

# Tehničko Crtanje

Zoran Kalinić

**Tehničko crtanje kroz animacije**

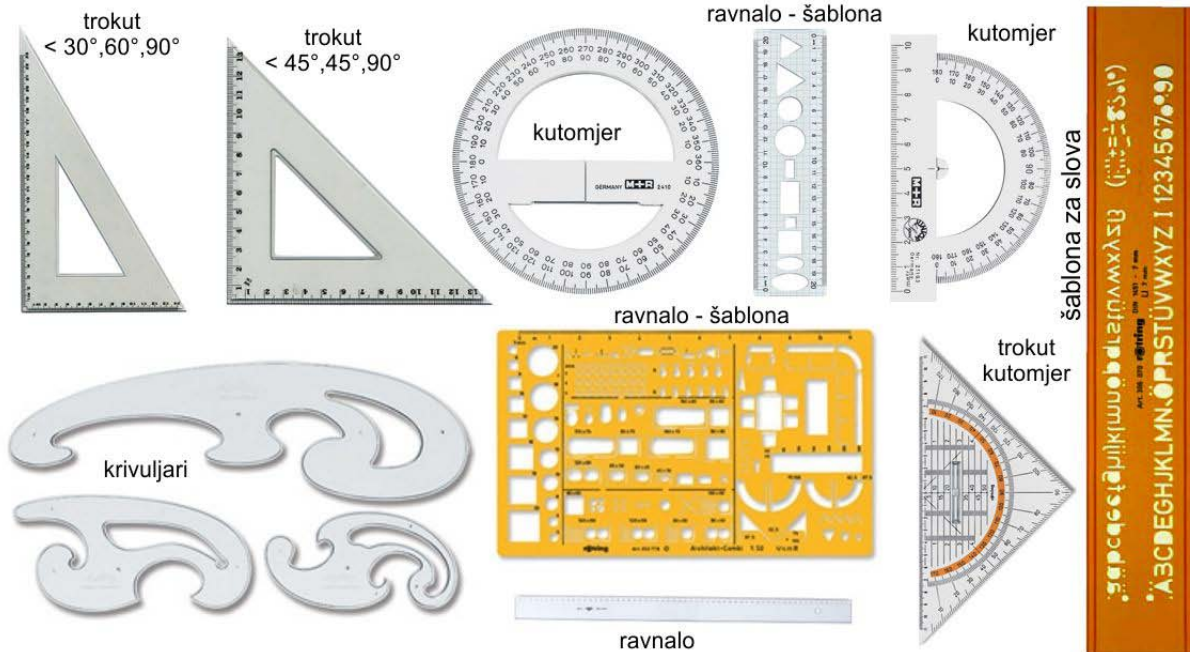
Za nastavu i samostalno učenje



# Uvod u tehničko crtanje

## 1. Pribor za tehničko crtanje

U pribor za tehničko crtanje spada tehnička olovka, trokuti, ravnala, kutomjeri, krivuljari, šablone i šestari.



Slika 1. Trokuti, ravnala, kutomjeri, krivuljari i šablone



Slika 2. Šestari

## 2. Osnovna pravila u tehničkom crtanju (norme ili standardi)

Osnovna pravila u tehničkom crtanju obuhvaćaju: širinu crta, vrste crta, veličinu i oblik tehničkog pisma, izgled i način kotiranja, formate papira mjerila za crtanje i zaglavlje crteža. Navedena pravila i druga pravila u tehnici vrijede u svim zemljama svijeta i nazivaju standardi ili norme. Hrvatske norme imaju oznaku HRN, Europske norme imaju oznaku EN, a internacionalne norme imaju oznaku ISO<sup>1</sup>. Postoje i druge norme.

### 2.1. Širine crta

Širine crta se označavaju bojama, npr.: 0.7 – plavom, 0.5 smeđom, 0.35 – žutom, 0.25 – bijelom itd..



Slika 3. Širine crta

<sup>1</sup> International Standard Organisation

Prema ISO sustavu na jednom se crtežu primjenjuju tri širine crta npr:







- 0.7 mm, 0.5 mm i 0.35 mm
- 0.5 mm, 0.35 mm i 0.25 mm
- 0.35 mm, 0.25 mm i 0.18 mm

U bilježnicama se najčešće crta tehničkom olovkom širinom crte 0.5 mm. Uz malu vježbu lako se povlače uže crte 0.35 mm i još uže 0.25 mm.

Za crtanje na računalu kad je predviđen ispis na formatu A4 lijepi se rezultati postižu skupinom crta 0.35, 0.25 i 0.18 mm.

## 2.2. Vrste crta

U tehničkom crtanju je pet vrsta crta:

| oznaka | opis                   | izgled   | skupina |      |
|--------|------------------------|--|---------|------|
|        |                        |  | 0.5     | 0.35 |
| a      | puna široka            |    | 0.5     | 0.35 |
| b      | puna uska              |    | 0.25    | 0.18 |
| c      | isprekidana            |   | 0.35    | 0.25 |
| d      | crta točka crta široka |  | 0.5     | 0.35 |
| e      | crta točka crta uska   |  | 0.25    | 0.18 |
| f      | prostoručna            |  | 0.25    | 0.18 |

Slika 4. Vrste crta

Prijedlog za crtanje crta<sup>2</sup>

Prijedlog za crtanje crte (c): 4 mm crtica, 1 mm praznina

Prijedlog za crtanje crte (d): 8mm crtica, 1 mm praznina, točka, 1mm praznina

Prijedlog za crtanje crte (e): 15mm crtica, 2mm praznina, 1mm crtica, 2 mm praznina

### Namjena crta:

Crtom (a) crtaju se bridovi koji se vide i sve druge glavne crte

Crtom (b) crtaju se pomoćne crte, kote i šrafura

Crtom (c) crtaju se bridovi koji se ne vide

Crtom (d) crtaju tragovi ravnina presijecanja

Crtom (e) crtaju se središnjice (simetrale)

Crtom (f) crtaju se prijelomi

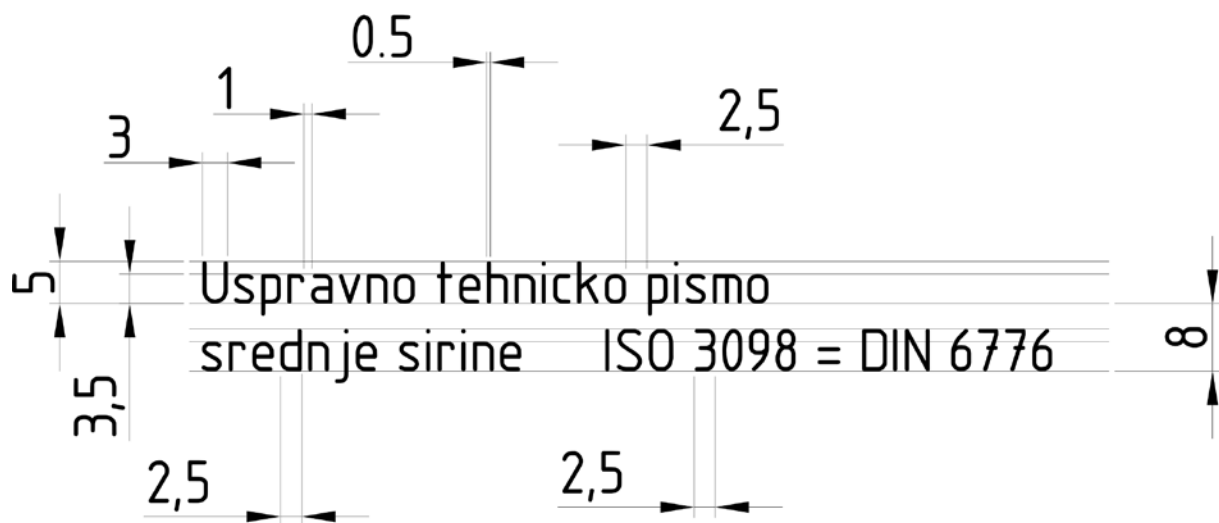
<sup>2</sup> Ponavljati do postizanja urednosti

### 2.3. Tehničko pismo

Svaki tehničar treba znati tehničke crteža opisivati tehničkim pismom. Tehničko pismo može biti široko, srednje ili usko, a može biti uspravno ili koso.

Visina i širina tehničkog pisma se izražava u širinama crte kojom se piše<sup>3</sup>:

- visina velikih slova i brojeva je 10 širina crte (a) ( $10 \cdot 0.5 = 5 \text{ mm}$ )
- širina velikih slova je 6 širina crte (a) ( $6 \cdot 0.5 = 3 \text{ mm}$ )
- visina malih slova je 7 širina crte (a) ( $7 \cdot 0.5 = 3.5 \text{ mm}$ )
- širina malih slova i brojeva je 5 širina crte (a) ( $5 \cdot 0.5 = 2.5 \text{ mm}$ )
- razmak između slova je najmanje 2 širina crte (a) ( $2 \cdot 0.5 = 1 \text{ mm}$ )
- razmak između riječi je najmanje 5 širina crte (a) ( $5 \cdot 0.5 = 2.5 \text{ mm}$ )
- razmak između redova je 16 širina crte (a) ( $16 \cdot 0.5 = 8 \text{ mm}$ )



Slika 5. Osnovne karakteristike uspravnog tehničkog pisma srednje širine visine 5 mm

ABCDEFGHIJKLMN OPQRST  
UVWXYZ    a b c d e f g h i j k l  
m n o p q r s t u v w x y z    + - = /

Slika 6. Oblik slova uspravnog tehničkog pisma srednje širine

<sup>3</sup> Podaci se odnose na srednje uspravno tehničko pismo visine 5 mm prema [http://www.fonts101.com/fonts/view/Uncategorized/54147/DIN\\_6776.aspx](http://www.fonts101.com/fonts/view/Uncategorized/54147/DIN_6776.aspx)

