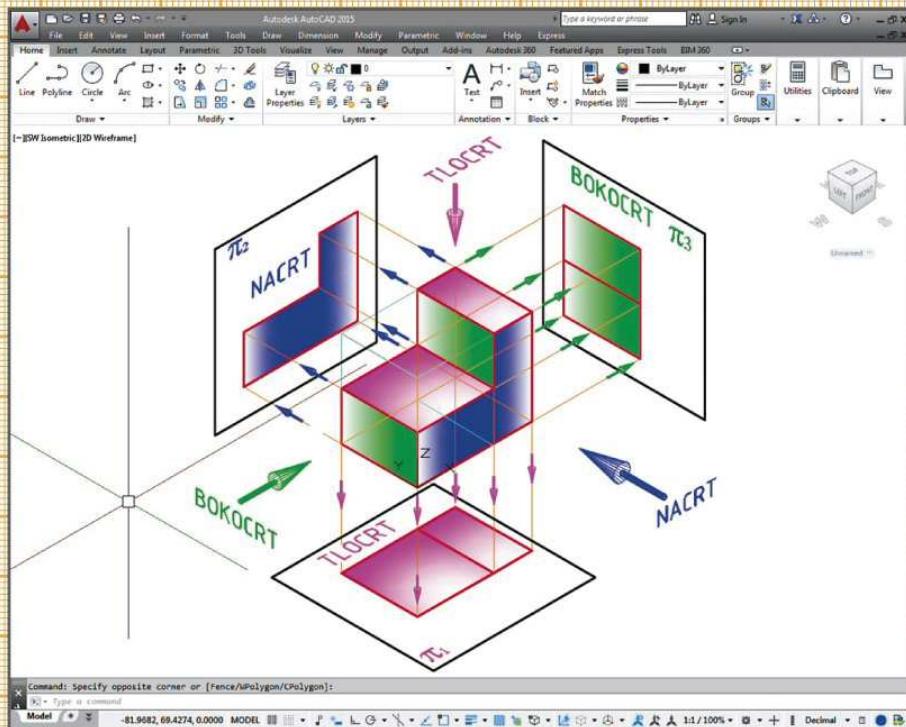


Mato Lučić

TEHNIČKO CRTANJE

s AutoCAD-om

udžbenik za prvi i drugi razred srednjih strukovnih škola



ML 
Mato Lučić

ML



Mato Lučić
NAKLADNIŠTVO

Mato Lučić

TEHNIČKO CRTANJE
s AutoCAD-om

udžbenik za prvi i drugi razred srednjih strukovnih škola



Osijek, 2020.

Predgovor

Tehnički crteži pripadaju među najvažnije medije i sredstva komuniciranja pa ih je potrebno znati čitati i crtati. Potrebna znanja o izradi i čitanju tehničkih crteža steći će te pomoći ovog udžbenika.

Udžbenik je oblikovan prema kurikulumu za nastavni predmet *Tehničko crtanje*, *Tehničko crtanje i dokumentiranje*, *Tehničko dokumentiranje* i *Grafičke komunikacije u prometu* kako za trogodišnje strukovne škole tako i za četverogodišnje tehničke škole. Sadrži objašnjenja i primjere za stjecanje svih potrebnih znanja koja će učenicima omogućiti potpuno samostalnu izradu i čitanje tehničkih crteža i dokumentacije pomoći pribora za tehničko crtanje ili na računalu u računalnom programu *AutoCAD*.

Nastavni predmet *Tehničko crtanje* ili *Tehničko crtanje i dokumentiranje* i *Tehničko dokumentiranje* predaje se u prvim ili prvim i drugim razredima srednjih strukovnih škola. Nastavni planovi za ovaj predmet, za različita obrazovna područja i različita zanimanja, nisu jednaki zbog čega bi trebalo koristiti nekoliko vrlo sličnih udžbenika.

Ovaj udžbenik obuhvaća sve potrebno gradivo za sva obrazovna područja i za sva zanimanja, a podijeljen je na ukupno devetnaest nastavnih cjelina. *Nastavnik će odabrat i obraditi samo one cjeline koje su previđene kurikulom za određeno zanimanje.* U osamnaestoj cjelini udžbenika posebno je opisan rad s računalnim programom *AutoCAD* bez kojega je danas teško zamisliti izradu tehničkih crteža. Uz udžbenik je priložen i CD medij s mnogobrojnim crtežima, primjerima i dr. Također ćete često na pojedinim stranicama vidjeti QR codove koje možete učitati i pogledati (video) materijale s *web odredišta*.

U udžbeniku su obrađene sljedeće nastavne cjeline:

1. Uvod u tehničko crtanje
2. Standardi u tehničkom crtaju
3. Geometrijske konstrukcije
4. Konstrukcije tehničkih krivulja
5. Kotiranje crteža
6. Pravokutno projiciranje i kotiranje
7. Presjeci ravninama, prodori i mreže tijela
8. Prostorno predočavanje i kotiranje
9. Presjeci nepravilnih tijela
10. Pojednostavljeno crtanje i kotiranje
11. Skiciranje
12. Tolerancije i hrapavost površina
13. Izrada i čitanje crteža i shema
14. Simboli u tehničkom crtaju
15. Dokumentacija i arhiviranje dokumenata
16. Predočavanje strojnih elemenata
17. Građevinski nacrti
18. Crtanje u *AutoCAD-u*
19. Zadaci za vježbe crtanja.

TEHNIČKO CRTANJE



ISHODI NASTAVNIH CJELINA:

- ✓ Upoznati pojmove tehničkog crtanja i osnovni pribor za izradu crteža.
- ✓ Primijeniti norme i pravila tehničkog crtanja pri izradi tehničkih crteža.
- ✓ Zapamtiti načine konstruiranja osnovnih geometrijskih konstrukcija.
- ✓ Uporabiti pribor za crtanje pri konstruiranju tehničkih krivulja.
- ✓ Razlikovati načine kotiranja različitih elemenata crteža.
- ✓ Prepoznati pravokutne projekcije jednostavnih 3D modela.
- ✓ Primijeniti presjeke ravninama, prodore i mreže tijela u praksi.
- ✓ Upoznati načine prostornog predočavanja i kotiranja.
- ✓ Prepoznati presjeke nepravilnih tijela i primijeniti ih u crtaju.
- ✓ Upoznati načine pojednostavljenog crtanja i kotiranja.
- ✓ Primijeniti skiciranje jednostavnih 3D modela u praksi.
- ✓ Prepoznati oznake tolerancija i hrapavosti površina na crtežima.
- ✓ Razlikovati detalje na crtežima i shemama pri njihovu čitanju.
- ✓ Prepoznati simbole i upotrijebiti ih u izradi shematskih crteža.
- ✓ Razlikovati tehničku dokumentaciju i načine arhiviranja dokumenata.
- ✓ Prepoznati različite strojne elemente predočene na crtežima.
- ✓ Primijeniti pravila tehničkog crtanja pri izradi građevinskih nacrta.



1. UVOD U TEHNIČKO CRTANJE

1. 1. Tehnički crtež

Tehnički crteži su najvažniji dio tehničke dokumentacije. U različite svrhe njima se koristi velik broj tehničkog osoblja različitog stupnja naobrazbe. Crteži služe kao polazna osnova u svakom proizvodnom procesu i zbog toga moraju jasno, jednostavno i razumljivo prikazati objekt ili sustav.

Tehnički je crtež sredstvo sporazumijevanja i veza između različitih dijelova jednog lanca u kojem sudjeluju ljudi koji daju zamisao, konstruktori koji tu zamisao pretaču u konkretan proizvod, djelatnici koji izrađuju proizvod i kupci. Crteži moraju potpuno jasno predviđavati proizvod. U opisu crteža treba jasno naznačiti osnovne podatke o proizvodu (ime konstruktora, ime osobe koja je izradila crtež, vezu s drugim crtežima i dr.) kao i podatke koji se odnose na pojedine dijelove sklopa (broj komada, materijal i dr.). Podaci na tehničkom crtežu moraju biti jednoznačni, potpuni i razumljivi svakoj tehnički obrazovanoj osobi.

Zajednički jezik tehničkog crtanja temelji se na pravilima tehničkog crtanja, koja su određena i propisana **normama (standardima)** u tehničkom crtanju (HRN, ISO, CEN, DIN, ASA i dr.).

Uredi za normizaciju:

ISO – International Organization for Standardization (međunarodne norme)

HRN – hrvatske norme

DIN – Deutsches Institut für Normung e. V. (njemačke norme)

CEN – Comité Européen de Normalisation (europske norme)

HRN-ISO – međunarodne norme preuzete za hrvatsku normu

CEN-ISO – međunarodne norme preuzete za europske norme i druge.

Neki standardi koji se koriste u tehničkom crtanju:

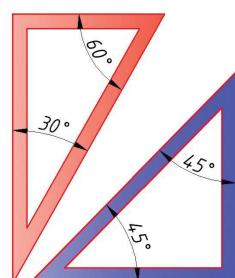
- standard crta (ISO 128)
- standard tehničkog pisma (ISO 3098/1)
- standard mjerila u tehničkom crtanju (ISO 5454)
- standard formata papira (ISO 5457)
- standard kotiranja (ISO 129) i dr.

1.2. Pribor za tehničko crtanje



Veći dio pribora za tehničko crtanje danas bi se mogao smjestiti u povijest. Izrada crteža ručno, olovkom, priborom i potom u tušu uz pomoć pera za crtanje (*rapidografa*) i dr., nema nikakva smisla prema izradi na danas široko dostupnim računalima te njihovim iscrtavanjem na *ploterima* (crtalima) i pisačima. No ipak, potrebno je upoznati pribor koji se koristio, a i danas se koristi za tzv. ručnu izradu crteža, kao što su olovke, šestari, kutomjer, krivuljari, rapidografi i dr.

