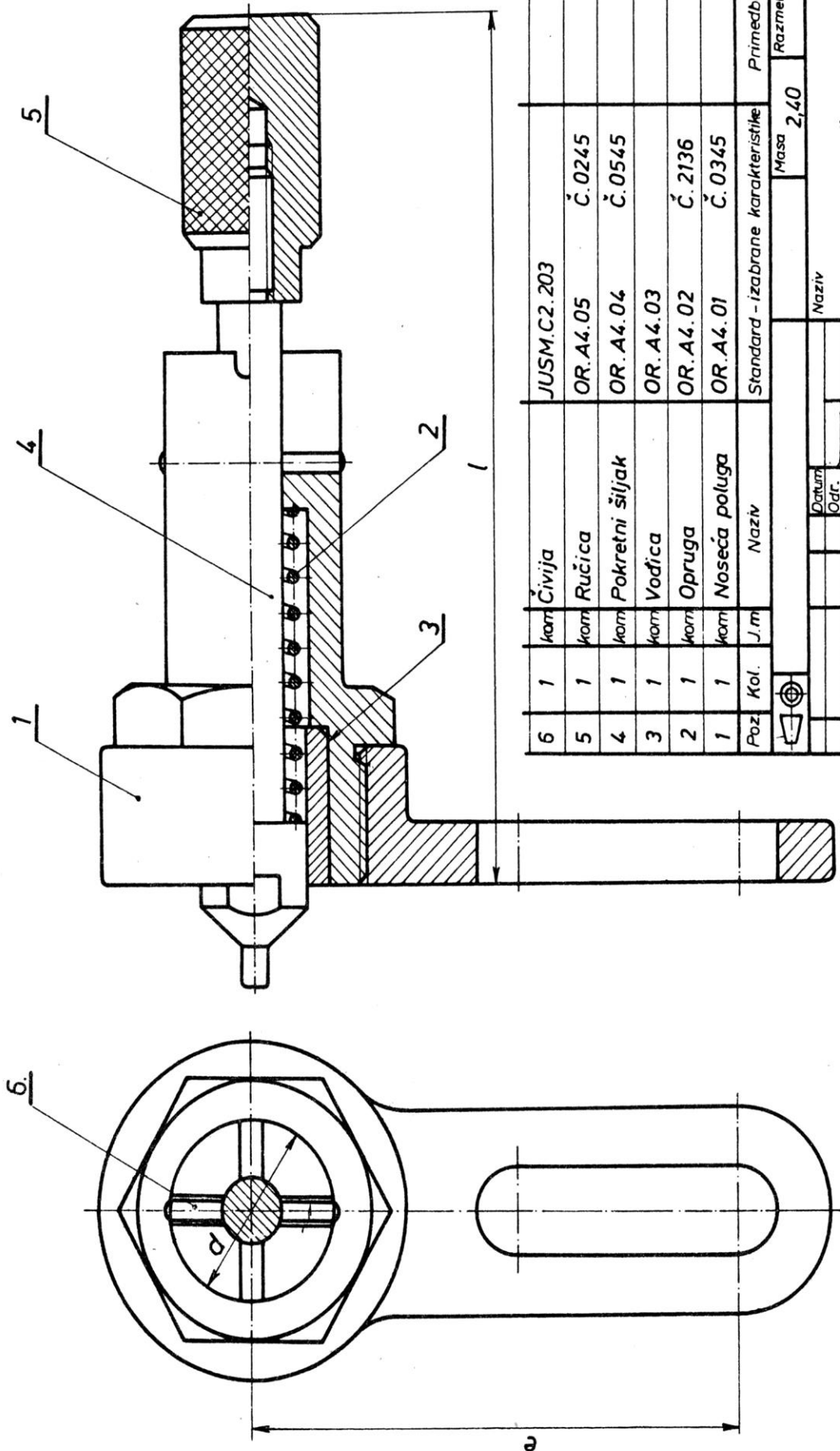


**Slika 7.1.** Sklopni crtež sa označenim pozicijama dijelova koji ga sačinjavaju



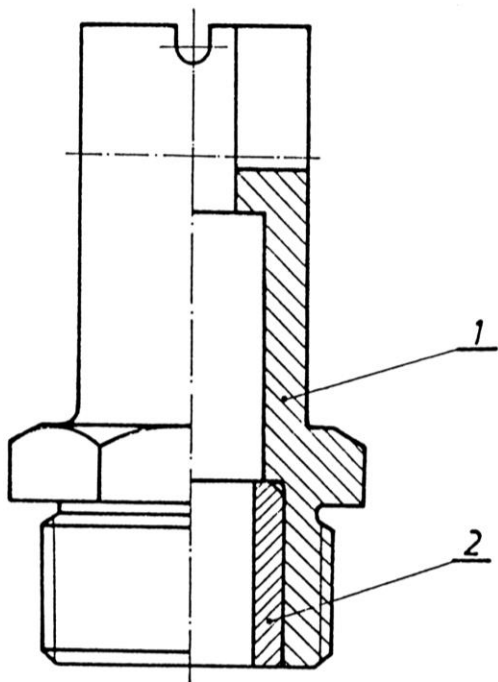
**Slika 7.2.** Sklopni crtež dvostepenog zupčastog reduktora sa označenim pozicijama dijelova

Na narednim slikama dati su primjeri crteža sklopova i modeli dijelova sklopova.