# Oblik slova uspravnog tehničkog pisma srednje širine

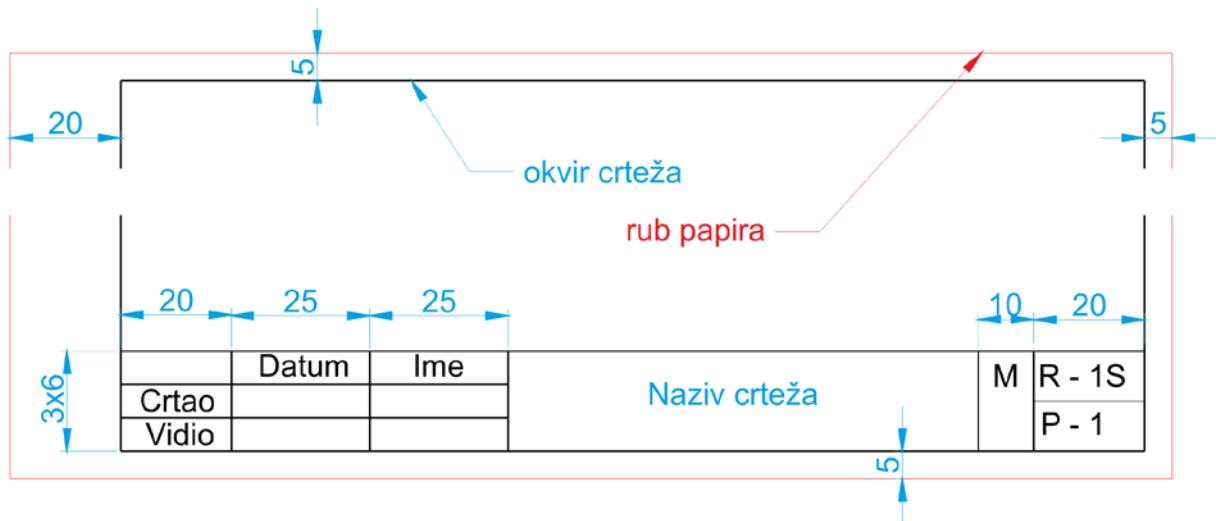
|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| A |   |   | a |   |
| B |   |   | b |   |
| C |   |   | c |   |
| D |   |   | d |   |
| E |   |   | e |   |
| F |   |   | f |   |
| G |   |   | g |   |
| H |   |   | h |   |
| I |   |   | i |   |
| J |   |   | j |   |
| K |   |   | k |   |
| L |   |   | l |   |
| M |   |   | m |   |
| N |   |   | n |   |
| O |   |   | o |   |
| P |   |   | p |   |
| Q |   |   | q |   |
| R |   |   | r |   |
| S |   |   | s |   |
| T |   |   | t |   |
| U |   |   | u |   |
| V |   |   | v |   |
| W |   |   | w |   |
| X |   |   | x |   |
| Y |   |   | y |   |
| Z |   |   | z |   |
| Ž |   |   | ž |   |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

Slika 7. Pisanje uspravnog tehničkog pisma srednje širine (primjer za vježbu u bilježnici)



## 2.7. Zaglavlje crteža (sastavnica)

Svaki crtež ima okvir i sastavnicu. u sastavnicu se upisuju podaci o crtežu i crtaču.



Slika 9. Zaglavlje crteža

## 3. Osnovne geometrijske konstrukcije

### 3.1. Crtanje okomitih crta

**Vježba 1** - Nacrtati jednu vodoravnu crtu i jednu okomicu na tu crtu

Cilj: Naučiti crtati okomice pomoću dva trokuta i olovke

Primjer: ANIMACIJA 1

### 3.2. Crtanje paralelnih crta

**Vježba 2** – Crtom (b) nacrtati dvadeset paralelnih crta duljine približno 50 mm koje su međusobno udaljene približno 5 mm (crtati bez pomoćnog dijeljenja)

**Vježba 3** – Crtom (c) nacrtati dvadeset paralelnih crta duljine približno 50 mm koje su međusobno udaljene približno 5 mm (crtati bez pomoćnog dijeljenja)

**Vježba 4** – Crtom (e) nacrtati dvadeset paralelnih crta duljine približno 50 mm koje su međusobno udaljene približno 5 mm (crtati bez pomoćnog dijeljenja)

Cilj: Naučiti crtati paralelne crte pomoću dva trokuta i olovke

Primjer: ANIMACIJA 2

### 3.3. Crtanje simetrale dužine

**Vježba 5** – Crtom (a) nacrtaj dužinu  $\underline{AB}$  približne duljine 80 mm, a zatim tu duljinu podijeli crtom (e) na dva dijela

Cilj: Naučiti crtati simetralu dužine pomoću šestara, trokuta i olovke

Primjer: ANIMACIJA 3

### 3.4. Crtanje simetrale kuta

**Vježba 6** – Crtom (a) nacrtaj kut veličine približno  $60^\circ$ , a zatim taj kut podijeli crtom (e) na dva dijela

Cilj: Naučiti crtati simetralu kuta pomoću šestara, trokuta i olovke

Primjer: ANIMACIJA 4

### 3.5. Dijeljenje dužine

**Vježba 7** – Crtom (a) nacrtaj dužinu  $\underline{AB}$  približne duljine 80 mm, a zatim tu duljinu podijeli crtom (b) na četiri jednaka dijela

Cilj: Naučiti dijeliti duljinu pomoću dva trokuta, šestara i olovke

Primjer: ANIMACIJA 5

### 3.6. Konstrukcija trokuta ako su zadane stranice

**Vježba 8** – Nacrtaj trokut ako su zadane njegove stranice:  $a=30$  mm,  $b=40$  mm i  $c= 50$  mm

Cilj: Naučiti crtati trokut pomoću trokuta, olovke i šestara, ako su zadane duljine njegovih stranica

Primjer: ANIMACIJA 6

### 3.7 Konstrukcija kružnice opisane oko trokuta

**Vježba 9** – Nacrtaj trokut ako su zadane njegove stranice:  $a=30$  mm,  $b=35$  mm i  $c= 50$  mm i nacrtaj kružnicu koja prolazi kroz njegove vrhove

Cilj: Naučiti konstruirati kružnicu opisanu oko trokuta pomoću trokuta, olovke i šestara, ako su zadane duljine njegovih stranica

Primjer: ANIMACIJA 7

### 3.8. Konstrukcija kružnice upisane u trokut

**Vježba 10** – Nacrtaj trokut ako su zadane njegove stranice:  $a=30$  mm,  $b=35$  mm i  $c= 50$  mm i nacrtaj kružnicu koja dodiruje njegove stranice

Cilj: Naučiti konstruirati kružnicu opisanu upisanu u trokut pomoću trokuta, olovke i šestara, ako su zadane duljine njegovih stranica

Primjer: ANIMACIJA 8

### 3.9 Konstrukcija kvadrata

**Vježba 11** – Pomoću olovke, šestara i dva trokuta nacrtaj kvadrat kojemu je duljina stranice 50 mm

Cilj: Naučiti konstruirati kvadrat pomoću olovke, šestara i dva trokuta

Primjer: ANIMACIJA 9

### 3.10. Konstrukcija peterokuta upisanog u kružnicu

**Vježba 11** – Pomoću olovke, šestara i dva trokuta nacrtaj peterokut upisan u kružnicu polumjera 40 mm

**Vježba 12.** Nacrtaj petokraku zvijezdu upisanu u kružnicu promjera 80 mm

Cilj: Naučiti konstruirati peterokut upisan u kružnicu pomoću olovke, šestara i dva trokuta

Primjer: ANIMACIJA 10

### 3.11. Konstrukcija šesterokuta upisanog u kružnicu

**Vježba 13** – Pomoću olovke, šestara i dva trokuta nacrtaj šesterokut upisan u kružnicu polumjera 40 mm

**Vježba 14.** Nacrtaj šestokraku zvijezdu upisanu u kružnicu promjera 80 mm

Cilj: Naučiti konstruirati šesterokut upisan u kružnicu pomoću olovke, šestara i dva trokuta

Primjer: ANIMACIJA 11

### 3.12. Konstrukcija kružnog prijelaza iz pravca u pravac

**Vježba 15** – Konstruiraj kružni prijelaz polumjera  $R=15$  mm između dva pravca koji se nalaze pod kutom od  $120^\circ$

**Vježba 16** – Konstruiraj kružni prijelaz polumjera  $R=10$  mm između dva pravca koji se nalaze pod kutom od  $60^\circ$

Cilj: Naučiti konstruirati kružni prijelaz iz pravca u pravac pomoću olovke, šestara i dva trokuta

Primjer: ANIMACIJA 12

### 3.13. Konstrukcija kružnog prijelaza iz luka u pravac

**Vježba 17** – Konstruiraj konveksni prijelaz iz konveksnog luka u pravac. Polumjer velikog luka je  $R=80$  mm, a njegovo središte se nalazi 5 mm ispod vodoravnog pravca. Polumjer prijelaznog luka (zaobljenja) je  $r=20$  mm.

Cilj: Naučiti konstruirati kružni prijelaz iz luka u pravac pomoću olovke, šestara i dva trokuta

Primjer: ANIMACIJA 13

**Vježba 18** – Konstruiraj konveksni prijelaz iz konkavnog luka u pravac. Polumjer velikog luka je  $R=60$  mm, a njegovo središte se nalazi 90 mm iznad vodoravnog pravca. Polumjer prijelaznog luka je  $r=20$  mm.

Cilj: Naučiti konstruirati kružni prijelaz iz luka u pravac pomoću olovke, šestara i dva trokuta

Primjer: ANIMACIJA 14

### 3.14. Konstrukcija kružnog prijelaza iz luka u luk

**Vježba 19** – Konstruiraj konkavni prijelaz iz konveksnog luka u konveksni luk. Polumjer prvog luka je  $R_1=30$  mm, polumjer drugog luka  $R_2=60$  mm. Udaljenost središta dvaju lukova  $a=110$  mm. Polumjer prijelaznog luka je  $r=20$  mm.

Cilj: Naučiti konstruirati kružni prijelaz iz luka u luk pomoću olovke, šestara i trokuta

Primjer: ANIMACIJA 15

**Vježba 20** – Konstruiraj konkavni prijelaz iz konveksnog luka u konveksni luk. Polumjer prvog luka je  $r_1=25$  mm, polumjer drugog luka  $r_2=40$  mm. Udaljenost središta dvaju lukova  $a=110$  mm. Polumjer prijelaznog luka je  $R=100$  mm.