Slika 1. Tehničke olovke



Slika 2. Trokuti



Osnovni pribor potreban za crtanje bilo kakvog tehničkog crteža čini:

- grafitna olovka (tehnička)
- dva trokuta
- kutomjer
- šestar
- krivuljari
- gumica za brisanje.



Slika 3. Kutomjer i krivuljari

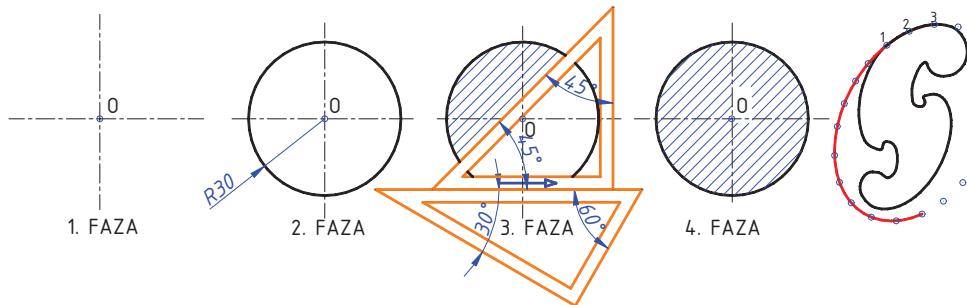
Slika 4. Šestar

Osim toga za izradu tehničkih crteža u konstrukcijskim uredima koristili su se:

- crtaci stolovi
- crtace daske
- razne vrste šestara (nul-šestar, p...)
- razmijernici (za lakše crtanje crteža)
- šablone za slova i posebne šabloni
- pera za tuširanje, tzv. rapidografi

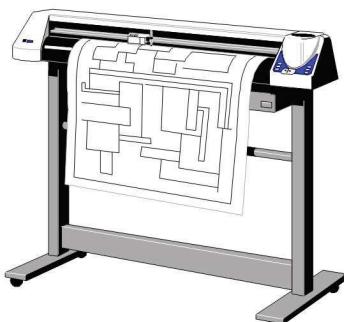


Slika 5. Rapidografi

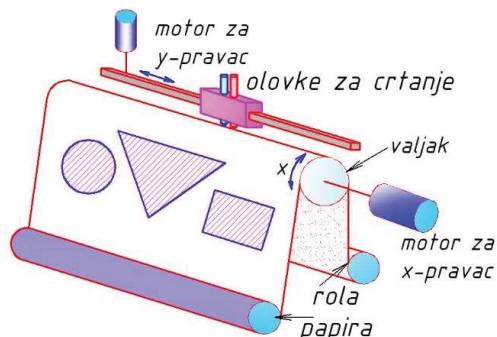


Slika 6. Primjeri uporabe trokuta i krivuljara

Danas se za izradu crteža koriste računala s **CAD (Computer Aided Design)** programima (**AutoCAD** i dr.) kojima se crteži izrađuju puno brže i lakše. Samo iscrtavanje crteža izvodi se na **pisačima** (za manje formate) ili na **ploterima – crtalima** (za veće formate).



Slika 7. Ploter (crtalo) s valjkom



Slika 8. Načelo rada plotera (crtala) s valjkom



2. STANDARDI U TEHNIČKOM CRTANJU

2.1. Vrste tehničkih crteža

Tehnički se crteži mogu podjeliti na različite načine. Uobičajena je podjela crteža u četiri skupine:

1. Prema načinu prikazivanja predmeta:

- a) **ortogonalni** (prikaz predmeta u dvije dimenzije – 2D)
- b) **aksonometrijski** crtež ili prostorni prikaz predmeta (u tri dimenzije – 3D).

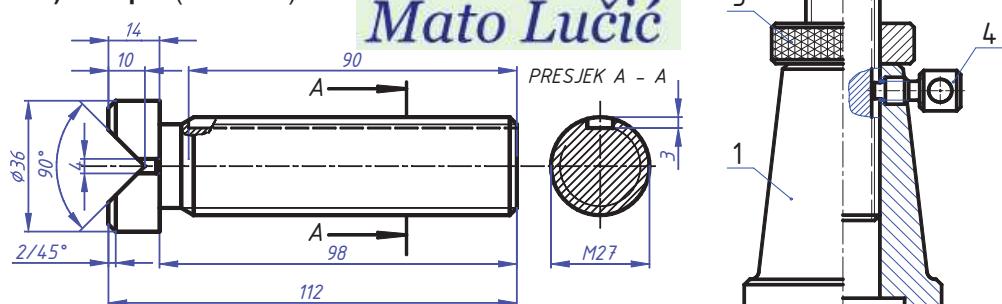


Slika 1. Ortogonalni (2D) crtež

Slika 2. Aksonometrijski (3D) crtež

2. Prema sadržaju:

- a) **detaljni** (radionički)
- b) **skloplji** (montažni).



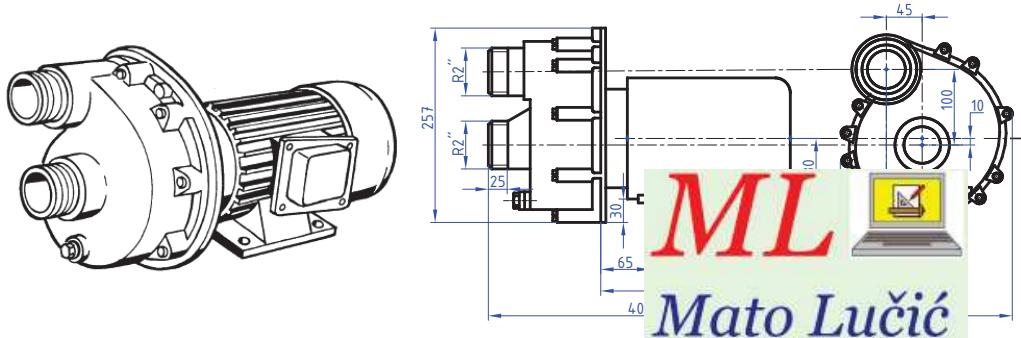
Slika 3. Crtež detalja i crtež sklopa

3. Prema namjeni:

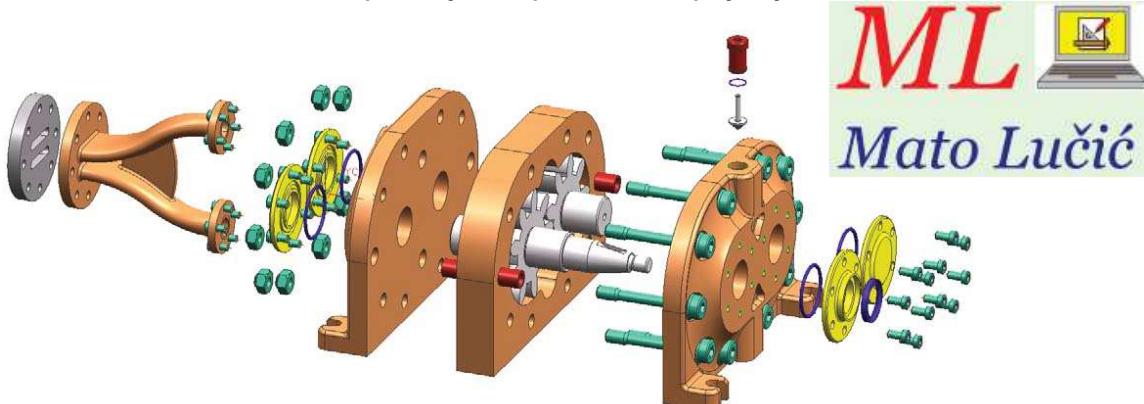
- a) **crtež projekta** (crtež kao sastavni dio nekog projekta)
- b) **crtež za ponudu** (crtež koji prikazuje glavne značajke proizvoda i kojim se proizvod nudi tržištu)
- c) **crtež za narudžbu** (crtež kojim se naručuje proizvod)
- d) **instalacijski crtež** (prikazuje električne, vodovodne, plinovodne, mrežne, telefonske, instalacije centralnog grijanja i druge)
- e) **shematski crtež** (predviđanje uz pomoć simbola)
- f) **crtež za odobrenje** (na osnovu kojeg se kontrolira propisana izvedba)
- g) **kontrolni crtež** (crtež za isporuku s naglaskom na označene izmjere za kontrolu)



- h) patentni crtež (priloži se uz prijavu izuma u redu za patente)
- i) crtež temelja (z i strojeva)
- j) crtež projekta (projekta)
- k) crtež za ponudu značajke proizvoda i kojim se proizvod nudi tržištu)
- l) crtež za narudžbu (za narudžbu proizvod)
- m) crtež isporuke (kao prilog tehničkoj dokumentaciji pri isporuci proizvoda) i dr.



Slika 4. Crtež za ponudu jedne crpke u 3D i u 2D projekciji



Slika 5. Montažni crtež zupčaste crpke

4. Prema načinu izrade:

- a) skica (izrađena prostoručno prema pravilima tehničkog crtanja i u približnom mjerilu)
- b) original (crtež izrađen priborom za tehničko crtanje ili na računalu, prema pravilima tehničkog crtanja i u točnom mjerilu)
- c) kopija (preslika originala).