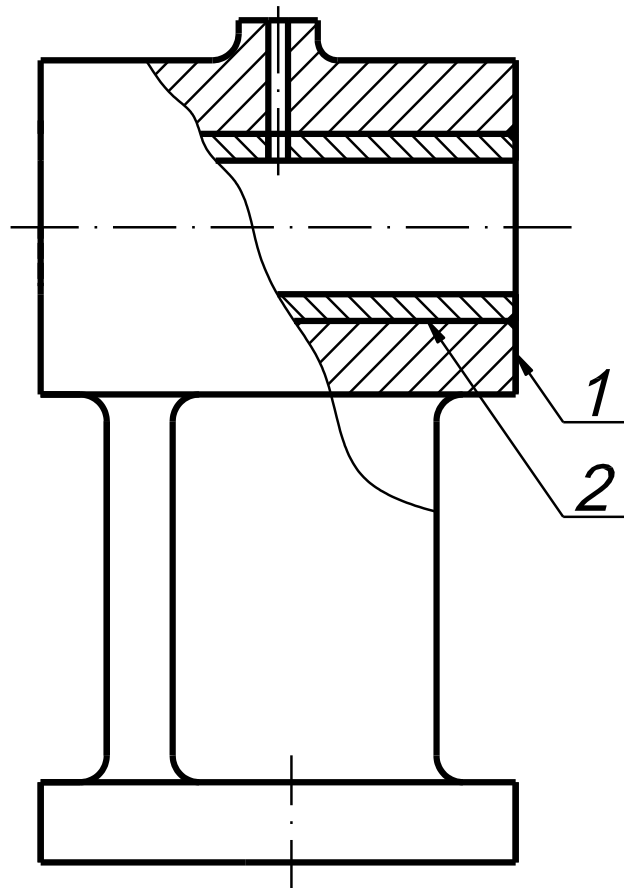


6	1	kom	Čivija	JUSM.C2.203	
5	1	kom	Ručica	OR.A4.05	Č.0245
4	1	kom	Pokretni šiljak	OR.A4.04	Č.0545
3	1	kom	Vodica	OR.A4.03	
2	1	kom	Opruga	OR.A4.02	Č.2136
1	1	kom	Noseća poluga	OR.A4.01	Č.0345
Poz	Kol.	J.m	Naziv	Standard - izabrane karakteristike	
				Masa	2,40
				Razmera 1:1	
			Datum	Naziv	
			Odr.	OKRETNNA RUČICA	
			Isp.		
			Stand		
			Odob.		
			FAKULTET INŽENJERSKIH NAUKA UNIVERZITETA U KRAGUEVCU		
St.i.	Izmena	Datum/ime	Oznaka		
			OR. A3.00		
			List		

Primecaba

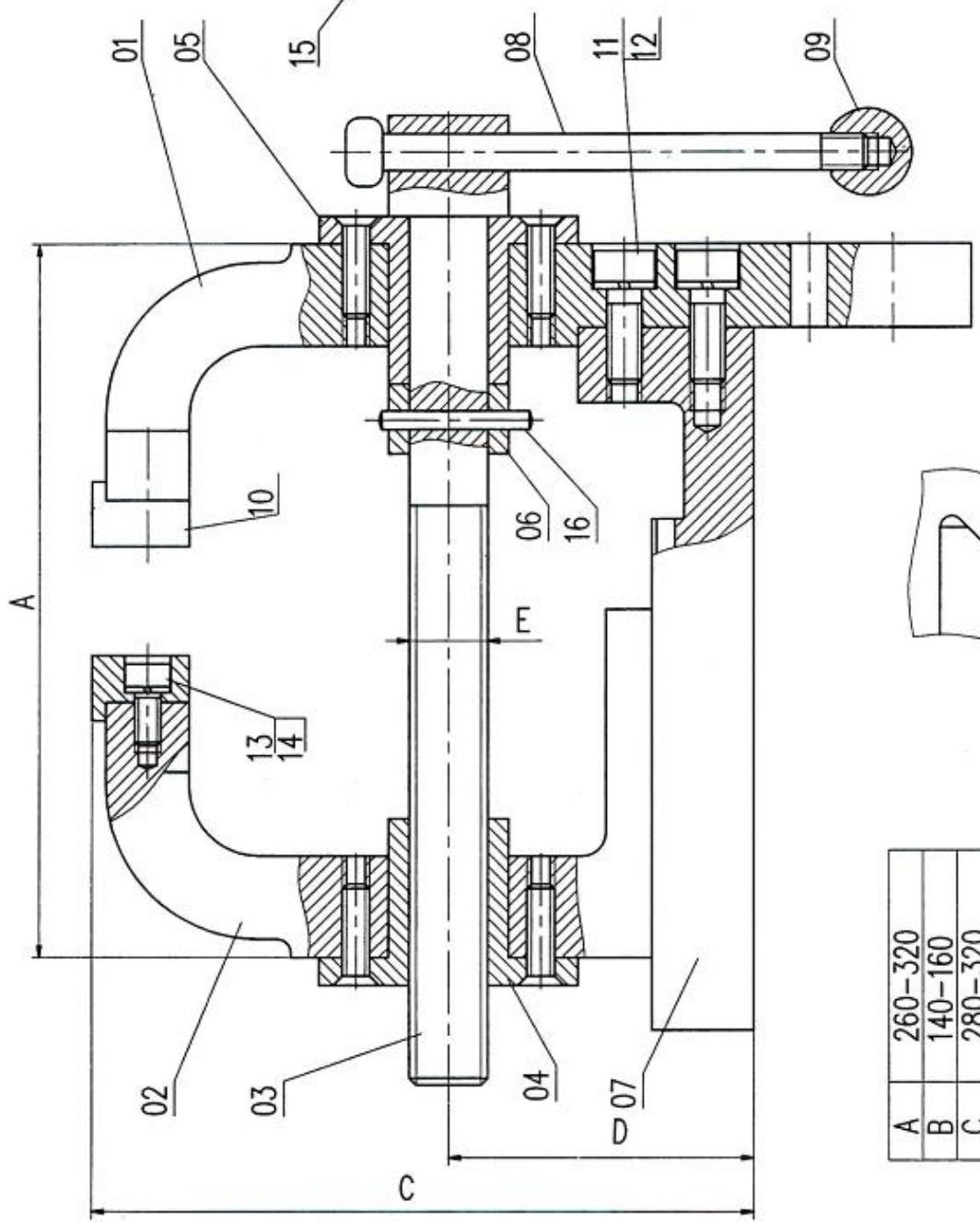
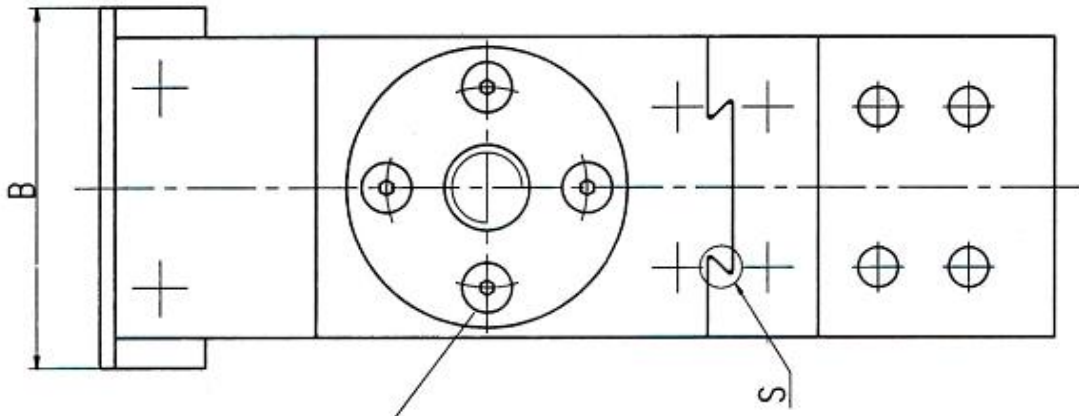