Cilj: Naučiti konstruirati kružni prijelaz iz luka u luk pomoću olovke, šestara i trokuta

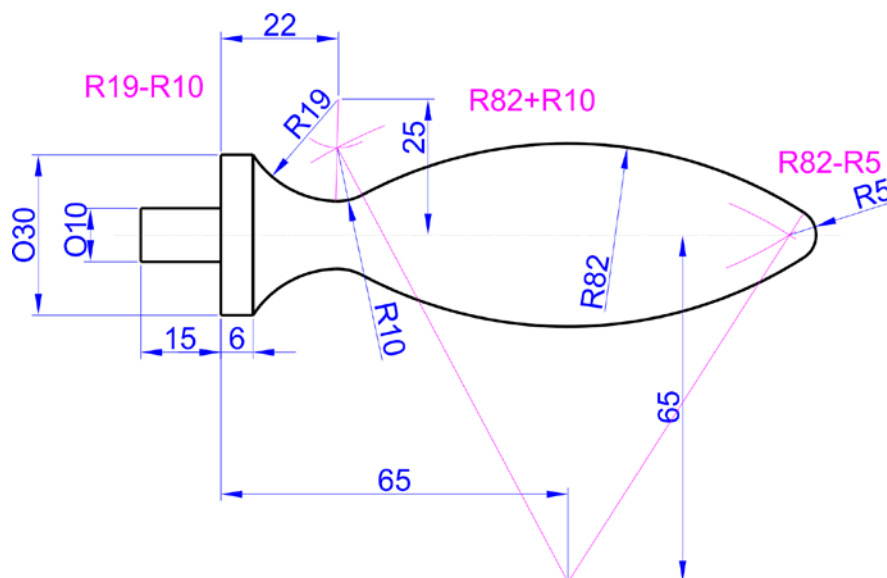
Primjer: ANIMACIJA 16

**Vježba 21** – Konstruiraj konveksni prijelaz iz konveksnog luka u konkavni luk. Polumjer prvog luka je  $r_1=30$  mm, polumjer drugog luka  $r_2=45$  mm. Središte drugog luka nalazi se ispod središta gornjeg luka za 85 mm i desno za 10 mm. Polumjer prijelaznog luka je  $R=50$  mm.

Cilj: Naučiti konstruirati kružni prijelaz iz luka u luk pomoću olovke, šestara i trokuta

Primjer: ANIMACIJA 17

Zadatak za vježbu:



Slika 10. Ručica

**Vježba 22** – U mjerilu 1:1 nacrtaj ručicu sa slike 10

Cilj: Utvrditi znanja iz konstruiranja kružnih prijelaza

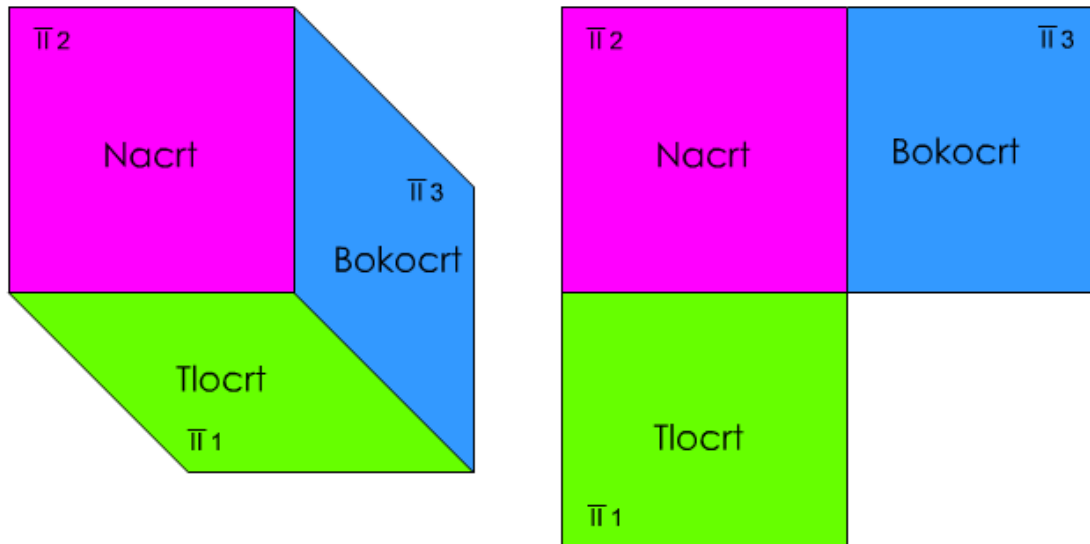
Program

# Projiciranje

## 1. Pravokutno projiciranje

### 1.1. Ravnine projiciranja

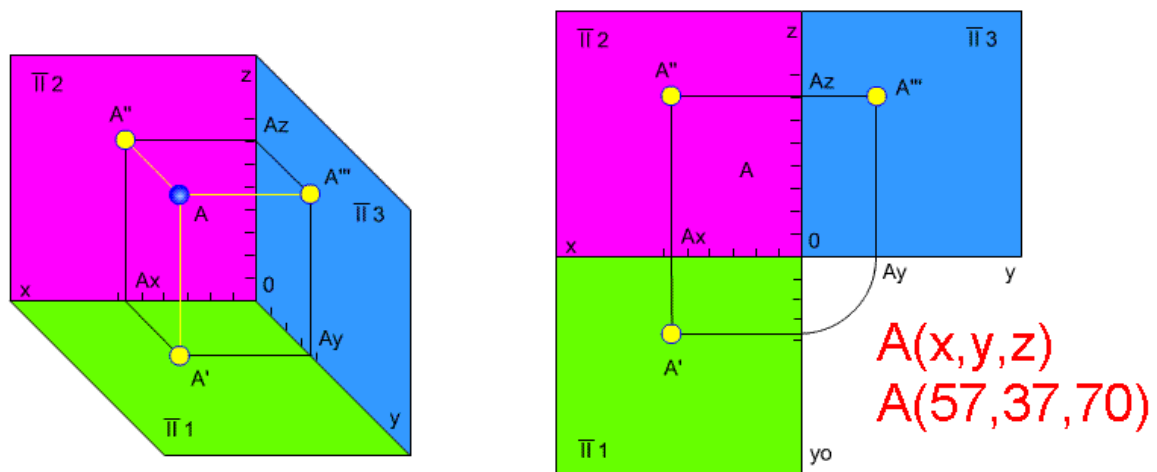
Animacija: PROJICIRANJE 1



Slika 1. Ravnine projiciranja i nazivi projekcija

### 1.2. Položaj točke u prostoru i kotirana projekcija

Animacija: PROJICIRANJE 2



$A'$  - prva projekcija točke  $A$  (TLOCRT točke  $A$ )

$A''$  - druga projekcija točke  $A$  (NACRT točke  $A$ )

$A'''$  - treća projekcija točke  $A$  (BOKOCRT točke  $A$ )

Slika 2. Položaj točke u prostoru i kotirana projekcija

### 1.3. Projiciranje točke

**Vježba 23** – Nacrtaj projekcije točke A(50,30,40)

Cilj: Naučiti pojam kotirane projekcije

Primjer - Animacija [PROJICIRANJE 3](#)

### 1.4. Projiciranje dužine

**Vježba 24** – Nacrtaj projekcije dužine AB; A(60,40,50), B(20,30,10).

Cilj: Proširiti pojam kotirane projekcije

Primjer - Animacija [PROJICIRANJE 4](#)

### 1.5. Projiciranje lika

**Vježba 25** – Nacrtaj projekcije trokuta ABC; A(40,20,30), B(10,10,15), C(30,40,10).

Cilj: Proširiti pojam kotirane projekcije

Primjer - Animacija [PROJICIRANJE 5](#)

**Vježba 26** – Nacrtaj položaj trokuta ABC u prostoru; A(40,20,30), B(10,10,15), C(30,40,10).

Cilj: Proširiti pojam kotirane projekcije

Primjer - Animacija [PROJICIRANJE 2 - obrnuti postupak](#)

### 1.6. Projiciranje tijela

Nacrtaj pravokutne projekcije tijela prema slikama 3, 4 i 5.

**Vježba 27** –Tijelo s ravnim okomitim plohama (slika 3.)

Cilj: Shvatiti raspored projekcija

Primjer - Animacija [PROJICIRANJE 6](#)

Primjer - Animacija [PROJICIRANJE 7](#)

**Vježba 28** – Tijelo s kosim plohama i provrtom (slika 4.)

Analiza bridova i ploha

- Za površine upisati: prava veličina, prikraćena površina, dužina;
- Za bridove upisati: prava veličina, prikraćeni brid, točka

| Ploha / brid | Nacrt | Tlocrt | Bokocrt |
|--------------|-------|--------|---------|
| A            |       |        |         |
| B            |       |        |         |
| a            |       |        |         |
| b            |       |        |         |
| c            |       |        |         |
| d            |       |        |         |

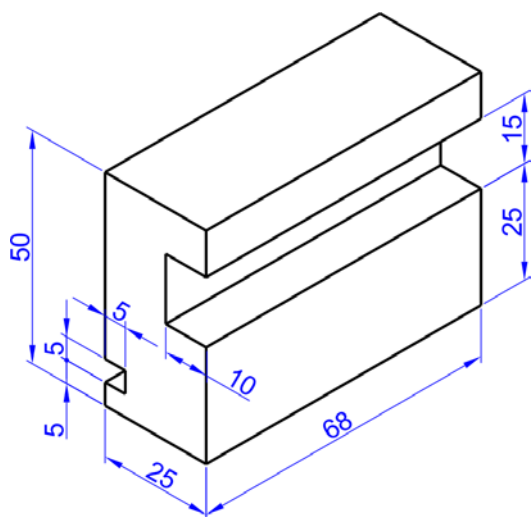
Cilj: Shvatiti oblik i veličinu projekcija ploha i bridova

Primjer - Animacija [PROJICIRANJE 7](#)

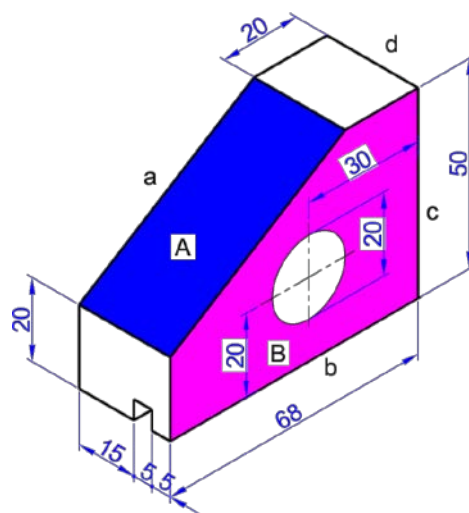
**Vježba 29** – Odsječeno valjkasto tijelo s prorezom (slika 5.)