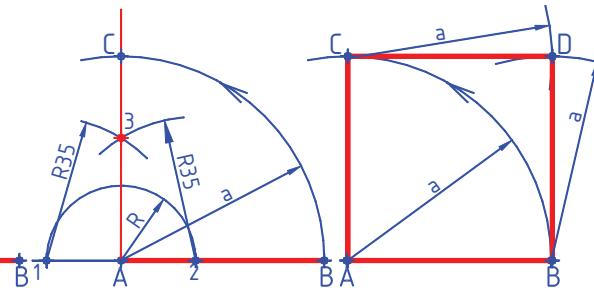
Slika 6. 3D skica klipnjače motora



VRSTE CRTE								
VRSTA CRTE	OBLIK CRTE	NAZIV CRTE	ŠIRINA CRTE (mm)					
A	—	široka puna	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4
B	—	uska puna	0,13	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7
C		uska puna prostoručna	0,13	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7
D		uska puna ravna cik-cak	0,13	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7
E	— — — — —	široka isprekidana	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4
F		uska isprekidana	0,13	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7
G	— · — · — · —	uska crta-točka-crta	0,13	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7
H	— · · · · —	uska crta-točka-crta, a široka na krajevima i na mjestima loma	0,25 (0,13)	0,35 (0,18)	0,5 (0,25)	0,7 (0,35)	1 (0,5)	1,4 (0,7)
J	— · · · · —	široka crta-točka-crta	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4
K	— · · · · —	uska crta-dvije točke-crta	0,13	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7

2.3. Namjena crta

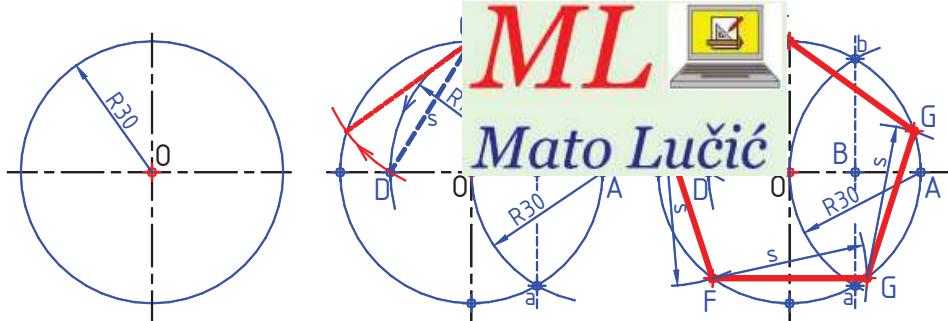
NAMJENA CRTE	PRIMJERI
A A1 Vidljivi obrisi A2 Vidljivi bridovi A3 Vrhovi i završeci navoja	
B B1 C B2 N B3 P B4 Š B5 O B6 Kratke sredisnjice B7 Korijen navoja B8 Dijagonale ravnih ploha B9 Zaokružena oznaka detalja	
C C1 Lomne crte djelomičnih ili skraćenih pogleda ili presjeka	
D D1 Jednako kao C1, samo za crtanje strojem (ploterom)	
E E1 Nevidljivi obrisi E2 Nevidljivi bridovi	
F F1 Nevidljivi obrisi F2 Nevidljivi bridovi	



3.8. Konstrukcija pravilnog peterokuta u zadanoj kružnici

Postupak:

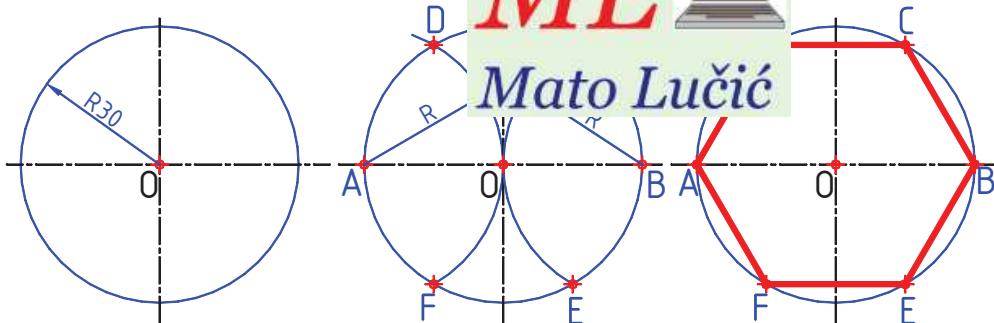
Prepolovite polumjer **0A**. Ubodite šestar u točku polovišta **B** i otvorite do **C** te iz **C** prema **D** opišite kružni luk (R_1). Tetiva **CD** = **S** predstavlja stranicu pravilnog peterokuta. Ubodite šestar u **C**, otvorite do **D** i nanesite prvu stranicu na kružnicu. Potom nanesite istu veličinu još četiri puta.



3.9. Konstrukcija pravilnog šesterokuta u zadanoj kružnici

Postupak:

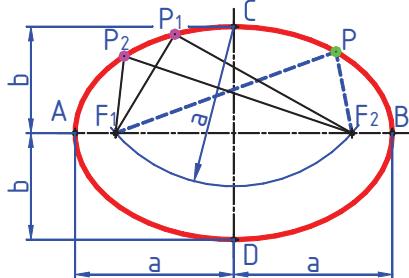
Iz točaka **A** i **B** opišite lukove kroz **O** do sjecišta s kružnicom. Označite sjecišta (točke **B**, **C**, **E** i **F**). Nastala sjecišta spojite u šesterokut. Polovljenjem stranica šesterokuta nastaje dva-esterokut.





4. KONSTRUKCIJE TEHNIČKIH KRIVULJA

4.1. Konstrukcije elipse

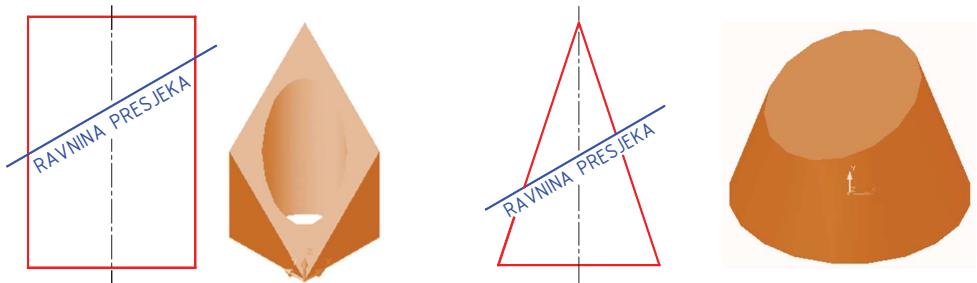


Elipsu čine točke ravnine čiji je zbroj udaljenosti od dviju čvrstih točaka (F_1 i F_2) stalan i jednak duljini velike osi $2a$ (slika lijevo).

Za sve točke elipse, također i točke **A**, **B**, **C**, i **D**, vrijedi:

$$F_1P + F_2P = 2 \cdot a$$

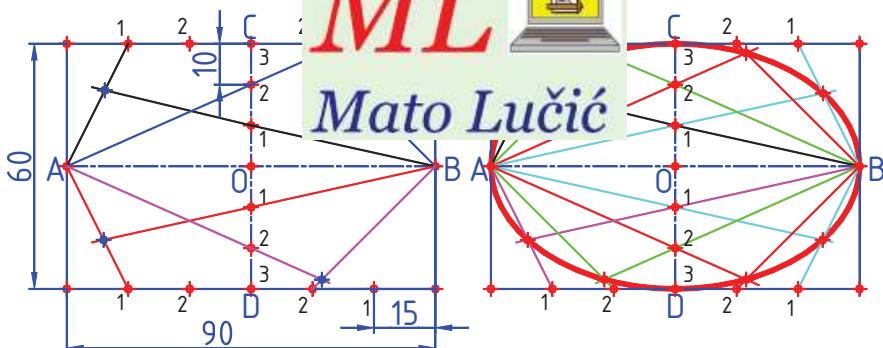
Elipsa nastaje ako se valjak ili stožac presiječe ravninom koja nije usporedna s njihovim osnovicama (slike dolje).



4.1.1. Konstrukcija elipse pomoću konjugiranih promjera diobom

Postupak:

1. Nacrtajte pravokutnik zadanih dimenzija.
2. Podijelite vodoravne stranice i središnjicu pravokutnika r
3. Označite točke pa spojite **A** i 1, potom **A** i 2.
4. Iz točke **B** povucite zraku tako da sijeće dužinu **A1**, a po dužinu **A2**.
5. Isti postupak ponovite za sva četiri kvadranta elipse.
6. Krivuljarom spajajte najma





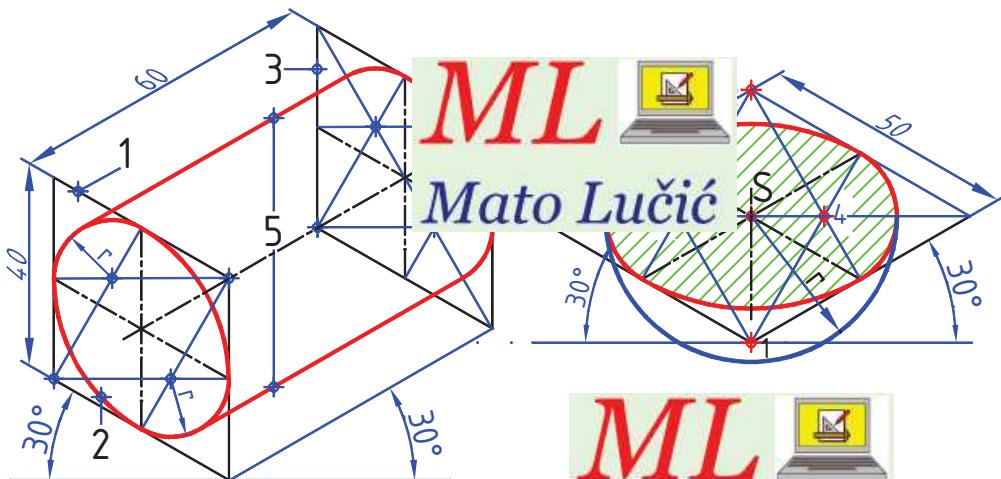
4.1.4. Konstrukcija valjka i polukugle pomoću šestara u izometriji

a) postupak crtanja valjka:

1. Nacrtajte romb (1) prema uputama s prethodne stranice.
2. U tom rombu nacrtajte elipsu (2).
3. Na razmaku od prvog romba **60 mm** (visina valjka) nacrtajte jednak romb (3) i pola druge elipse (4).
4. Nacrtane elipse spojite tangentama (5).

b) postupak crtanja polukugle:

1. Nacrtajte romb stranica **50 mm**.
2. Unutar romba pomoću šestara nacrtajte elipsu.
3. Šestar ubodite u središte romba (**S**) i oko donje polovice elipse opišite kružni luk (**r**).