2	1	kom.	Čaura	OR.A4.03.02-PCu Sn 12	
1	1	kom.	Telo vođice	OR.A4.03.01 - Č.0445	
Poz.	Kol.	J.M	Naziv	Standard - Izabrane karakteristike	Primedba
				Masa	Razmera
				0,650	1:1
			Datum	Naziv:	
			Obrad.	VOĐICA	
			Ispit.		
			Stand.		
			Odobr.		
			FAKULTET INŽENJERSKIH NAUKA UNIVERZITETA U KRAGUJEVCU	Oznaka:	List
				OR.A4.03	
St.i	Izmene	Datum	Ime	Izv.podat.	Zamena za:
				OR.A3.00	

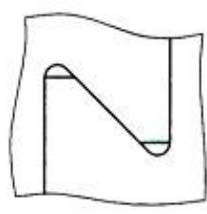


2	1	ком.	Чаура	A4.0 1. 02.02	CC483K	(P CuSn 12)
1	1	ком.	Тело носача	A3.01.02.01	EN-GJL-200	(SL 200)
Поз.	Кол.	Јм.	Назив	Стандард-изабране карактеристике		Примедба

			Маса		Размера	
Датум Обрад Станд. Одобр			Назив :  <b>НОСАЧ</b>			
ФАКУЛТЕТ ИНЖЕНЈЕРСКИХ НАУКА УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ			Ознака : <b>A4.0 1. 02</b>		Лист : Л	
Ст. и	Измене	Датум	Име	Изв. под.	А3.0 1. 00	Замена за :



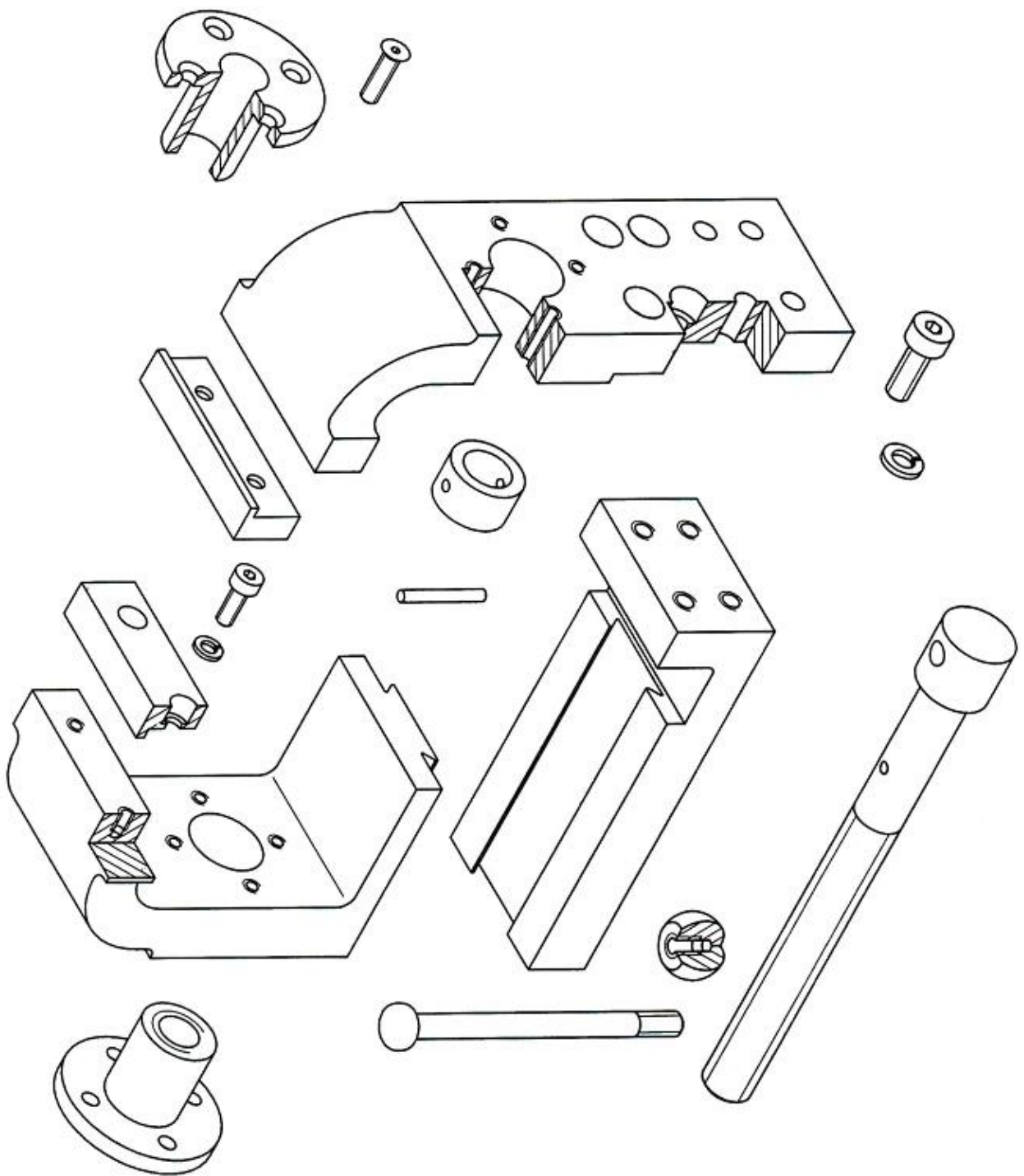
A	260-320
B	140-160
C	280-320
D	130-150
E	Tr28x5
	Tr30x6
	Tr32x6