Cilj: Naučiti konstruirati bridove u nacrtu iz bokocрта i tlocrta

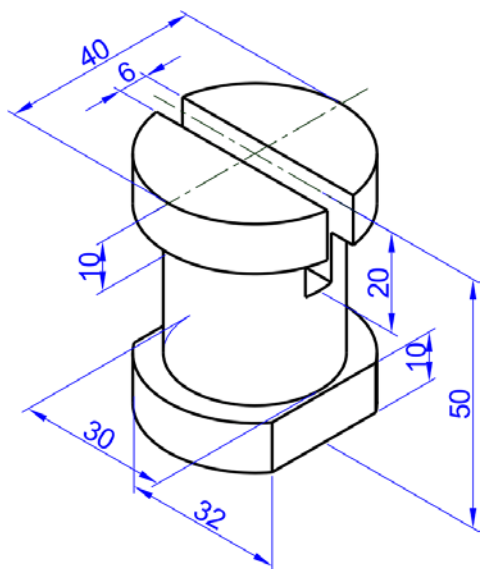
Primjer - Animacija **PROJICIRANJE 3, 4 i 5**



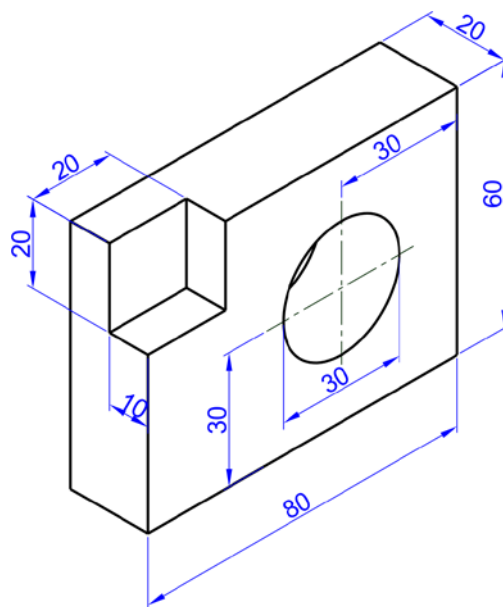
Slika 3. Tijelo s ravnim okomitim plohami



Slika 4. Tijelo s kosim plohami i provrtom



Slika 5. Odsječeno valjkasto tijelo s prorezom



Slika 6. Jednostavno tijelo s provrtom

## 1.7 Projiciranje tijela i kotiranje

**Vježba 30** – Nacrtaј pravokutne projekcije tijela prema slici 6. bez pomoćnih crta i kotiraj

Cilj: Naučiti uredno kotirati tijelo u pravokutnoj projekciji

Primjer - Animacija [PROJICIRANJE 7](#)

## 2. Prostorno predočavanje tijela

Prostorno predočavanje tijela primjenjuje se samo kad se iz pravokutnih projekcija ne može dobiti jasna slika predmeta ili kad je to potrebno u komercijalne svrhe.

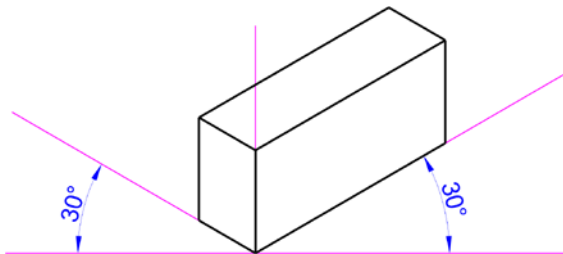
Načini prostornog predočavanja tijela su:

- perspektiva (sa jednim, dva ili tri nedogleda)
- kosa projekcija,
- dimetrija,
- trimetrija i
- izometrija.

U strojarskoj praksi najčešće se primjenjuje izometrija

### 2.1. Izometrija

U izometriji predmet se vidi sa tri strane, a svi bridovi se crtaju u pravoј veličini. Brid visine je uspravan, a bridovi duljine i širine s horizontalom čine kutove od  $30^\circ$  (slika 7).



Slika 7. Izometrija

Nacrtaј izometriju tijela prema pravokutnim projekcijama na slikama 8, 9, 10 i 11

**Vježba 31** –Tijelo s ravnim okomitim i kosim plohama (slika 8.)

Cilj: Naučiti prostorno predočiti tijelo

Primjer - Animacija [PROJICIRANJE 6](#)

Primjer - Animacija [PROJICIRANJE 7](#)

Rješenje - Animacija [PROJICIRANJE 8](#)

**Vježba 32** – Kocka s upisanim kružnicama (slika 9.)

Cilj: Naučiti crtati elipse u izometriji

Rješenje - Animacija [PROJICIRANJE 9](#)

**Vježba 33** –Tijelo s provrtom kružno sječeno (slika 10.)

Cilj: Primijeniti crtanje elipse u izometriji

Rješenje - Animacija [PROJICIRANJE 10](#)

**Vježba 34** –Valjkasto tijelo (slika 11.)

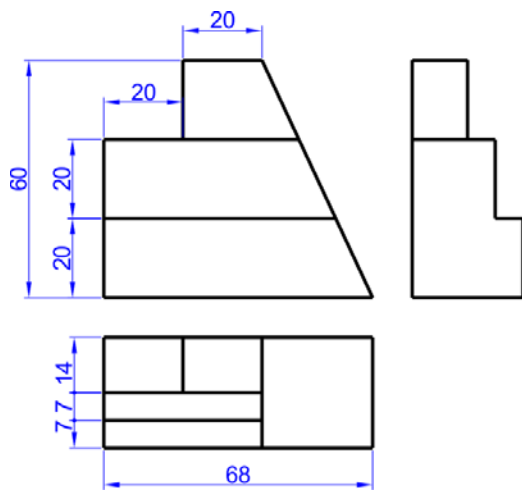
Cilj: Primijeniti crtanje elipse u izometriji

Rješenje - Animacija [PROJICIRANJE 11](#)

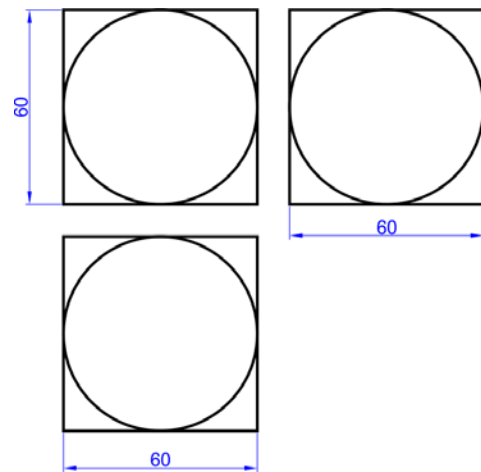
**Vježba 35** – Nacrta izometriju klizni ležaj prema pravokutnim projekcijama na slici 12 i kotiraj ga.

Cilj: Primijeniti pravila kotiranja u izometriji

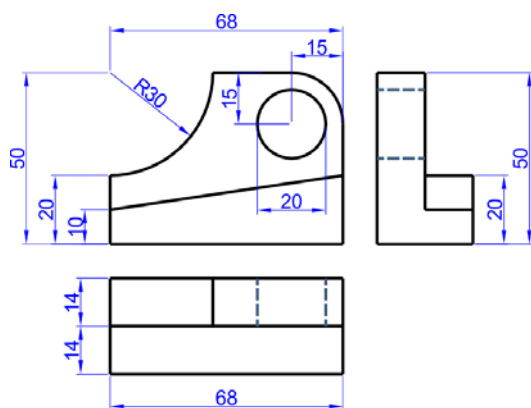
Rješenje - Animacija [PROJICIRANJE 12](#)



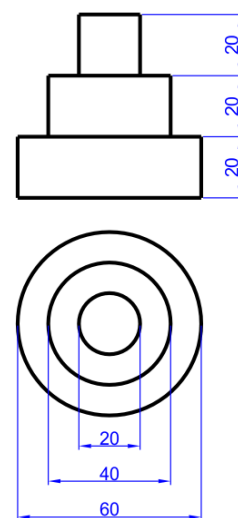
Slika 8. Tijelo s ravnim okomitim i kosim plohami