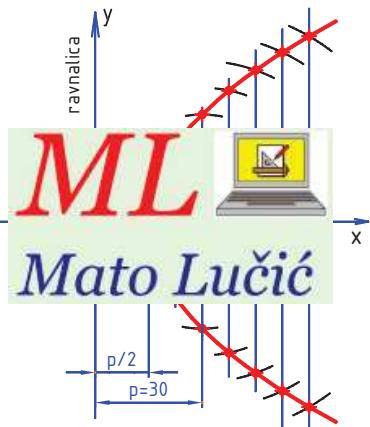
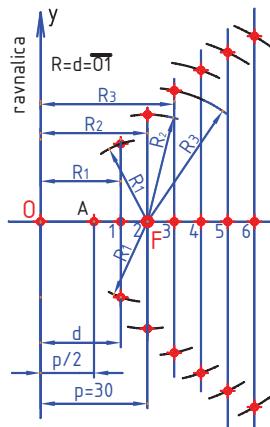
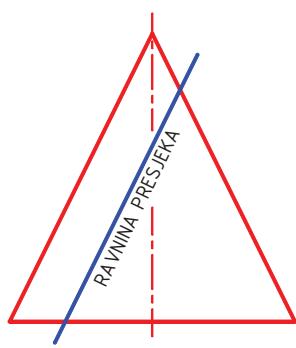
4.2. Konstrukcija parabole



Parabolu čine točke koje su jednako udaljene od žarišta (**F**) i od pravca **v** koji se zove **ravnalica** ili **direktrisa**. Parabola nastaje ako se stožac presiječe ravninom koja je usporedna s jednom njegovom izvodnicom (slika na sljedećoj stranici lijevo).

Postupak:

1. Nacrtajte osi **x** i **y**.
2. Označite točke **O**, **A** i **F**.
3. Na **x** os nanesite proizvoljne razmeđe počevši od točke **A**.
4. Označite točke **1, 2, 3, 4, 5** i **6**.
5. U točkama **1, F, 2, 3, 4, 5** i **6** podignite okomiti pravac.
6. U šestar uzmите udaljenost $r = OA$ i kružnim lukom presijecite na donjoj i gornjoj strani okomiti pravac koji prolazi kroz točku **1**. Potom isto ponovite za ostale točke parabole ubadajući šestar: **O2 u F, O3 u F, O4 u F, O5 u F i O6 u F**. Spojite dobivene točke u parabolu.

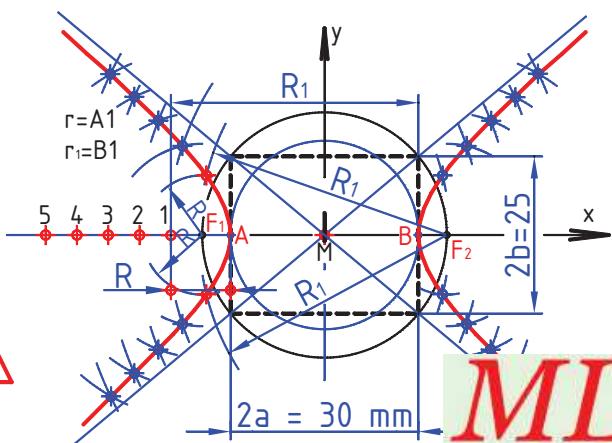
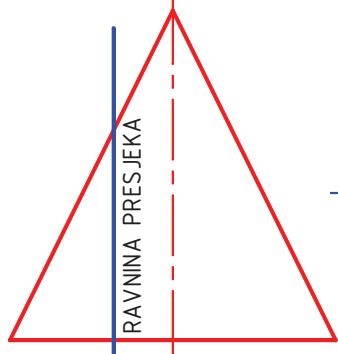


4.3. Konstrukcija hiperbole

Hiperbola je krivulja kojoj je razlika udaljenosti od dviju čvrstih točaka (žarišta F_1 i F_2) uvijek jednaka. Hiperbola nastaje kada se rotacijski stožac presječe ravninom koja s osnovicom zatvara kut koji je veći od kuta izvodnice tog stošca ili je paralelna s osi stošca (slika dolje lijevo).

Konstrukcija:

1. Nacrtajte osi x i y hiperbole.
2. Nacrtajte pravokutnik stranica $2a$ i $2b$ čije je središte u ishodištu koordinat. sustava.
3. Nacrtajte kružnicu koja prolazi kroz vrhove pravokutnika.
4. Kroz vrhove pravokutnika povucite **asimptote** hiperbole.
5. Na osi x hiperbole pravljajući značite točke **1, 2, 3, 4 i 5**.
6. U otvor šestara uzmite razmak $A1$, šestar ubodite u F_1 i opišite kratke lukove u blizini jedne i druge asimptote.
7. U otvor šestara uzmite duljinu $B1$, šestar ubodite u F_2 i presijecite nacrtane lukove.
8. Isti postupak ponovite za točke **2, 3, 4 i 5** ($A2$ u F_1 , $B2$ u F_2 itd.).
9. Spojite dobivene točke pomoću krivuljara i nacrtajte hiperbolu (slika dolje desno).





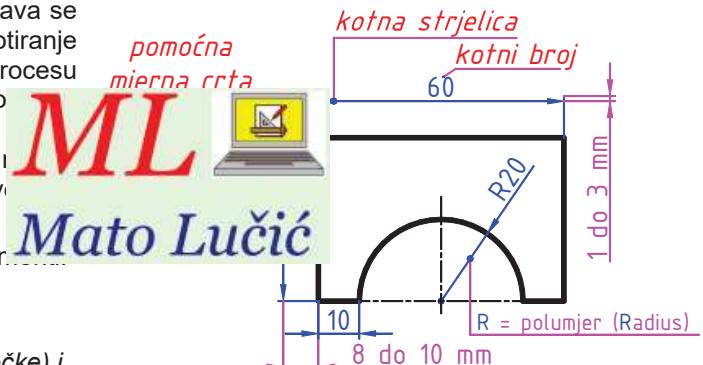
5. KOTIRANJE CRTEŽA

5.1. Elementi kota

Veličina nekog predmeta iščitava se iz njegovih kota, stoga je kotiranje važan i odgovoran posao u procesu izrade tehničkog crteža. Pri ko se mora voditi računa da niti nom trenutku nanesene kote vodu do zabune u pogledu vrste predmeta (izraka).

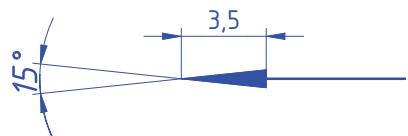
Kotama pripadaju sljedeći elementi:

- mjerne crte (mjernice),
- pomoćne mjerne crte,
- granice mjere (strjelice, točke) i
- mjerni broj.



Slika 1. Elementi kota

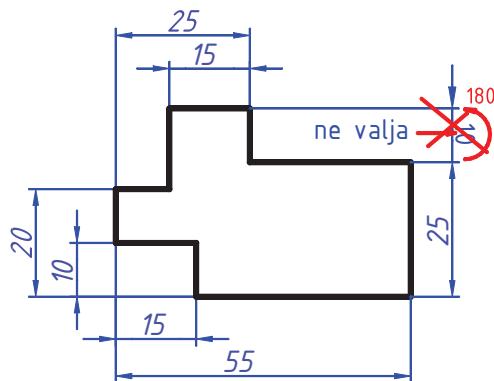
5.2. Opća pravila za nanošenje kota



Slika 2. Izgled mjerne strelice

- Sve su mjere zadane u **milimetrima**, a označavaju konačnu i stvarnu mjeru predmeta bez obzira na mjerilo u kojem je predmet nacrtan.
- Mjerni se broj unosi iznad mjernice.
- Mjernice trebaju biti usporedne s mjeranim bridom.
- Mjernice se, u pravilu, crtaju izvan crteža.
- Pomoćne mjerne crte prelaze mjernicu od 1 - 2 mm i okomite su na brdove.

5.3. Primjeri kotiranja s objašnjenjima



Slika 3. Kotiranje dužinskih mjera

Primjer 1. (sl. 3.): Razmak između bridova crteža i mjernice treba iznositi 10 mm, a između nje i sljedeće mjernice 7 mm. Pomoćne mjerne crte ne trebaju biti odmaknute od mjerenoj brida predmeta, ali trebaju prelaziti 1 – 2 mm preko glavne mjerne crte. Brojevi (mjere) na okomito postavljenim mjernicama trebaju biti tako okrenuti da se mogu čitati zdesna. Sve mjere u pravilu polaze od istog brida (dolje i desno). Mjerni brojevi trebaju po mogućnosti biti postavljeni na:



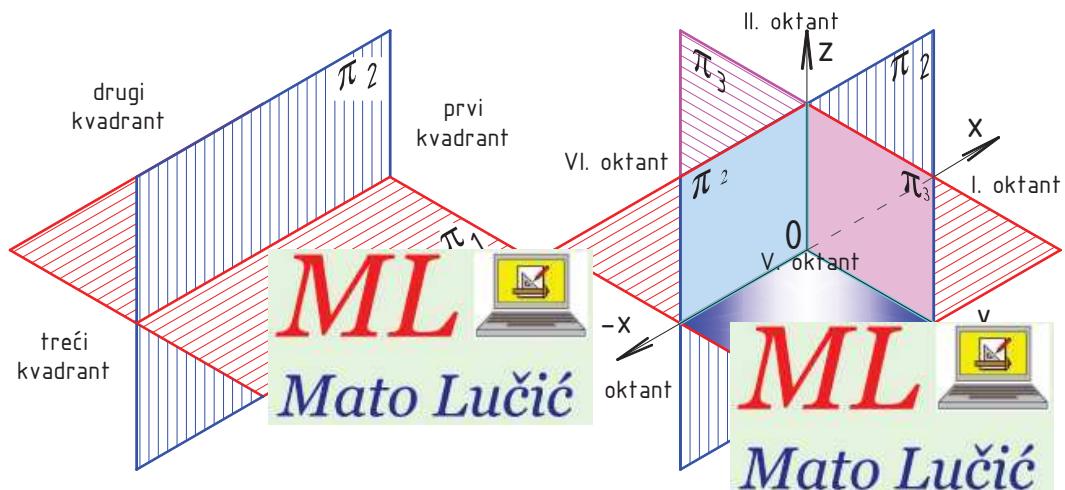


6.2. Kvadranti, oktanti i koordinate

Ako prostor podijelimo dvjema međusobno okomitim ravninama, od kojih je jedna vodoravna (H, π_1), a druga okomita (V, π_2), dobit ćemo četiri međusobno odvojena dijela prostora – **kvadranta** (sl. 4.). Dodamo li njima još jednu ravninu koja je okomita na njih (P, π_3), prostor će biti podijeljen na osam dijelova – osam **oktanata** (sl. 5.). Prilikom projiciranja predmet se smješta u peti oktant.