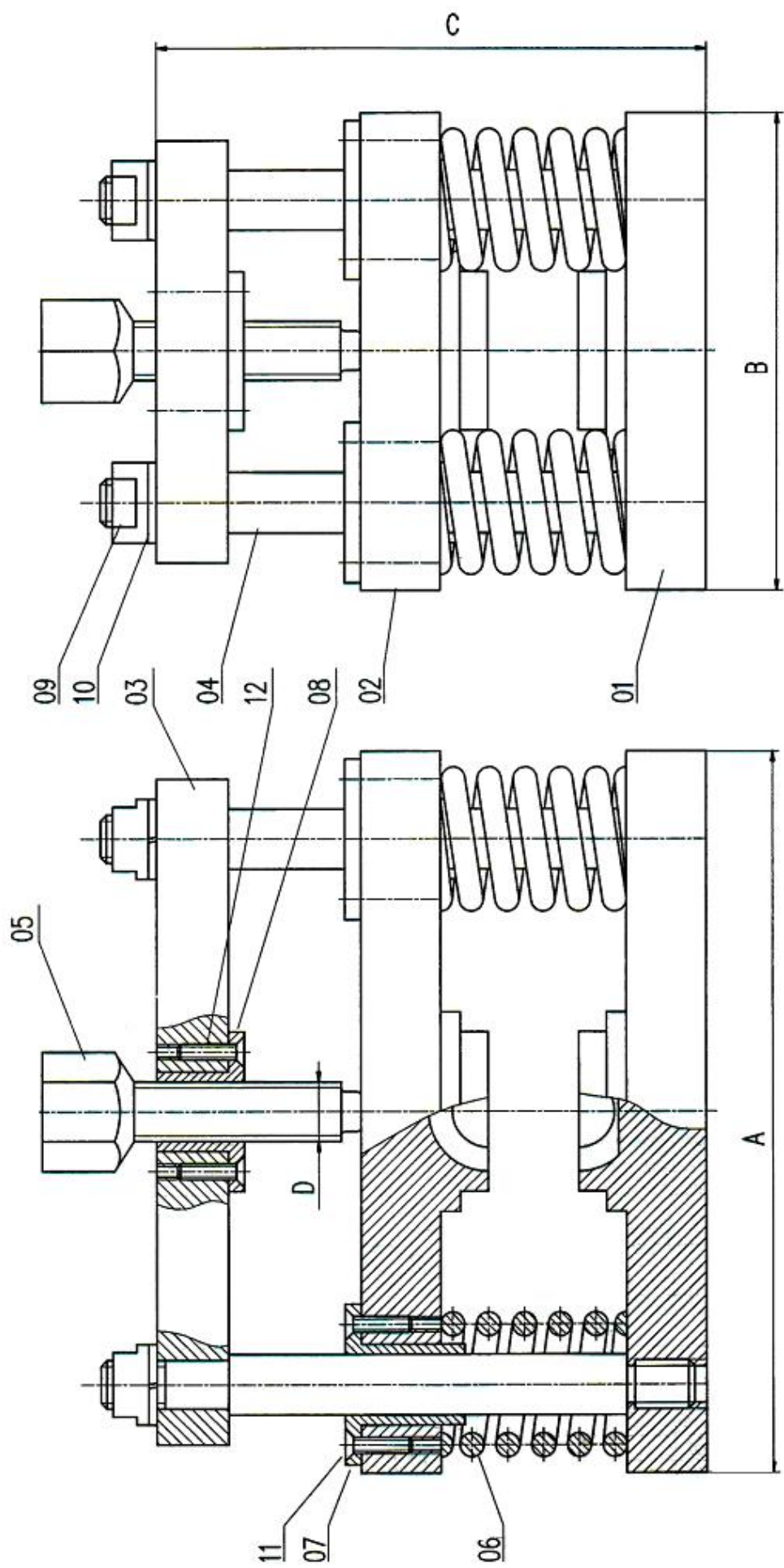
S(5:1)

Poz.	Kol.	JM	Naziv	Standard (Izabrane karakteristike)	Primedba
01	1		Prednja čeljust	Č 0645	
02	1		Zadnja čeljust	Č 0645	
03	1		Zavojno vreteno	Č 0445	
04	1		Navrtka	PCuSn14	
05	1		Klizna čaura	PCuSn14	
06	1		Graničnik	Č 0345	
07	1		Vođica	SL 200	
08	1		Ručica	Č 0445	
09	1		Kugla	Č 0445	
10	2		Stezna ploča	Č 4721	
11	4		Vijak	JUS M. B1. 120	
12	4		Elastična podloška	JUS M. B1. 111	
13	4		Vijak	JUS M. B1. 120	
14	4		Elastična podloška	JUS M. B1. 111	
15	8		Vijak	JUS M. B1. 126	
16	1		Čivija	JUS M. B1. 201	

		Masa	Razmera
Datum	NAZIV		
Obrad	<b>STEGA</b>		
Stand.			
Odobr.			
OZNAKA		02.00.3.0	List
			L
St.I	Izmene	Datum	Ime
Izv. podaci		Zamena za	