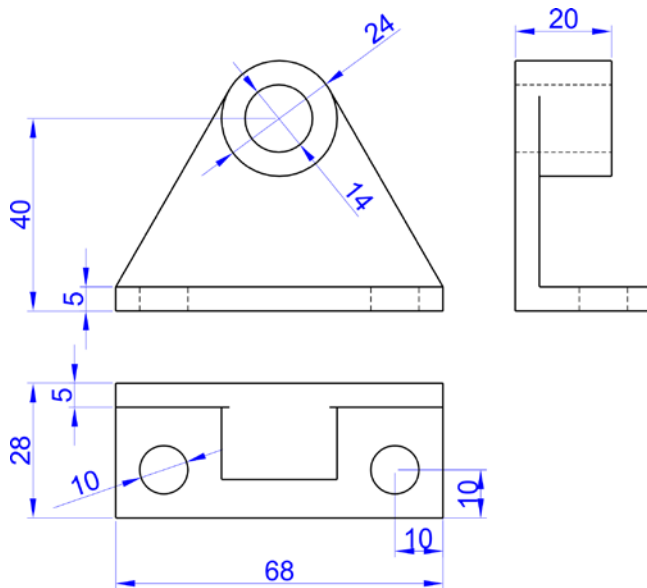
Slika 9. Kocka s upisanim kružnicama



Slika 10. Tijelo s provrtom kružno sječeno



Slika 11. Valjkasto tijelo

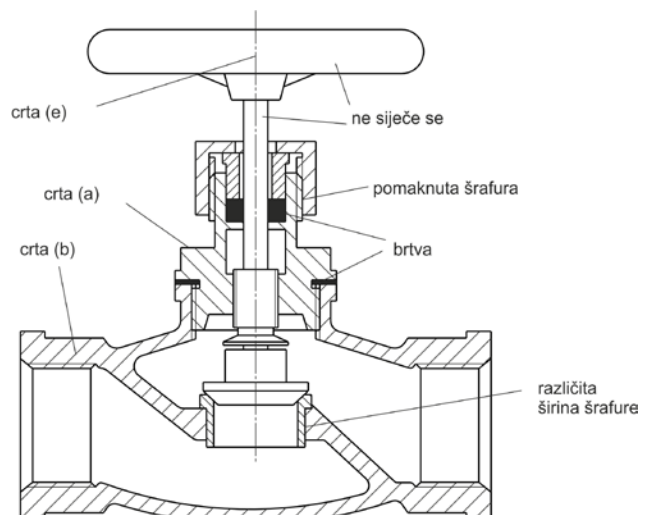


Slika 12. Klizni ležaj

# Presjeci

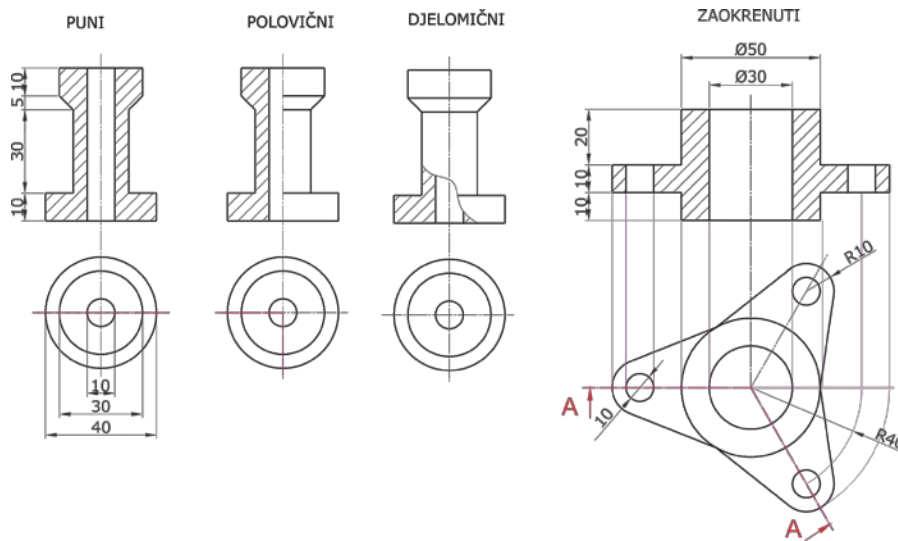
## 1. Pravila za crtanje presjeka

Kad je predmet šupalj i kad su šupljine složenog oblika onda se vjerna slika o njemu ne može dobiti iz prostorne predodžbe i iz pravokutne projekcije. U tom slučaju predmet se crta presječen određenim ravninama na način da se u tim ravninama vide potrebni detalji. Ravnine presijecanja se u pravokutnom projiciranju crtaju crtom (d) a prema potrebi pogled se naglašava strelicama. Presječeni dio predmeta označava se šrafurom. Šrafuru čine usporedno povučene crte (b) preko cijele presječene površine. Udaljenost između crta ovisi o veličini površine koju se šrafira. Pri šrafiranju sklopova treba paziti da uže površine imaju „gušču“ šrafuru, a susjedne površine nasuprotni kut šrafiranja. Također šrafuru susjednih površina treba pomaknuti da ne čine „riblju kost“. Kut šrafiranja je većinom  $45^\circ$ , ali se od njega može odstupiti kad se šrafiraju složeniji sklopovi. Jednostavne dijelove koje se presjecima ne može pobliže objasniti se ne siječe (zupčanici, vijci, kotači, navojna vretena itd...)



Slika 1. Presjek ventila

## 2. Vrste presjeka



Slika 2. Vrste presjeka

**Vježba 36** – Predmete sa slike 2. nacrtati u mjerilu 1:1 i kotirati

Cilj: Naučiti označavati presjeke

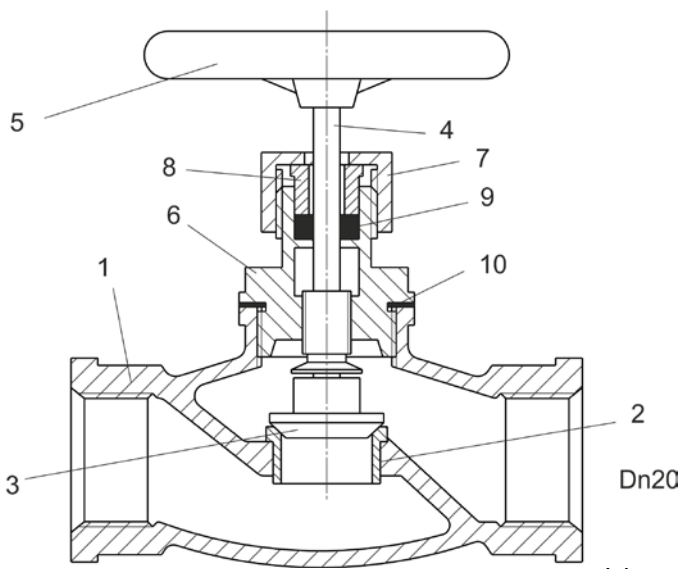
Pojašnjenje - Animacije [PRESJECI 1](#), [PRESJECI 2](#), [PRESJECI 3](#), [PRESJECI 4](#)

# Tehnički crteži

## 1. Vrste tehničkih crteža

Osnovne vrste tehničkih crteža su:

- sklopni ili montažni
- radionički
- shematski.



## 2. Sastavni, sklopni ili montažni tehnički crtež

Sastavni ili montažni crtež prikazuje međusobni odnos dijelova u sklopu ili proizvodu i način njihovog zajedničkog funkcioniranja. Primjer sastavnog crteža je na slici 1.

Slika 1. Sastavni, sklopni crtež ili montažni crtež ventila: 1 – tijelo, 2 – sjedište, 3 – tanjur, 4 – vreteno, 5 – kolo, 6 – čep (glava), 7- matica, 8 – brtvenica, 9- brtva, 10 - brtva

Iz slike 1. se vidi kako ventil funkcionira i koja mu je priključna mjera. Na sastavnom crtežu kotiraju se samo vanjske, priključne i funkcionalne mjere, a ako je sklop jednostavan, na sastavnom crtežu mogu se kotirati detalji, pa se tako izvedeni crteži mogu primjenjivati u proizvodnji.

### **3. Radionički tehnički crtež**

Radionički crtež je crtež jednog predmeta sa svim potrebnim podacima za proizvodnju. Ti podaci se odnose na oblik, dimenzije, materijal, vrstu obrade, hrapavost i slično.

**Slika 2. Radionički  
tehnički crtež**

### 3.1. Znakovi na tehničkom crtežu

#### 3.1.1. Znakovi za oblik

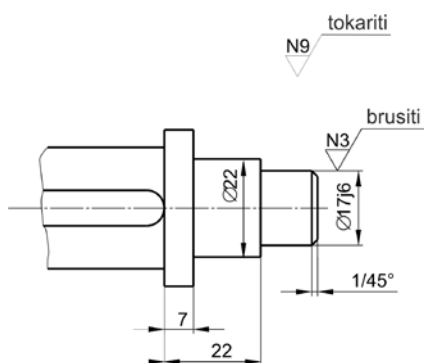
Neki znakovi za oblik nalaze se u tablici 1.

Tablica 1. Znakovi za oblik

| Znak              | Opis                         | Primjer                          | Način čitanja   |
|-------------------|------------------------------|----------------------------------|---|
| $\varnothing$     | Znak za kružni presjek       | $\varnothing 20$                 | Fi 20   |
| $\square$         | Znak za kvadratni presjek    | $\square 20$                     | Kvadrat 20  |
| $\hexagon$        | Znak za šesterokutni presjek | $\hexagon 20$                    | Šesterokut 20   |
| D                 | Znak za promjer              | D20                              | Promjer 20  |
| R (r)             | Znak za polumjer             | R15                              | Polumjer 20   |
| M                 | Znak za metrički navoj       | M10                              | Em 10   |
| W                 | Znak za withvortov navoj     | W 36 x 1/6"                      | Promjer 36 mm, korak 1/6 cola   |
| $\perp$           | Znak za okomitost            | 1,2 $\perp$ 0.1/300 mm           | Dopušteno odstupanje od okomitosti površina a i b je 0.1 mm na 300 mm         |
| $\square$         | Znak za ravnost              | $\square$ 0.1/300                | Dopušteno odstupanje od ravnosti površine a je 0.1 mm na 300 mm               |
| //                | Znak za paralelnost          | 1,2 // 0.1/300 mm                | Dopušteno odstupanje od paralelnosti površina a i b je 0.1 mm na 300 mm)      |
| $\text{cylinder}$ | Znak za cilindričnost        | 1,2 $\text{cylinder}$ 0.1/300 mm | Dopušteno odstupanje od cilindričnosti površina a i b je 0.1 mm na 300 mm     |
|                   | Znak za pravocrtnost         | 1   0.1/300 mm                   | Dopušteno odstupanje od pravocrtnosti površine 1 je 0.1 mm na cijeloj duljini |
| $\oplus$          | Znak za položaj              | $\oplus$ 5, a, b                 | Udaljenost središta od površina a i b je 5 mm                                 |
| $\text{position}$ | Znak za središnji položaj    | $\text{position}$ 0.1            | Dopušteno odstupanje od središnjeg položaja je 0.1 mm na cijeloj duljini      |
| $\odot$           | Znak za centričnost          | $\odot$ 0.1                      | Dopušteno odstupanje od centričnosti je 0.1 mm na cijeloj duljini             |
| $\sphericalangle$ | Znak za nagib                | $\sphericalangle$ 7%             | Nagib 7%  |
| $\frown$          | Znak za oblik površine       |                                  |   |
| $\smile$          | Znak za oblik profila        |                                  |   |
|                   |                              |                                  |   |