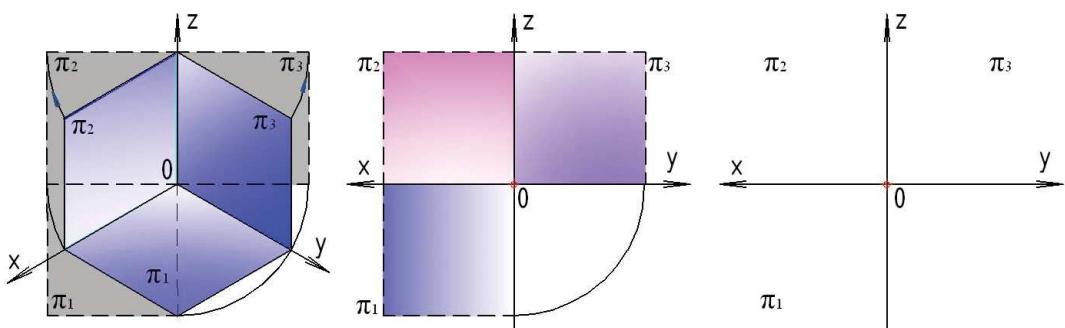
- **4 kvadranta** (lat. *quater* = četiri)
- **8 oktanata** (lat. *okto* = osam)

Da bi se lakše crtalo i projiciralo u pravokutnim projekcijama, tri ravnine petog oktanta u koji se smješta predmet otvaraju se u ravninu crtanja (sl. 6.).



Slika 4. Kvadranti

Slika 5. Oktanti i položaj osi



Slika 6. Peti oktant, obaranje ravnina u ravninu crtanja i pojednostavnjeno crtanje bez granica ravnina



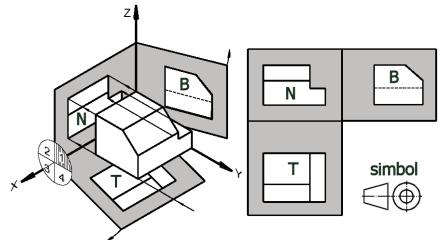
6.5. Pravokutno projiciranje geometrijskih tijela na tri ravnine

6.5.1. Smjer pogleda i raspored projekcija

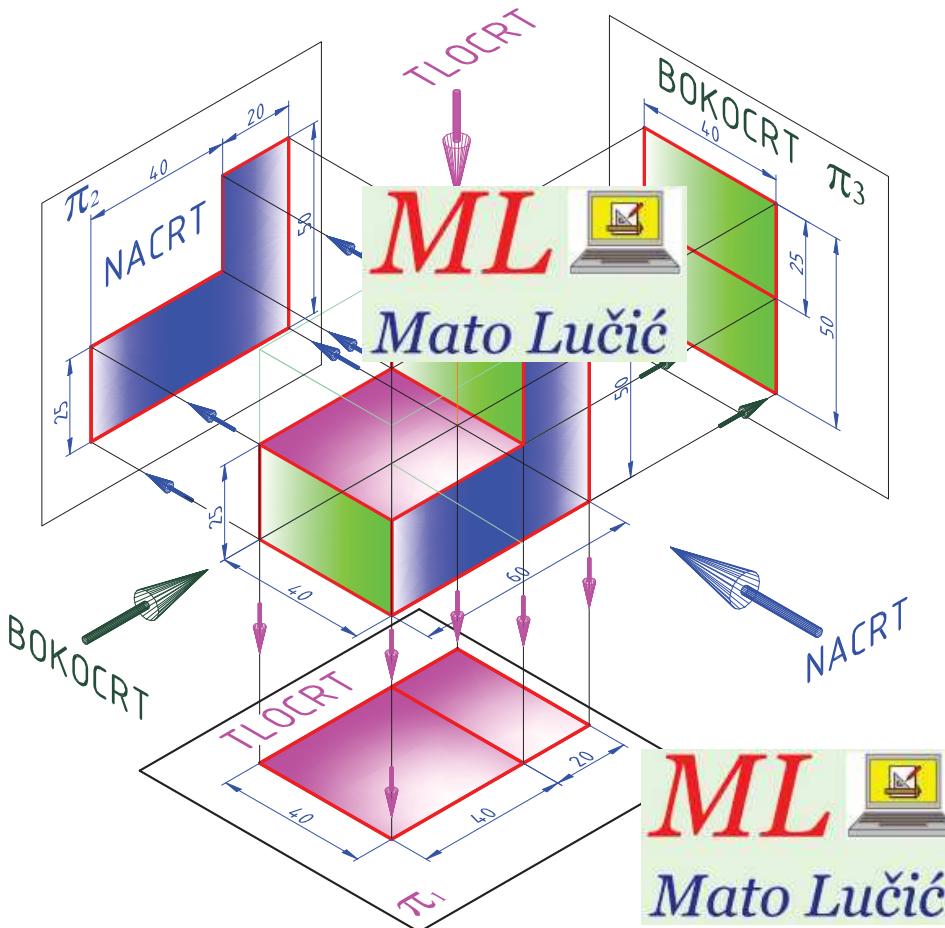
Postoje dva standarda za raspored pravokutnih projekcija:

- europski raspored pravokutnih projekcija**
- američki raspored pravokutnih projekcija.**

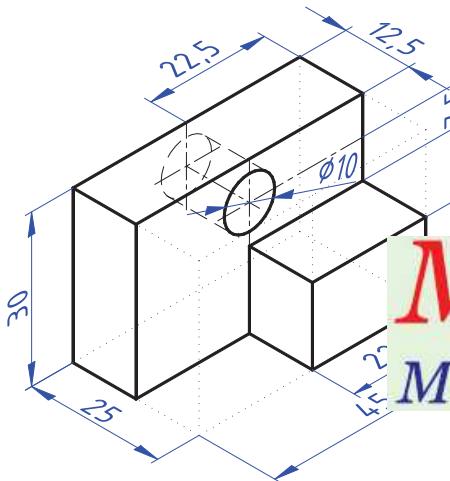
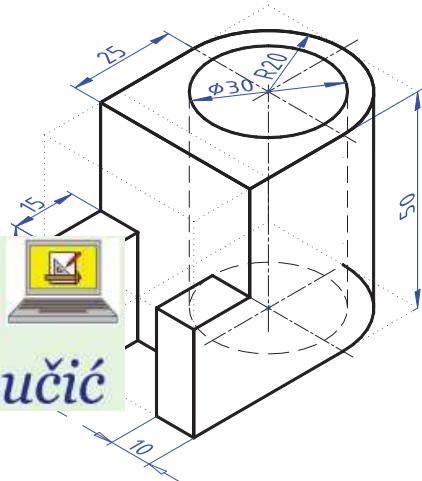
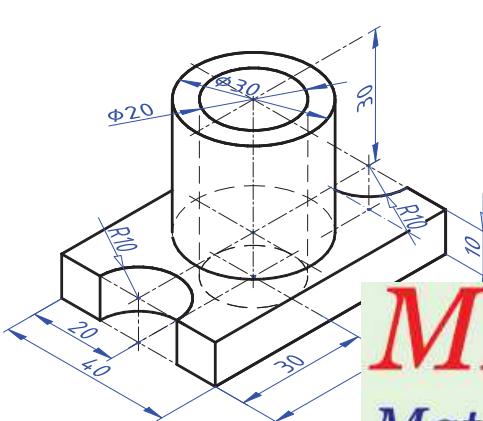
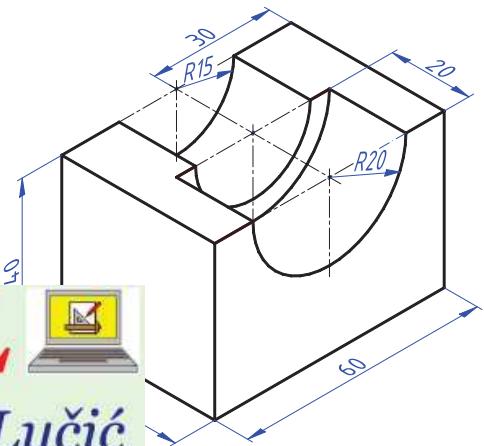
U našim razmatranjima projekcija ovdje pridržavat ćeemo se europskog rasporeda pravokutnih projekcija pri kojemu se tlocrt nalazi dolje lijevo, iznad njega nacrt, a desno od nacrta bokocrt.