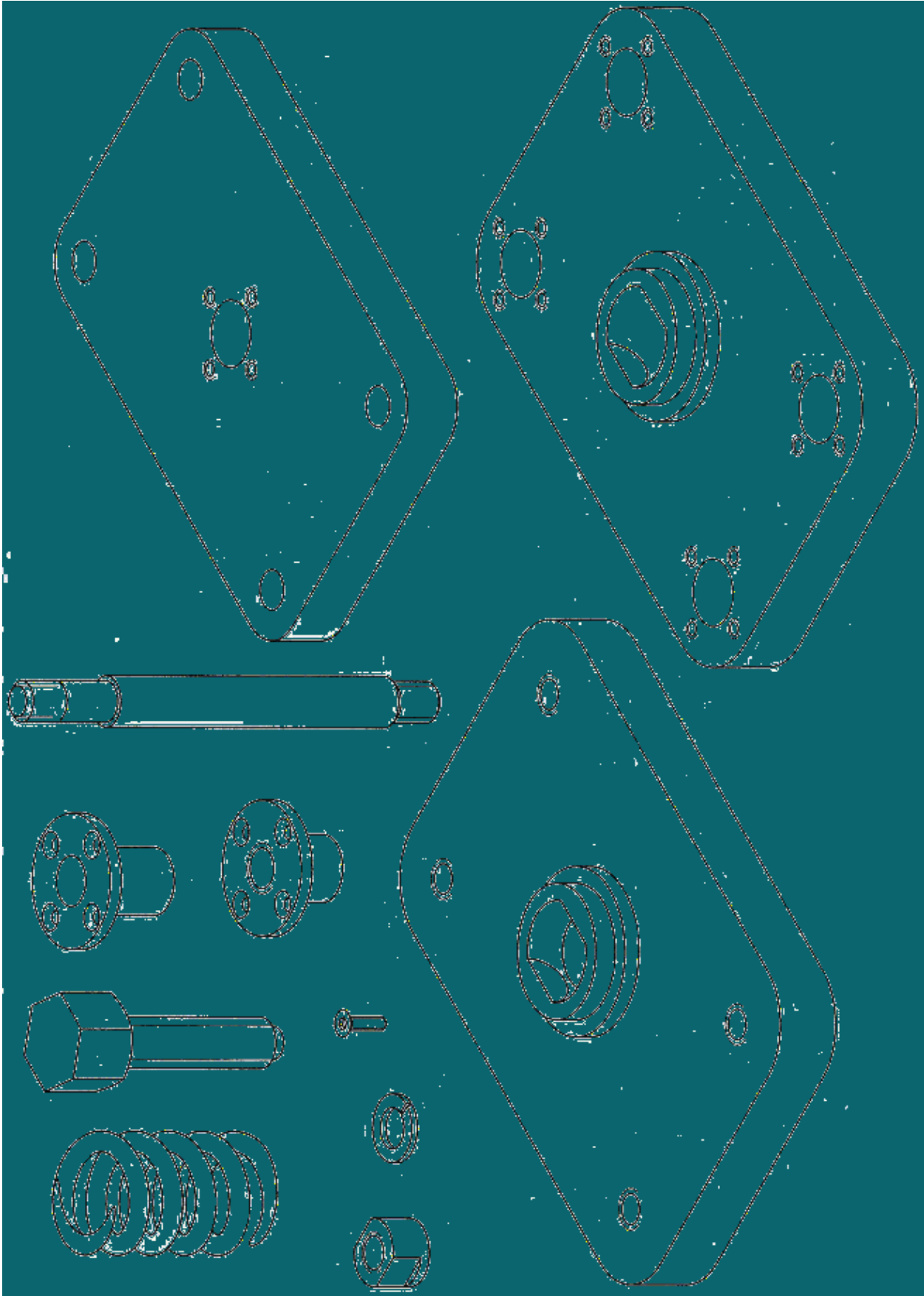


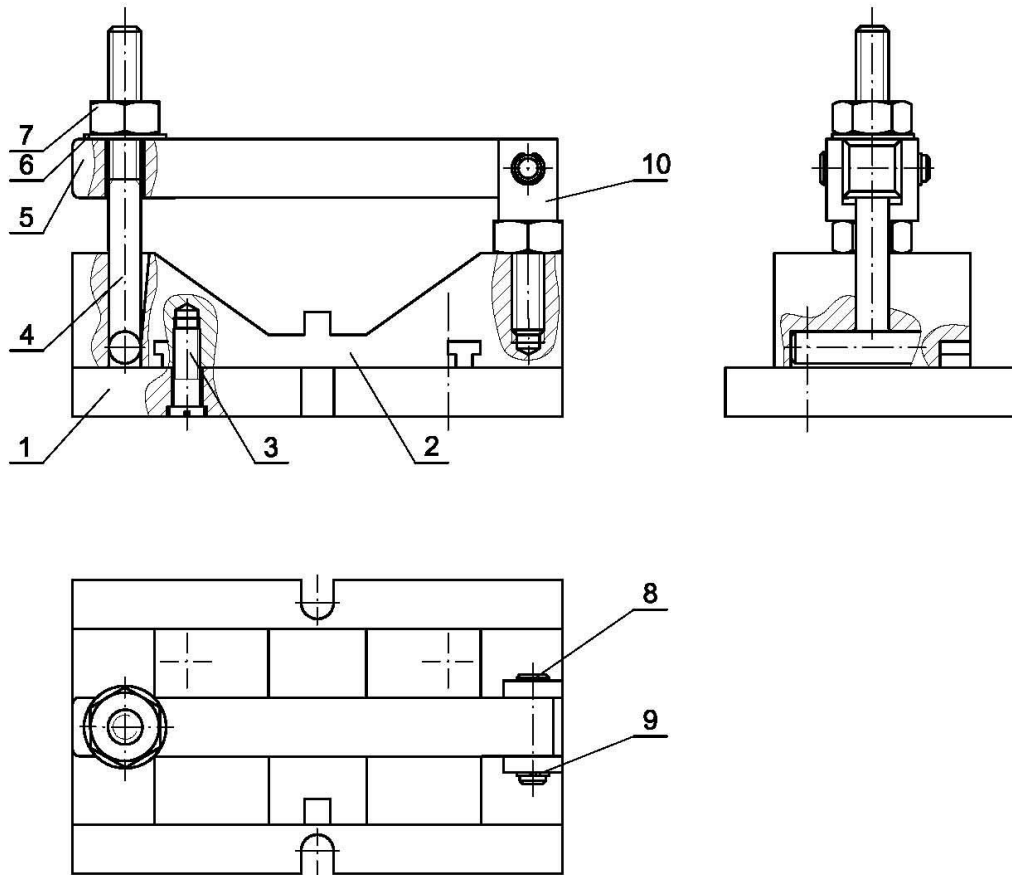
A	220-260
B	150-180
C	180-220
D	Tr20x4
	Tr24x5
	Tr28x5



Poz.	Kol.	JM	Naziv	Standard (Izabrane karakteristike)	Primjedba
01	1		Postolje prese	Č 0645	
02	1		Pokretna ploča	Č 0645	
03	1		Gornja ploča	Č 0645	
04	4		Vođica	Č 0645	
05	1		Zavojno vreteno	Č 0645	
06	4		Opruga	Č 2132	
07	7		Klizna Čaura	PCuSn14	
08	1		Glavna Navrtka	PCuSn14	
09	4		Navrtka vođice	Č 0645	
10	4		Elastična podloška	JUS M. B2. 111	
11	16		Vijak	JUS M. B1. 126	
12	4		Vijak	JUS M. B1. 126	