#### 3.1.2. Znakovi za hrapavost i način obrade

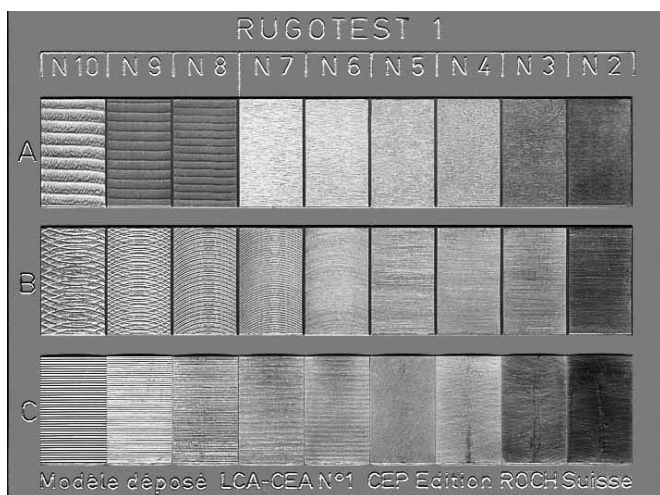
Obrada može biti ručna i strojna, a može biti gruba, čista i fina. Svakom narednom obradom uklanjaju se nedostaci prethodne obrade. Nedostaci prethodne obrade odnose se na oblik, dimenzije i hrapavost površine. Načini obrade upisuju se na posebna mjesta na tehničkom crtežu zajedno sa stupnjem ili klasom hrapavosti. Znakovi za hrapavost i način obrade mogu biti zajednički za sve površine ili mogu biti posebni kad se odnose samo na određene površine predmeta (slika 2.).



Slika 3. Primjer unošenja znakova za oblik, hrapavost i način obrade na tehnički crtež

Na slici 3. „N9 tokariti“ odnosi se na sve površine predmeta osim na površinu na kojoj je poseban znak za obradu „N3 brusiti“.

Na slici 4. Vidi se razlika pojedinih stupnjeva hrapavosti, a na slici 5. Mogućnosti pojedinih načina obrade s obzirom na hrapavost.



Slika 4. Pločice različite obrađenosti za kontrolu hrapavosti

| Stara oznaka  |              |    | ▽▽▽   |       |      | ▽▽   |                                      |     | ▽   |                                      |      | ▽   |                      |     | ~                       |     |      |      |  |
|---|--------------|----|---|-------|------|------|--------------------------------------|-----|-----|--------------------------------------|------|-----|----------------------|-----|-------------------------|-----|------|------|--|
| STUPANJ HRAPAVOSTI POVRŠINE   |              |    | N1  | N2    | N3   | N4   | N5                                   | N6  | N7  | N8                                   | N9   | N10 | N11                  | N12 |                         |     |      |      |  |
| Srednje odstupanje profila  | Ra           | μm | 0.012   | 0.025 | 0.05 | 0.1  | 0.2                                  | 0.4 | 0.8 | 1.6                                  | 3.2  | 6.3 | 12.5                 | 25  | 50                      | 100 | 200  | 400  |  |
| Srednja visina neravnina  | Rz           | μm | 0.05  | 0.1   | 0.2  | 0.4  | 0.8                                  | 1.6 | 3.2 | 6.3                                  | 12.5 | 25  | 50                   | 100 | 200                     | 400 | 800  | 1600 |  |
| Najveća visina neravnina  | Rmax         | μm | 0.08  | 0.16  | 0.32 | 0.63 | 1.25                                 | 2.5 | 5   | 10                                   | 20   | 40  | 80                   | 160 | 320                     | 630 | 1250 | 2500 |  |
| KLASA HRAPAVOSTI  |              |    | 1   | 2     | 3    | 4    | 5                                    | 6   | 7   | 8                                    | 9    | 10  | 11                   | 12  | 13                      | 14  |      |      |  |
| Hrapavost površine prema funkciji   |              |    | Kontrolne mjerke, maksimalni zahtjevi na površinu |       |      |      | Nepropusne i precizne tarne površine |     |     | Tarne površine, lijep vanjski izgled |      |     | Sprječavanje ozljeda |     | Nefunkcionalne površine |     |      |      |  |
| Veza kvalitete ISO tolerancija i stupnjeva hrapavosti površine za četiri područja mjera | IT kvaliteta | 5  |   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
|   |              | 6  |   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
|   |              | 7  |   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
|   |              | 8  |   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
|   |              | 9  |   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
|   |              | 10 |   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
|   |              | 11 |   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
| Tokarenje   |              |    | grubo   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
|   |              |    | čisto   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
|   |              |    | fino  |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
| Blanjanje   |              |    | grubo   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
|   |              |    | čisto   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
|   |              |    | fino  |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
| Glodanje  |              |    | grubo   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
|   |              |    | čisto   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
|   |              |    | fino  |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
| Brušenje  |              |    | grubo   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
|   |              |    | čisto   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
|   |              |    | fino  |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
| Bušenje svrdlom   |              |    |   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
| Razvrtanje  |              |    | čisto   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
|   |              |    | fino  |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
| Upuštanje   |              |    |   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
| Provlačenje   |              |    |   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
| Poliranje   |              |    | mehaničko   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
|   |              |    | elektrolitičko                                    |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
| Honanje   |              |    |   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
| Lepanje   |              |    |   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
| Superfinaš  |              |    |   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
| Obrada zubaca   |              |    | blanjanjem  |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
|   |              |    | glodanjem   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
|   |              |    | brušenjem   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
|   |              |    | brijanjem   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
| Obrada navoja   |              |    | rezanjem  |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
|   |              |    | brušenjem   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
| Elektroerozija  |              |    |   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
| Protiskivanje i kalibriranje kuglom   |              |    |   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
| Ručna obrada  |              |    | vrlo gruba  |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
|   |              |    | turpijanjem                                       |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
|   |              |    | finim turpijanjem                                 |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
|   |              |    | zaglađivanjem brus. platnom                       |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
| Lijevanje   |              |    | u pješčane kalupe                                 |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
|   |              |    | u kokile - centrifugalno                          |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
|   |              |    | u kalup voštanog modela                           |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
|   |              |    | metala pod tlakom                                 |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
|   |              |    | plastičnih masa pod tlakom                        |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
| Kovanje i prešanje  |              |    | toplo slobodno                                    |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
|   |              |    | toplo u kalupu                                    |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
|   |              |    | hladno u kalupu                                   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
| Toplo valjanje  |              |    |   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
| Hladno valjanje i vučenje   |              |    |   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
| Fino hladno valjanje, valjanje navoja   |              |    |   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
| Pjeskarenje   |              |    |   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |
| Čišćenje mlazom sačme   |              |    |   |       |      |      |                                      |     |     |                                      |      |     |                      |     |                         |     |      |      |  |

Slika 5. Veza između vrste obrade i hrapavosti

### 3.1.3. Znakovi za tolerancije i dosjede

#### a) Tolerancija

Prilikom izrade više jednakih predmeta teško je postići jednake dimenzije jer na točnost mjera utječe istrošenost alata, točnost mjerila, temperatura prilikom obrade i mjerenja i više drugih čimbenika. Zbog toga je gotovo nemoguće izraditi dva predmeta jednakih dimenzija, pa se u praksi dopušta određena tolerancija mjera. Ta tolerancija naziva se dopušteno odstupanje od nazivne mjere, a elementi tolerancije vide se na slici 6.

$\phi 30_{-0.015}^{+0.020}$

D, d=30 – nazivna mjera  
 Ag, ag = +0.020 – gornje odstupanje od nazivne mjere  
 Ad, ad = - 0.015 – donje odstupanje od nazivne mjere

$D_d, d_d = 30 - 0.015 = 29.985$

$D_g, d_g = 30 + 0.020 = 30.020$

Slika 6. Elementi tolerancije

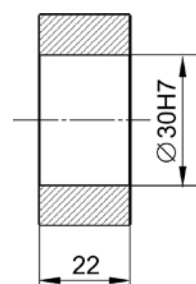
Na slici 6. znak  $\Phi$  predstavlja kružni presjek, a broj 30 je nazivni promjer.

Broj +0.020 znači da je najveća dopuštena mjera za 0.020 mm veća od 30 mm i naziva se gornje odstupanje od nazivne mjere.

Broj -0.015 znači da je najmanja dopuštena mjera manja za 0.015 mm od 30 mm i naziva se donje odstupanje od nazivne mjere.

Iz slike 6. vidi se da je najmanja dopuštena mjera 29.985 mm, a najveća dopuštena mjera 30.020 mm. Svaka mjera između 29.985 mm i 30.020 uključujući i te dvije mjere je dobra mjera.

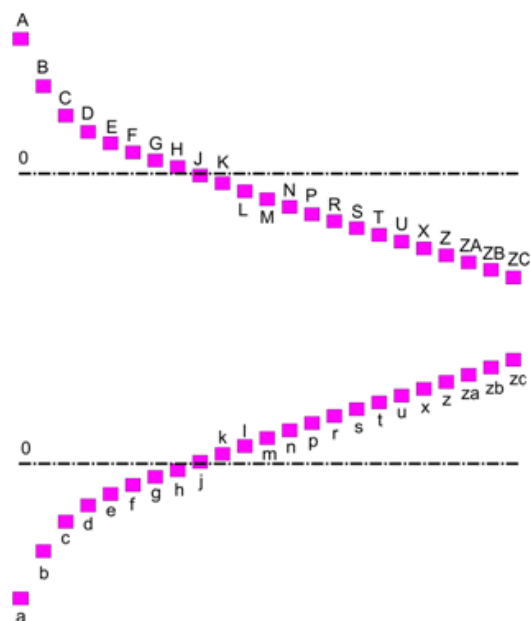
Tolerancije se na tehničkim crtežima najčešće predočavaju poljem tolerancije i kvalitetom tolerancije npr.  $\Phi 30H7$  (slika 7.)