Slika 30. Smjer pogleda i raspored projekcija tijela u europskom načinu projiciranja



Slika 31. Smjer pogleda i raspored projekcija tijela u europskom načinu projiciranja

**Zadatak 13.****Zadatak 14.****Zadatak 15.****Zadatak 16.****Pitanja za ponavljanje:**

1. Navedi tri projekcije kojima najčešće predočavamo tijela u pravokutnom načinu projiciranja?
2. Koja dva standarda postoje za smjer pogleda i pravokutni raspored projekcija?
3. Koji se standard koristi u Hrvatskoj?
4. Kakav je međusobni položaj tlocrta, nacrta i bokocrta prema europskom rasporedu pravokutnih projekcija na tri ravnine?
5. Kakav je međusobni položaj tlocrta, nacrta i bokocrta prema američkom rasporedu pravokutnih projekcija na tri ravnine?



7. PRESJECI RAVNINAMA, PRODORI I MREŽE TIJELA

7.1. Mreže pravilnih geometrijskih tijela

U praksi je često potrebno konstruirati plašteve i mreže kako bi se na osnovu njih mogla iz lima izrezati geometrijska tijela kao što su spremnici, cijevni vodovi i sl.

Razviti plašt ili mrežu nekog tijela znači iz tehničkog crteža izvaditi mjere njegove površine u njihovim stvarnim vrijednostima kako bi se sastavljanjem dobivenih dijelova površine ono moglo napraviti.

Na sljedećim stranicama nacrtane su prostorne predodžbe pravilnih geometrijskih tijela, njihove pravokutne projekcije i mreže.

	Prostorni izgled	Pravokutne projekcije	Mreža
1	<p>Četverostrana prizma</p>	<p>Pravokutne projekcije</p>	<p>Mreža</p>
2	<p>Trostrana prizma</p>	<p>Volumen četverostrane prizme: $V = a \cdot b \cdot h$</p>	<p>Oplošje: $P = h \cdot (2 \cdot a + 2 \cdot b) + 2 \cdot a \cdot b$</p>

$$\text{Volumen trostrane prizme: } V = \frac{a^2}{4} \cdot \sqrt{3} \cdot h$$

$$\text{Oplošje: } P = 2 \cdot \frac{a^2}{4} \cdot \sqrt{3} + 3 \cdot a \cdot h$$



	Prostorni izgled	Pravokutne projekcije	Mreža
5 Stožac	<p>Isometric view of a cone with height $h=60$ and diameter $d=30$.</p>	<p>Orthographic projections of the cone. The front view shows height $h=60$. The top view shows diameter $d=30$ and a 12x12 grid. The circular view below shows the cone's profile.</p>	<p>Net of the cone. It consists of a sector of a circle with radius r and an arc length $d \cdot \pi = 94,2$, divided into 12 segments. The sector is labeled with 99°.</p>
6 Krnji stožac	<p>Isometric view of a truncated cone with height $h=60$ and diameters $d=30$ and $d_1=30$.</p>	<p>Orthographic projections of the truncated cone. The front view shows height $h=60$. The top view shows diameters $d=30$ and $d_1=30$ and a 12x12 grid. The circular view below shows the truncated cone's profile.</p>	<p>Net of the truncated cone. It consists of two sectors of circles with radii r and r_1, separated by a gap, and divided into 12 segments. The sectors are labeled with 99°.</p>
	<p>Volumen stošca:</p> $V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{h}{3} = \frac{3,14 \cdot 30^2}{4} \cdot \frac{60}{3} = 14130 \text{ mm}^3$	<p>Oplošje stošca:</p> $P = \frac{d}{2} \cdot \pi \left(\frac{d}{2} + r \right) = \frac{30}{2} \cdot \pi \cdot \left(\frac{30}{2} + 61,84 \right)$ $P = 3619,16 \text{ mm}^2$	$r = \sqrt{\frac{d^2}{4} + h^2} = \sqrt{\frac{30^2}{4} + 60^2} = 61,84 \text{ mm}$
	<p>Volumen krnjeg stošca:</p> $V = \frac{\pi \cdot v}{3} \cdot \left[\left(\frac{d}{2} \right)^2 + \left(\frac{d_1}{2} \right)^2 + \frac{d}{2} \cdot \frac{d_1}{2} \right] \text{ mm}^3$	<p>Oplošje:</p> $O = \pi \cdot \left[\left(\frac{d}{2} \right)^2 + \left(\frac{d_1}{2} \right)^2 + \left(\frac{d}{2} + \frac{d_1}{2} \right) \cdot (r - r_1) \right] \text{ mm}^2$	

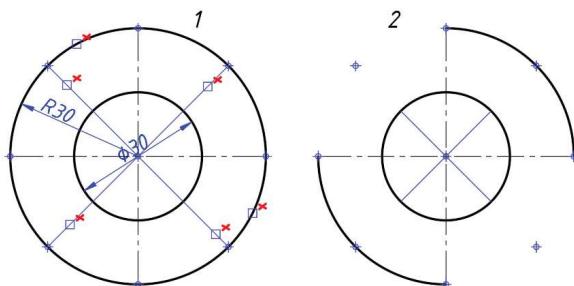


Naredba **Trim** ima i druge mogućnosti: **Select object to trim or shift-select to extend or [Fence/Crossing/Project/Edge/eRase/Undo]**: Najjednostavniji rad s alatom **Trim** je, kada nakon zadavanja naredbe, odmah kliknute desnom tipkom miša (ili **Enter**) i pokazivač doveđete na crte koje želite odrezati i kliknite na njih (**sl. 14.1.**). Crte biti će odrezane (**sl. 14.2.**).

Sljedeća mogućnost naredbe **Trim** je **Fence** (ograda). Upotrijebite ranije nacrtani crtež (tloris sobe) da biste na njemu isprobali ovu mogućnost. Zadajte naredbu **Trim ↲ ↲** (dvaput **Enter**), upište **F ↲** i lijevom tipkom miša započnite crtanje izlomljene linije preko konstrukcijskih crta (**Construction Line**) koje su vam višak (**sl. 15.**). Nakon završetka crtanja ograde (**Fence**) pritisnite **Enter**. Sve crte koje ste prešli crtkanom linijom biti će jednim potezom obrisane.

Daljnja mogućnost naredbe **Trim** je **Crossing** (prijelaz). Nacrtajte crtež kao na **sl. 16.1.** Višak crta obrisat ćete tako da nakon zadavanja naredbe **Trim** odaberete mogućnost **Crossing**. Sada odaberite objekte koji će biti unutar pravokutnog područja definiranog s dvije točke. Na kraju ćete dobiti crtež kao na **sl. 16.2.**

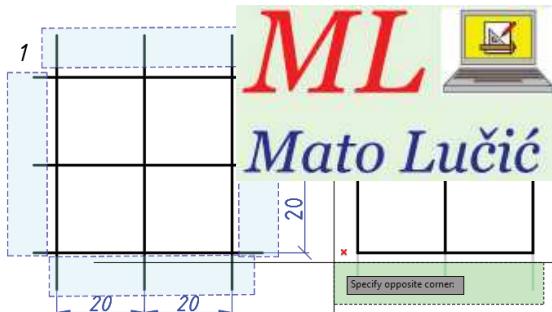
Zgodna mogućnost naredbe **Trim** je njena uporaba, umjesto za rezanje, za produljenje crta (**Extend**). Prebacivanje s **Trim** na **Extend** napraviti ćete veoma jednostavno ako pri zadavanju naredbe pritisnete **Enter** (ili desnu tipku miša), a potom držite dene objekte. Crtu će se produljiti na onu stranu na čiju polovicu



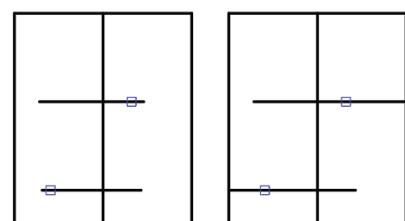
Slika 14. Naredba Trim/Enter



Slika 15. Naredba Trim/Fence



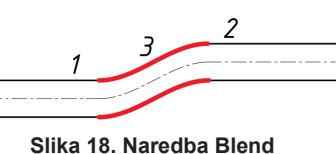
Slika 16. Naredba Trim/ Crossing



Slika 17. Naredba Trim/Extend

18.3.12. Spajanje linija krivuljom (Blend Curves)

↗ Naredba stvara krivulju između dviju odabranih linija ili krivulja. Nacrtajte crte 1 i 2. Kliknite na crte u blizini krajnjih točaka. Crte će biti automatski spojene u krivuljom 3 (**sl. 18.**).



Slika 18. Naredba Blend

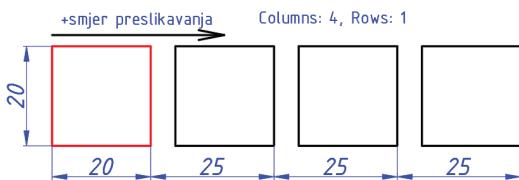
VIDEO 9



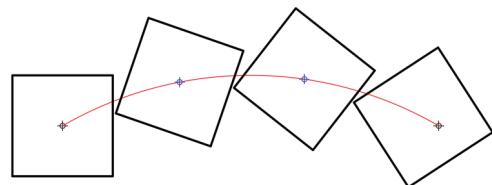


crtež ili mijenjati broj redaka/stupaca te njihove razmake. Treba znati da je cijeli crtež sada jedan blok (jedinstvena cjelina). Ukoliko želite razbiti taj blok, upotrijebite alat **Explode**.