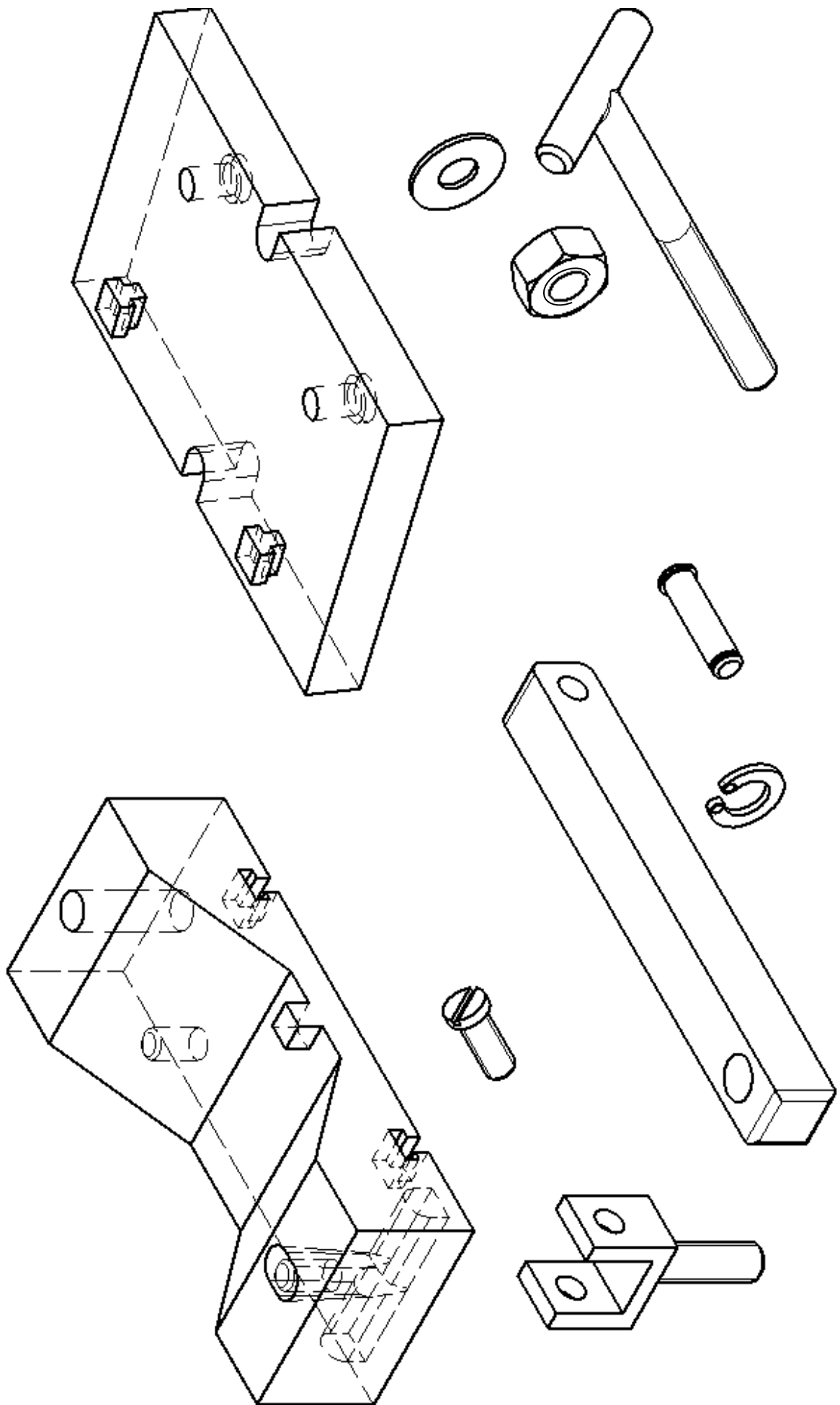
				Masa	Razmera
				NAZIV  <h2 style="margin: 0;">PRESA</h2>	
			Datum Obrad		
			Stand. Odobr.		
				OZNAKA	List
					L
St.l	Izmene	Datum	Ime	Izv. podaci	Zamena za

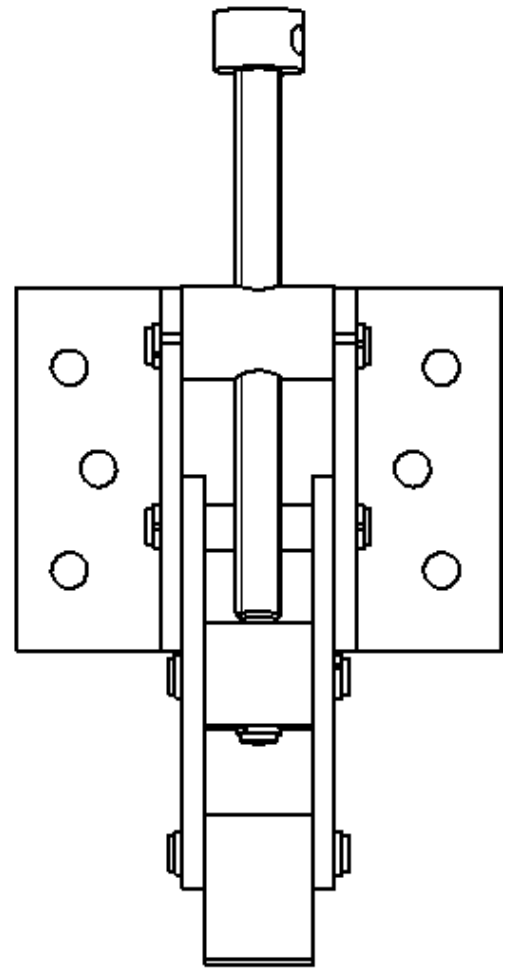
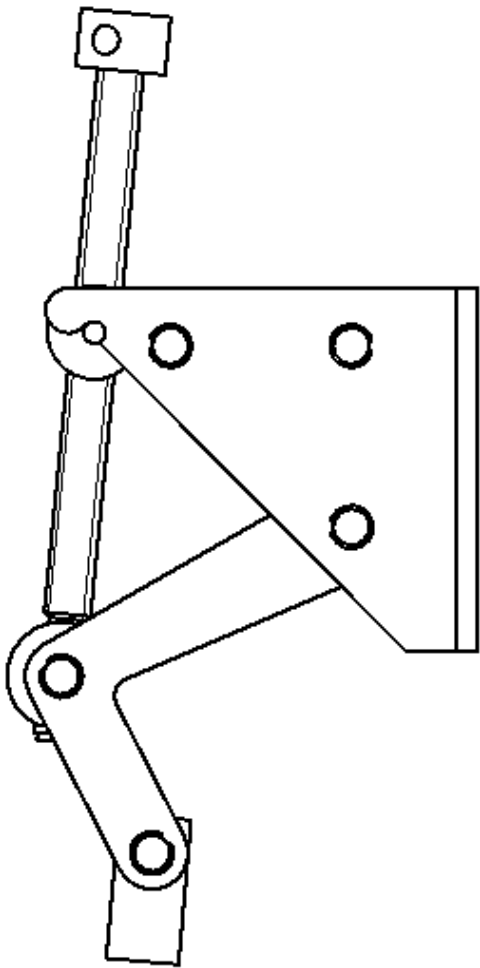
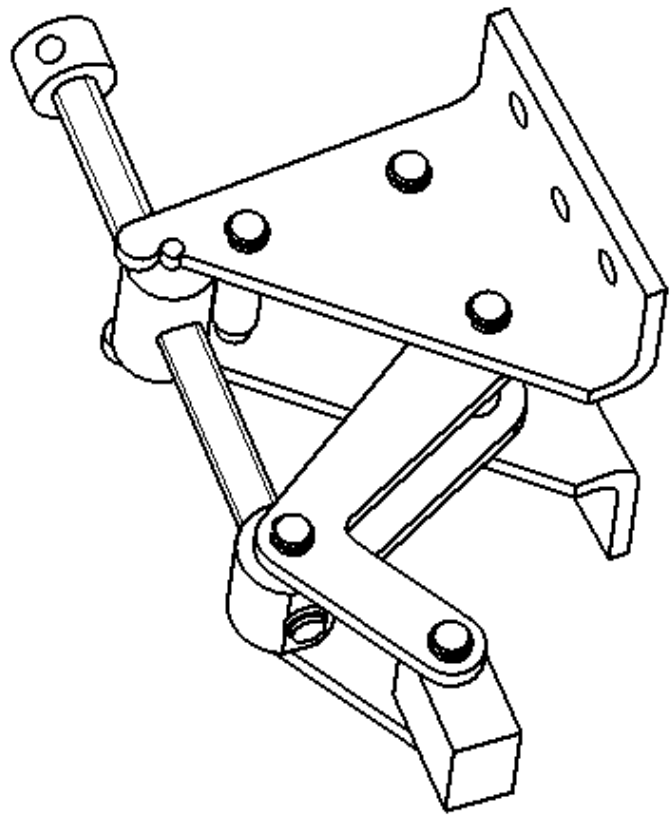
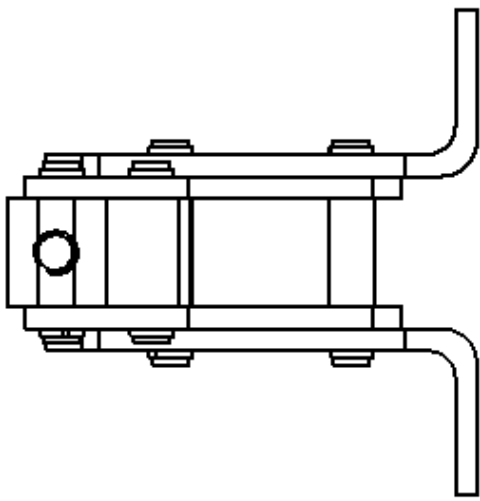