Slika 7. Najčešći način označavanja tolerancija na tehničkim crtežima

Na slici 7. znak  $\Phi$  predstavlja kružni presjek, broj 30 je nazivna mjera, slovo H označava položaj tolerancijskog polja, a broj 7 označava kvalitetu tolerancije.

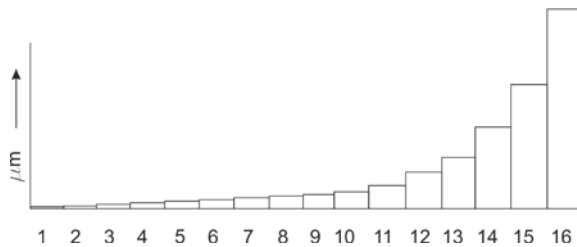
Položaj tolerancijskog polja za provrte označava se velikim slovima abecede, a položaj tolerancijskog polja za rukavce (osovine) označava se malim slovima abecede (slika 8.)



Slika 8. Položaj tolerancijskih polja

Tolerancijsko polje može se nalaziti iznad nulte crte, na nultoj crti i ispod nulte crte.

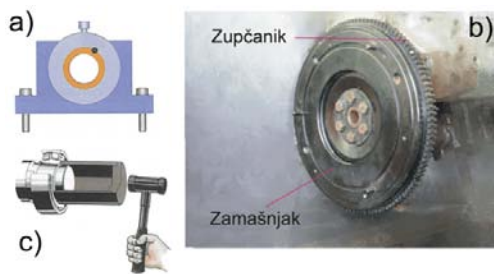
Polje tolerancije proteže se od najmanje mjere (donje granične mjere) do najveće mjere (gornje granične mjere). Veličina polja tolerancije označava kvalitetu tolerancije. Manje polje tolerancije označava se manjim, a veće polje tolerancije većim brojem. Manje polje tolerancije, odnosno manji broj kvaliteta tolerancije odnosi se na precizniju obradu koja je u pravilu skuplja jer ju je teže postići. Stoga se strojni dijelovi uvijek izrađuju s većim poljem tolerancije koje neće utjecati na funkcionalnost proizvoda. Usporedba kvaliteta tolerancije vidi se na slici 9.



Slika 9. Usporedba kvaliteta tolerancije

### b) Dosjedi

Dosjed je odnos mjera dvaju dijelova prije spajanja. Dosjed može biti labavi ili čvrsti. U nekim slučajevima ne može se unaprijed znati koji će dosjed nastupiti pa se takav dosjed naziva prijelazni (slika 10.).



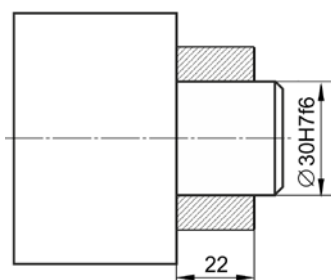
Slika 10. Primjeri spajanja dijelova dosjedima;

- a) labavi dosjed (klizni ležaj),
- b) čvrsti dosjed (zupčani vijenac na zamašnjaku),
- c) prijelazni dosjed (kuglični ležaj na vratilu)

**U labavom dosjedu** između spojenih dijelova može nastati samo zračnost. Tipičan spoj dvaju dijelova u labavom dosjedu je spoj osovine i kliznog ležaja.

**U čvrstom dosjedu** između spojenih dijelova može nastati samo preklap. Kako je promjer osovine veći od promjera provrta, prije spajanja je dio s provrtom potrebno ugrijati, a ponekad i osovinu ohladiti. Grijanjem se provrtu poveća promjer, a hlađenjem se osovinu smanji promjer. Nakon operacije grijanja i hlađenja osovina će bez problema ući u provrt. Kad se temperature izjednače spoj se više ne može rastaviti. Tipičan primjer spoja dvaju dijelova u čvrstom dosjedu je spoj zamašnjaka motora SUI i zupčanog vijenca na njemu.

**U prijelaznom dosjedu** može nastati ili mala zračnost ili mali preklap ovisno o stvarnim dimenzijama dijelova prije spajanja. U prijelaznom dosjedu spajaju se dijelovi koje je povremeno potrebno rastavljati. Spajanje i rastavljanje se najčešće izvodi laganim udarcima ruke ili čekića.



Slika 11. Označavanje dosjeda na tehničkom crtežu

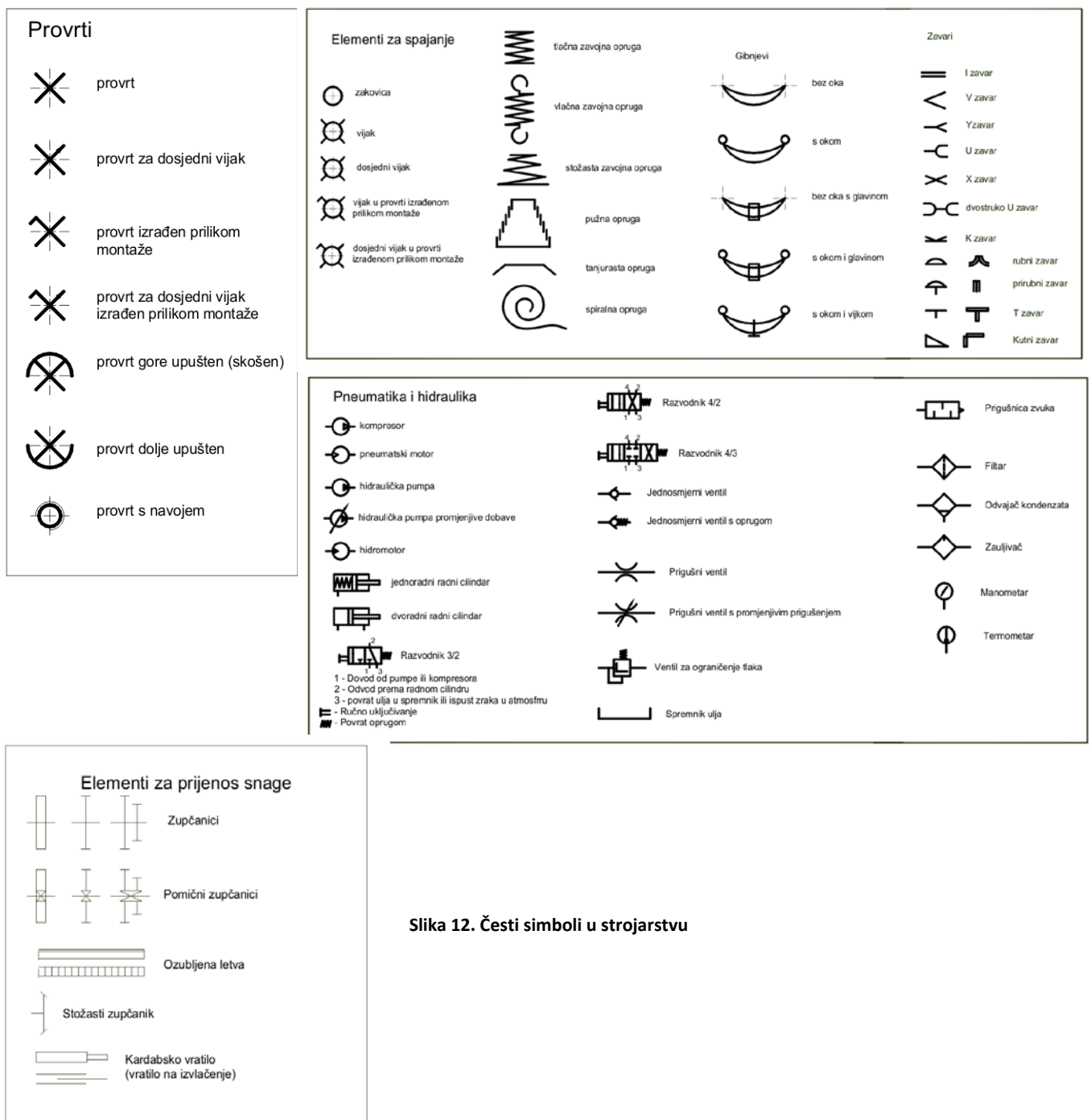
**Vježba 37** – U mjerilu 1:1 nacrtati osovinu sa slike 2