Druga mogućnost naredbe **Array** je **Path Array**. Ovom naredbom preslikavate objekt po unaprijed zadanoj stazi (putu, crti ili krivulji). Možete uzeti isti kvadrat za preslikavanje i načrtati npr. jedan kružni luk (**sl. 25.**). Zadajte naredbu **Path Array** i označite kvadrat \Rightarrow desni klik ili \leftarrow , a zatim kliknite na kružni luk i **Enter**. Na ploči **Array** izmjenite vrijednosti kao i u prethodnom primjeru. Dobili ste crtež kao na **sl. 26.**



Slika 25. Naredba Rectangular Array

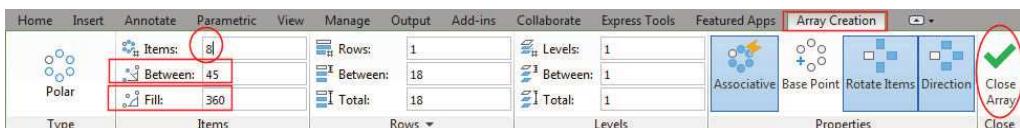


Slika 26. Naredba Path Array

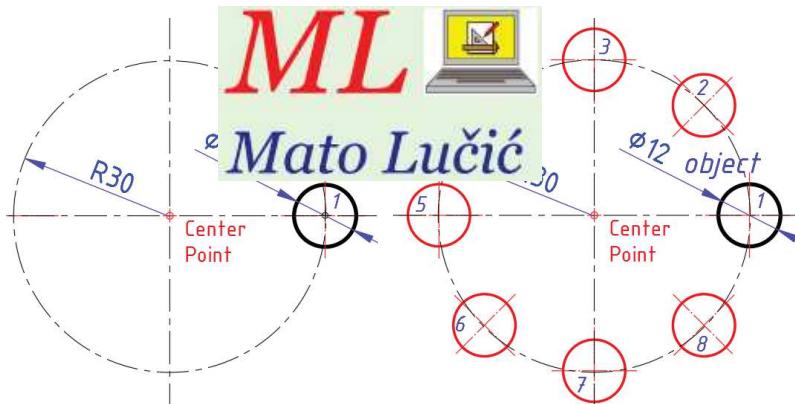
18.3.19. Višestruko preslikavanje u kružnom rasporedu (Polar Array)

Naredba je treća mogućnost kojom objekt/objekte preslikavate u kružnom rasporedu, a prema željenom (zadanom) središtu toga rasporeda (polu).

Nacrtajte kružnicu polumjera $R = 30 \text{ mm}$. Povucite središnjice kroz središte kružnice. Zatim nacrtajte malu kružnicu polumjera $R = 6 \text{ mm}$ (**sl. 28. lijevo**). Zadajte naredbu **Polar Array**. Sustav traži da odaberete objekt (**ARRAYPOLAR Select objects:**). Označite malu kružnicu \Rightarrow desni klik ili \leftarrow , a zatim kliknite u središte velike kružnice (**Specify center point of array**). Na zaslonu se već pojavio pretpregled vašeg crteža kao i ploča **Array Creation** u čija polja upišete broj kopija (**Items: 8**) i pritisnete **Enter**. Dobili ste sliku **27., desno**.



Slika 27. Kartica Array Creation



VIDEO 10



Slika 28. Naredba Polar Array

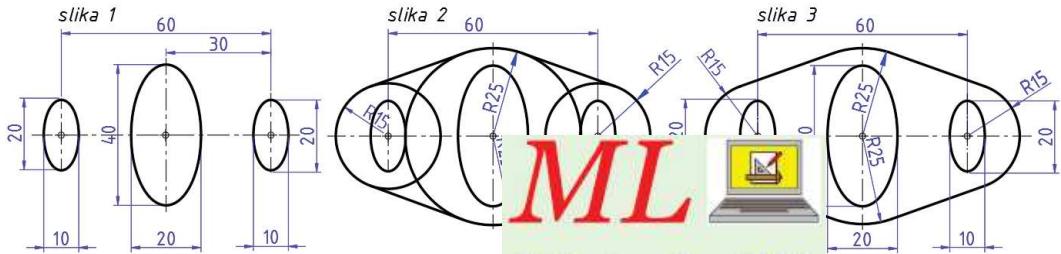


Zadatci za vježbu

1. zadatak

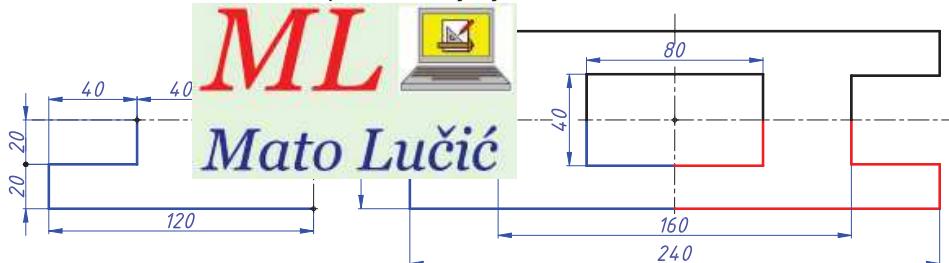
Postupak crtanja može se sastojati od sljedećih koraka:

1. korak: nacrtajte vodoravnu središnjicu, a potom i uspravne središnjice triju elipsa.
2. korak: nacrtajte tri elipse prema izmjerama s crteža (**sl. 1.**).
3. korak: nacrtajte tri kružnice promjera kao na **slici 2.**
4. korak: desnim klikom miša na **Osnap** ⇒ **Drafting Settings** isključite sve točke ciljanja, a uključite samo točku Tangent.
5. korak: naredbom **line** nacrtajte tangente na kružnice kako je pokazano na **sl. 2.**
6. korak: naredbom **trim** odrežite višak dijelova svih triju kružnica.



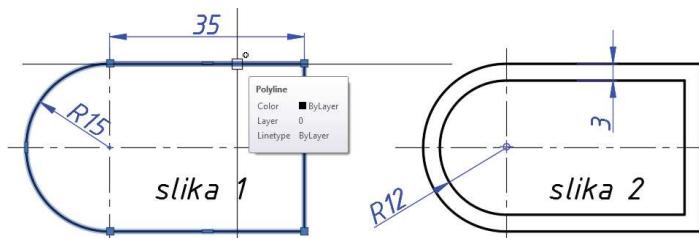
2. zadatak

Prema zadanim dimenzijama nacrtajte samo donju lijevu četvrtinu (slika lijevo) cijelog predmeta. Dvostrukim zrcaljenjem nacrtajte predmet da izgleda kao na slici dolje desno. Vrstrom linije crta-točka-crta označeni su pravci zrcaljenja.



3. zadatak

Naredbom **Polyline** nacrtajte obrise predmeta (**sl. 1.**), a zatim naredbom **Offset** kopirajte poliliniju za **3 mm** prema unutra (**sl. 2.**).





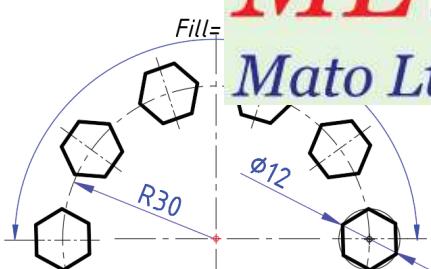
4. zadatak

Uključite mrežu (**Grid**) i alat za hvatanje točaka sjecišta crta mreže (**Snap**). Nacrtajte četiri kružnice polumjera koji je jednak razmaku točka mreže. Kružnice se međusobno dodiruju u jednoj točki (sl. 1.). Načinite dvije kopije crteža s prve slike. Alatom **Trim** kreirajte crtež kao na sl. 2., a zatim kao na sl. 3. Sada s ploče **Home** ⇒ **Draw** možete odabratи naredbu **Gradient**, a polju za boje zelenu boju i kliknuti na četiri polja. Dobili ste djelelinu s četiri lista (sl. 3.).



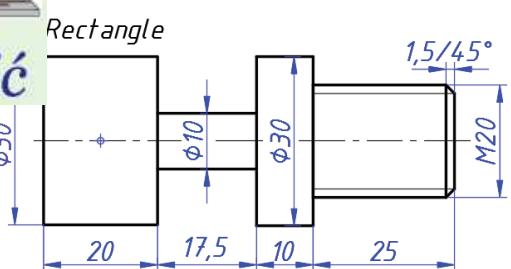
5. zadatak

Za crtanje ovih crteža naredbe: **Copy**, **Trim**, **Line**, **Circle**, **Polygon**, **Array**, **Rectangl**



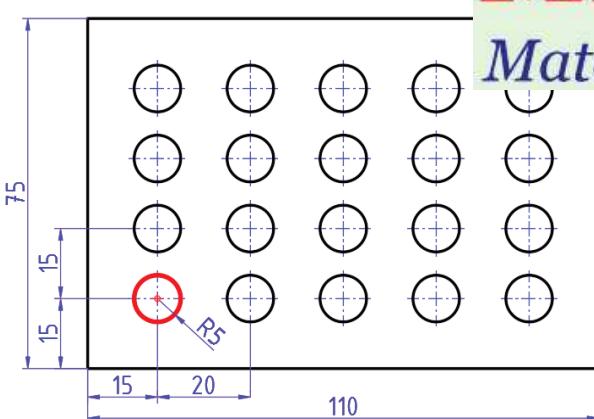
6. zadatak

naredbe: **Copy**, **Trim**, **Line**, **Circle**, **Poly-**



7. zadatak

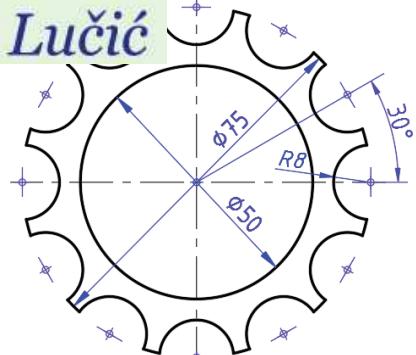
Nacrtajte dolje predviđeni predmete prema ostalih, i ove naredbe: **Rectangle**, **Circle**,



8. zadatak



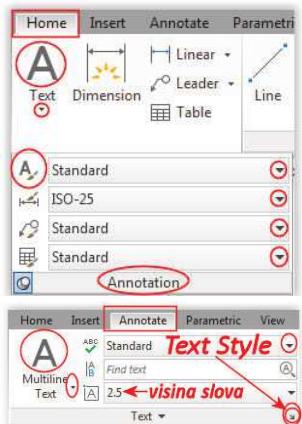
je upotrijebite, između Polar Array i Trim.