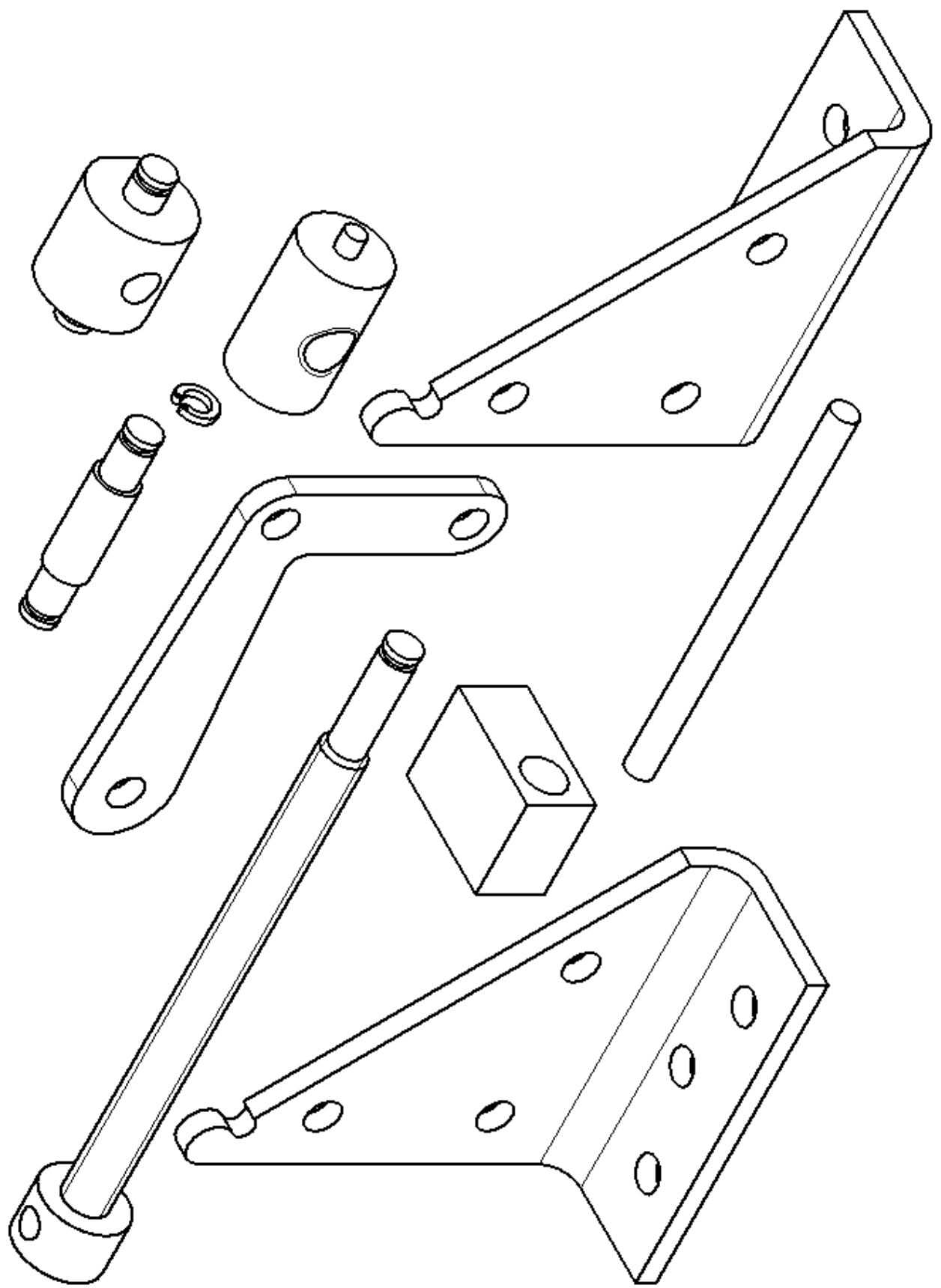


10	1	1	Nosač poluge		
9	1	1	Uskočnik		
8	1	1	Osovinica		
7	2	1	Navrtka		
6	1	1	Podloška		
5	1	1	Poluga		
4	1	1	Navojno vreteno		
3	2	1	Zavrtnaj		
2	1	1	Prizma		
1	1	1	Ploča		