Cilj: Utvrditi znanja o elementima radioničkog crteža

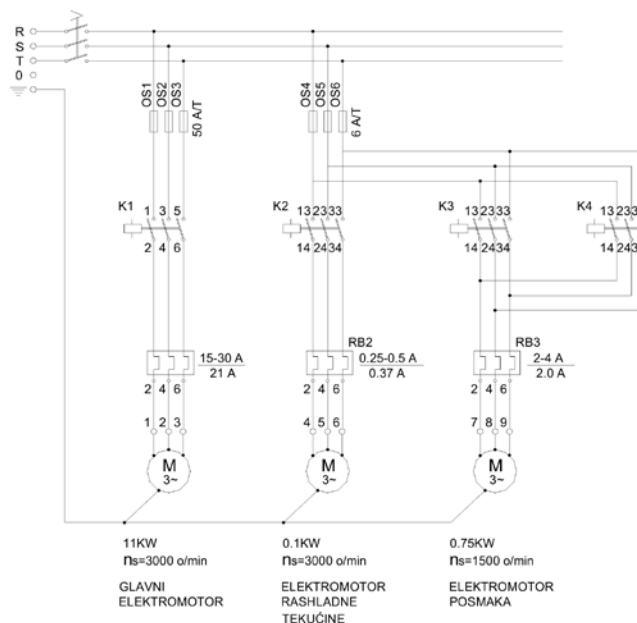
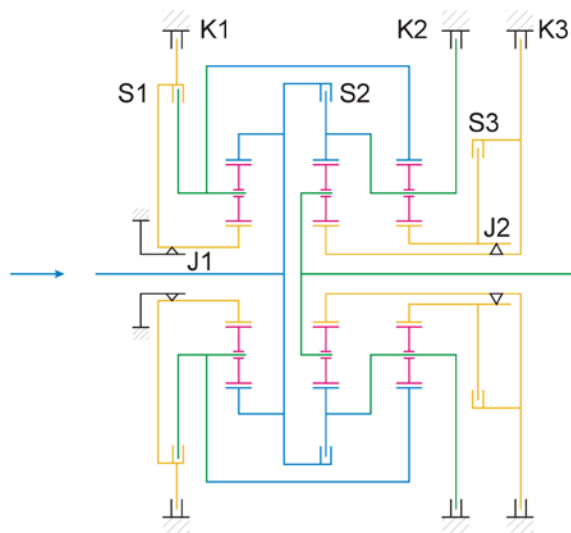
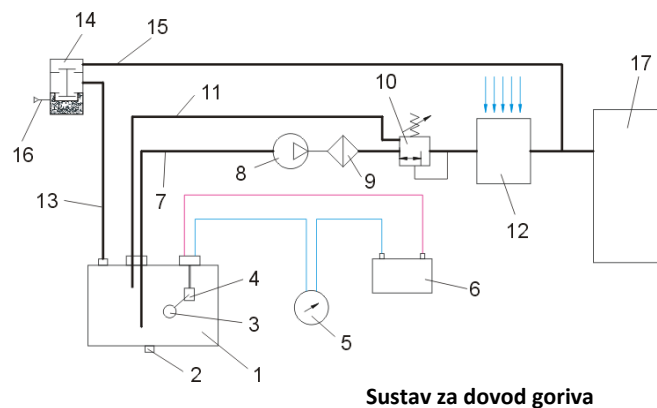
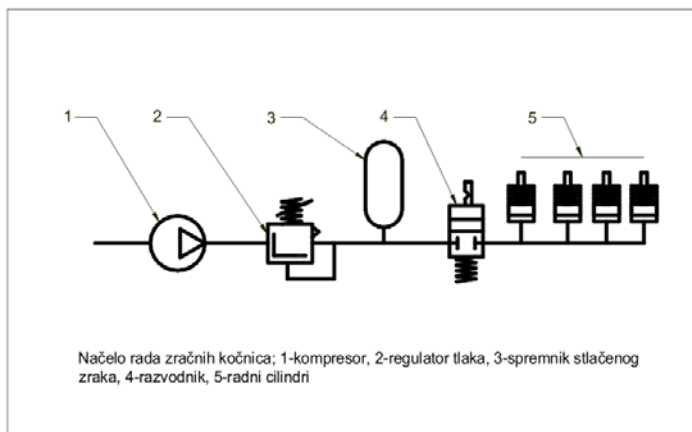
Program

### 4. Shematski tehnički crtež

Shematski crteži na pojednostavljen način predočuju strojne dijelove dogovorenim znakovima (simbolima). Shematski se najčešće crtaju cijevni i električni vodovi, ali se shematski crtaju cijeli strojevi i njihovi sklopovi kad treba objasniti načela rada i funkcioniranje pojedinih sklopova. Na slici 12. su simboli česti simboli u strojarstvu, a na slici 13. primjeri shematskih tehničkih crteža



Slika 12. Česti simboli u strojarstvu



Automatski mjenjač

Spoj trofaznih elektromotora

Slika 13. Primjeri shematskih crteža

**Vježba 38** – Nacrtati sliku načela rada zračnih kočnica i opisati načelo rada

Cilj: Naučiti pravila shematskog crtanja

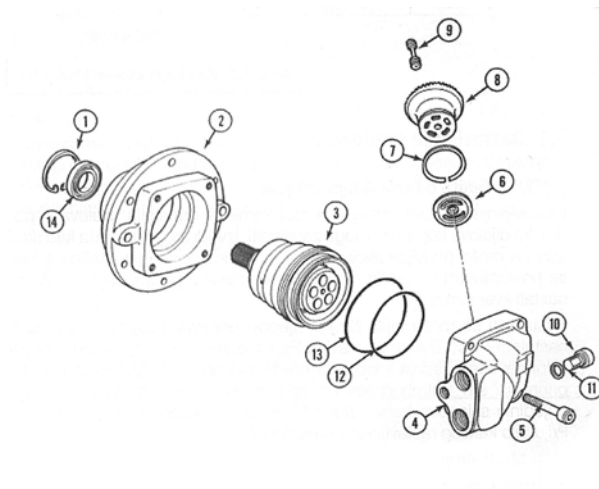
Vježba

**Vježba 39** – Nacrtati sustav za dovod goriva i opisati ga

Cilj: Naučiti pravila shematskog crtanja

Vježba

## 5. Eksplozijski crtež



Slika 14. Eksplozijski crtež

# Oplošje tijela

## 1. Crtanje oplošja jednostavnih geometrijskih tijela

### 1.1. Oplošje kvadra

**Vježba 40** – Nacrtaј pravokutne projekcije i oplošje kvadra dimenzija ŠxDxV 50x40x60

Cilj: Naučiti crtati oplošje kvadra

Rješenje - Animacija [OPLOŠJE 1\\_1](#) i [OPLOŠJE 1\\_2](#)

### 1.2. Oplošje valjka

**Vježba 41** – Nacrtaј pravokutne projekcije i oplošje valjka promjera osnovice 40 mm i visine 60 mm

Cilj: Naučiti crtati oplošje valjka

Rješenje - Animacija [OPLOŠJE 2\\_1](#) i [OPLOŠJE 2\\_2](#)

Uputa: Osnovica valjka je krug promjera 40 mm, a plašt je pravokutnik visine valjka i duljine opsega kruga. Opseg kruga se izračunava po formuli:

$$O = D \cdot \pi$$

### 1.3. Oplošje stošca

**Vježba 42** – Nacrtaј pravokutne projekcije i oplošje stošca promjera osnovice 40 mm i visine 60 mm

Cilj: Naučiti crtati oplošje piramide

Rješenje - Animacija [OPLOŠJE 3\\_1](#) i [OPLOŠJE 3\\_2](#)

Uputa: Duljina luka plašta stošca odgovara opsegu kruga osnovice. Prenošenje opsega osnovice na luk plašta stošca naziva se rektifikacija kružnog luka, a obavlja se prenošenjem luka na pravac, a zatim s pravca na drugi luk.

### 1.4. Oplošje piramide

**Vježba 43** – Nacrtaј pravokutne projekcije i oplošje piramide kojoj je osnovica kvadrat duljine stranice 40 mm i visina 60 mm. Stranice osnovice su paralelne s osima X i Y.

Cilj: Naučiti crtati oplošje stošca

Rješenje - Animacija [OPLOŠJE 4\\_1](#) i [OPLOŠJE 4\\_2](#)

Uputa: Bridovi stošca nisu paralelni s ravninama projiciranja pa su u ravninama projiciranja prikraćene slike ti bridova. Stoga je za crtanje oplošja piramide prethodno potrebno odrediti pravu veličinu bridova. Jedan od načina za određivanje prave veličine dužine je zakretanje dužine u položaj koji je paralelan s nekom od ravnina projiciranja.

## 2. Crtanje oplošja kosih geometrijskih tijela

### 2.1. Oplošje kosog valjka

**Vježba 44** – Nacrtaј pravokutne projekcije i oplošje kosog valjka promjera 40 mm i visine 60 mm koji je nagnut prema bokocrtnoj ravnini pod kutom od  $60^\circ$ .

Cilj: Naučiti crtati oplošje kosog valjka

Rješenje - Animacija [OPLOŠJE 5\\_1](#) i [OPLOŠJE 5\\_1](#)

### 2.2. Oplošje kose piramide

**Vježba 45** – Nacrtaј pravokutne projekcije i oplošje trostrane kose piramide kojoj su koordinate vrhova: A (70,20,10), B(40,40,10), C(30,10,10), V(10,30,70).

Cilj: Naučiti crtati oplošje kose piramide

Rješenje - Animacija [OPLOŠJE 6\\_1](#) i [OPLOŠJE 6\\_2](#)

## 2.2. Oplošje krnjeg kosog stošca

**Vježba 46** – Nacrtaj oplošje krnjeg kosog stošca promjera osnovice 40 mm, ako su koordinate središta  $S(50,30,10)$ , a vrha  $V(10,30,70)$

Cilj: Naučiti crtati oplošje krnjeg stošca

Rješenje - Animacija [OPLOŠJE 7](#)

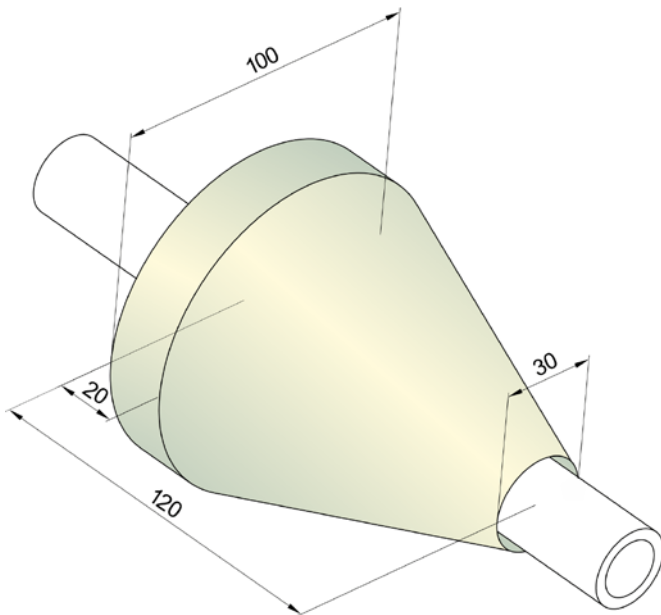
## 3. Crtanje oplošja tijela iz prakse

**Vježba 47** – Nacrtaj završetak izolacijskog plašta prema slici 1.

Cilj: Naučiti crtati oplošje kose piramide

Rješenje - Animacija [OPLOŠJE 8](#)

Program



Slika 1. Završetak izolacijskog plašta