Poz.	Kom.	Jm.	Naziv	Standard-Izabrane karakteristike	Primedba
			Masa		Razmjera
			Datum Ime		NAZIV  <b>PRIBOR</b>
			Stand Odobr		
			Univerzitet u I.Sarajevu MAŠINSKI FAKULTET		
St.i	Izmena	Datum	Ime	OZNAKA	List L
				izv.pod.	Zamena za









## 8. LITERATURA

- [1] T. Pantelić, Tehničko crtanje, Građevinska knjiga, Beograd, 1979.
- [2] S. Đorđević, D. Petrović, Inženjerska grafika – praktikum za vežbe, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, 2009.
- [3] B. Ćurčić, Tehničko crtanje, Naučna knjiga, Beograd, 1984.
- [4] S. Petrović, N. Stojanović, Zbirka zadataka iz tehničkog crtanja, Niš, 1994.
- [5] L. Ivanović, M. Erić, "Tehničko crtanje sa kompjuterskom grafikom, praktikum", Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac, 2011.
- [6] M. Ognajnović, Mašinski elementi, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2013.
- [7] V. Miltenović, Mašinski elementi, Mašinski fakultet Univerziteta u Nišu, Niš, 2009.
- [8] M. Knežev, ISO tolerancije u mašinstvu, FAMOS, Sarajevo, 1985.
- [9] W. Steinhilper·B.Sauer, Konstruktionselemente des Maschinenbaus, Springer Berlin Heidelberg, 2005.
- [10] Ć. Koludrović, I. Koludrović-Harbić, R. Koludrović, Tehničko crtanje u slici sa kompjuterskim aplikacijama, Rijeka, 1994
- [11] D. Đorđević: Tehničko crtanje sa nacrtnom geometrijom, Kragujevac, 1994.
- [12] T. Pantelić: Tehničko crtanje, Građevinska knjiga, Beograd, 1980.
- [13] B. Marinković, P. Nikšić: Tehničko crtanje i kompjuterska grafika, Čačak, 2004.
- [14] A. W. Boudry: Engineering Drawing, McGraw-Hill Australia, 2002.



CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна и универзитетска библиотека  
Републике Српске, Бања Лука

621:744(075.8)  
744(075.8)

ИНЖЕЊЕРСКА графика са

Inženjerska grafika sa praktičnim primjerima / Biljana Marković  
... [et al.]. - 1. izd. - Istočno Sarajevo : Mašinski fakultet, 2015 (Banja  
Luka : Comesgrafika). - 191 str. : ilustr. ; 30 cm

Publikacija "Inženjerska grafika sa praktičnim primjerima" rezultat je  
rada na TEMPUS projektu "Unapređenje obrazovanja na univerzitetima  
u Srbiji i BiH u oblasti razvoja proizvoda" --> predgovor. - Tiraž 200. -  
Bibliografija: str. 191.

ISBN 978-99976-623-3-0

1. Марковић, Биљана [аутор] 2. Ивановић, Лозица [аутор] 3.  
Милутиновић, Мирослав [аутор] 4. Трифковић, Спасоје [аутор] 5.  
Продановић, Саша [аутор]

COBISS.RS-ID 5166616



**Iz recenzije:**

„Predložena publikacija temeljno i cjelovito obrađuje područje inženjerske grafike i u potpunosti ispunjava zahtjeve nastavne literature za strojarske fakultete. Mislim da je zbog toga primjerena kao pomoćni alat studentima pri učenju na sveučilišnom studiju, ali i kao aktuelan izvor za inženjere u praksi, jer detaljno upoznaje sa svim principima i standardima tehničkog crtanja i izrade tehničke dokumentacije.

Na osnovu dane analize predlažem da se rukopis pod naslovom «INŽENJERSKA GRAFIKA sa praktičnim primjerima», autora izv. prof. dr. sc. Biljane Marković, izv. prof. dr. sc. Lozice Ivanović, doc. dr. sc. Miroslava Milutinovića, mr. Spasoja Trifkovića i mr. Saše Prodanovića tiska i objavi kao sveučilišni udžbenik”.

**Izv. prof. dr. sc. Adisa Vučina**

*Strojarski fakultet Sveučilišta u Mostaru*

**Iz recenzije:**

„Publikacija «Inženjerska grafika sa praktičnim primjerima» je delo koje na jednostavan i praktičan način vodi studente i inženjere kroz standarde, metode i pravila izrade inženjerske grafike. Uprkos dostupnoj literaturi koja je od značaja za ovo područje, predložena knjiga pruža dovoljno originalan i aktuelan pristup izradi konstrukcione dokumentacije praćen brojnim praktičnim primerima koji studentima u mnogome pomažu pri samostalnoj izradi tehničkih crteža. Zahvaljujući praktičnim primerima mišljenja sam da publikacija može, takođe, veoma korisno poslužiti i već završenim inženjerima da se podsete i isprate najnovije standarde i načine izrade tehničke dokumentacije.

Delo ima sve atribute univerzitetskog udžbenika, namenjenog studentima fakulteta i inženjerima u industriji za delaljno upoznavanje i praktičnu primenu standarda, pravila i metoda izrade tehničke dokumentacije”.

**Doc. dr Milan Rackov**

*Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu*

**O autorima:**

**Dr Biljana Marković, vanredni profesor**

*Uža naučna oblast: Mašinske konstrukcije*

*Mašinski fakultet Univerziteta u Istočnom Sarajevu*

**Dr Lozica Ivanović, vanredni profesor**

*Uža naučna oblast: Mašinske konstrukcije i mehanizacija*

*Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu*

**Dr Miroslav Milutinović, docent**

*Uža naučna oblast: Mašinske konstrukcije*

*Mašinski fakultet Univerziteta u Istočnom Sarajevu*

**Spasoje Trifković, viši asistent**

*Uža naučna oblast: Mašinske konstrukcije*

*Mašinski fakultet Univerziteta u Istočnom Sarajevu*

**Mr Saša Prodanović, viši asistent**

*Uža naučna oblast: Mašinstvo*

*Mašinski fakultet Univerziteta u Istočnom Sarajevu*

ISBN 978-99976-623-3-0



9 789997 662330