18.4. Uporaba alata s ploče za notiranje (Annotate)

18.4.1. Pisanje teksta na crtežu (MText, Text)

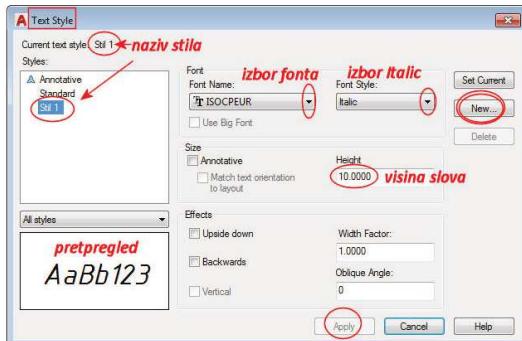
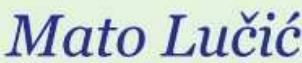


Sl. 1. Prečaci za tekst

U programu AutoCAD moguće je pisati tekst na dva načina. Prvi način pisanja teksta u više redaka je (**Multiline Text**), a drugi je tekst u jednom retku (**Single Text**). Rad s tekstrom u AutoCAD-u vrlo je sličan radu s *Microsoft Wordom*®. Naredbe možete zadati klikom na prečac na kartici Home ploča Annotation, preko kartice **Annotate**, zatim iz glavnog izbornika **Draw** \Rightarrow **Text** (sl. 1.) ili izravnim upisom riječi **text** u naredbeni redak.

Tekstni stil (Text Style)

Prije započinjanja pisanja teksta treba odabrati jedan postojeći ili izraditi novi stil. Odaberite značajkama: font (Font), height (Visina slova), effect (Efekti), razinu (Level) i oblik slova (Oblique Angle). Da biste izradili novi stil, vlastiti tekstni stil. Da biste ga uklonili, vrati jedan početni ili izraditi novi stil. Ako želite da izradite jedan novi stil, upisite naziv u naredbeni redak ili kliknute na strjelicu u dnu kartice **Annotate** (vidi sl. 1.).



Sl. 2. Odabir tekstnog stila

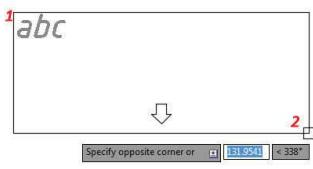
Nakon otvaranja prozora **Text Style**, odaberite **New**, zadajte naziv (nazovimo ga **Stil 1**) i kliknite na **OK**. Odaberite značajke tekstnog stila kao na sl. 2., kliknite na **Apply** i **Close**. Sada započnite pisanje teksta u više redaka. Upisivanje teksta koji će sadržavati više redaka započinjete zadavanjem naredbe na jedan od navedenih načina **mtekst** .

Klikom na površinu za crtanje označite početnu točku (gornju lijevu), a zatim krajnju dijagonalnu (donju desnu) točku pravokutne površine u koju ćete smjestiti tekst (sl. 4.). Automatski se pojaviće sučelje **Text Editor** (sl. 3.). U nje-

mu možete vidjeti i mijenjati postavke tekućeg (trenutačnog) tekstnog stila (**Current Style**). Odabranim stilom napišite jedan tekst (sl. 4.). Zatim napišite tekst kao na sl. 5.

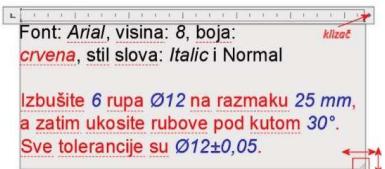


Sl. 3. Text Editor

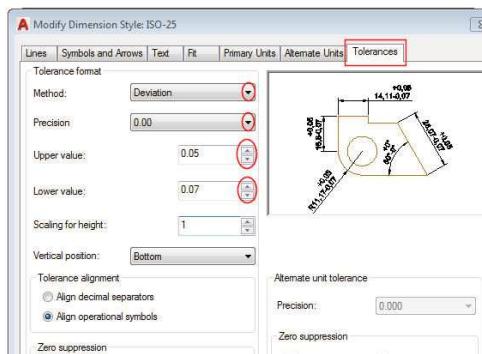


Sl. 4. Ovir za tekst i tekst

Tehničko crtanje.
Srednja škola.
AutoCAD.



Sl. 5. Pisanje teksta na crtežu



Sl. 16. Kartica Tolerances

Pojašnjenje vrijednosti na kartici **Tolerances**:

None – tolerancije se ne ispisuju.

Symmetrical – ispisivanje jednakih vrijednosti gornjeg i donjeg **odstupanja**. Vrijednosti unešite u polje **Upper Value**.

Deviation – omogućuje zadavanje različitih vrijednosti za **gornje i donje odstupanje** od nazivne mjere. Vrijednosti odstupanja upišite u polja **Upper Value** i **Lower Value**.

Limits – omogućuje ispisivanje gornje i donje granične mjere jedne ispod druge.

Basic – kotni tekst imat će okvir crvene boje.

Alati za kotiranje

Osnovni preduvjet za dobro i precizno kotiranje je uključivanje alata **Osnap** kojim ćete točno pričvrstiti početnu i krajnju točku kotne linije. Kote se mogu unositi i u prostoru modela (**Model**) i u prostoru postava (**Layout**). Prednost kotiranja u prostoru postava (**Layout**) je u mogućnosti određivanja prave veličine kotnog teksta, strelica i dr. potrebne za ispis. Nedostatak ovakvog unošenja kota je što ih ne možete vidjeti i uređivati u prostoru modela. Alati za kotiranje se nalaze na već spomenutim karticama i pločama. AutoCAD posjeduje sljedeće alate za kotiranje (**vidi tablicu 1.**):

VIDEO 12



Tablica 1.: Alati za kotiranje

Slika	Namjena	Slika	Namjena
	Kotiranje vodoravnim i nevodoravnim kotama		Kotiranje od zajedničke osnovne crte
	Kotiranje neortogonalni		anje niza mjera u nastavku
	Kotiranje lučne duljine		anje tolerancija
	Kotiranje koordinata točki		ežavanje središta kružnice ili luka
	Kotiranje polumjera		Kontrola kote
	Kotiranje kružnog luka velikog polumjera		Prekid kote
	Kotiranje dugih linearnih dimenzija		Mijenjanje kotnog teksta
	Kotiranje promjera		Mijenjanje položaja kotne linije i/ili teksta
	Kotiranje kuta		Kotni stil
	Kotiranje više kota u nizu		Ažuriranje dimenzija objekata s trenutačnim dimenzijskim stilom

Zadataci za vježbu

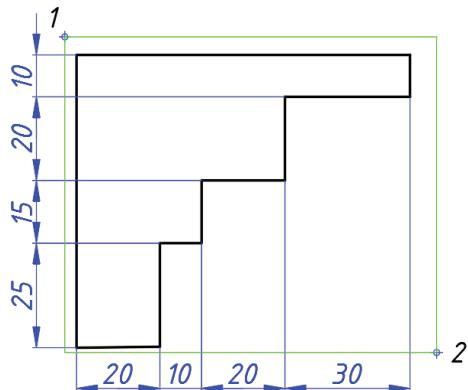
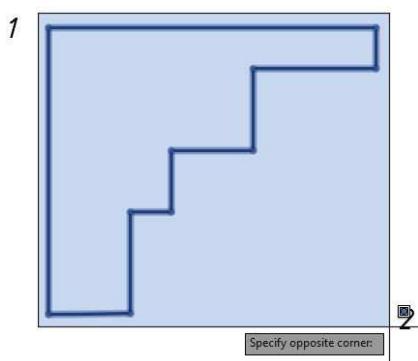
1. Zadatak: kreiranje kotnog stila

Za zadatke koje ćete crtati za vježbu, kreirajte jedan poseban kotni stil koji će se primjenjivati pri kotiranju svih sljedećih primjera. Kotni stil treba imati sljedeće parametre:



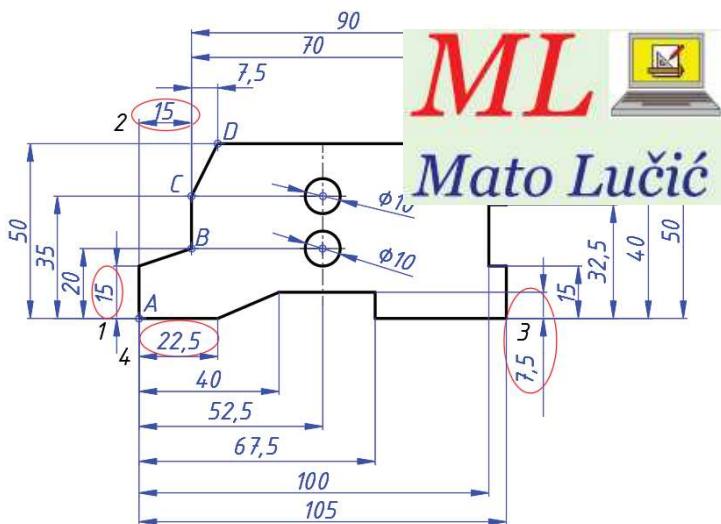
4. Zadatak: nacrtajte predmet kao na slici dolje i pravilno ga kotirajte.

Kotiranje više objekata odjednom, kotama u nizu. Nacrtajte dolje prikazani crež prema danim izmjerama. Zadajte naredbu **QDIM (Quick Dimension)**, a zatim rastegljivim pravokutnikom obuhvatite cijeli crtež kliknuvši u točku **1** i **2** (slika dolje lijevo). Pritisnite **Enter**. Pokazič povucite prema dolje izvan predmeta nakon čega se pojavljuje pretpregled kotne linije koje po želji možete smjestiti lijevim klikom miša (slika dolje desno). Ponovite isto za uspravne kote.



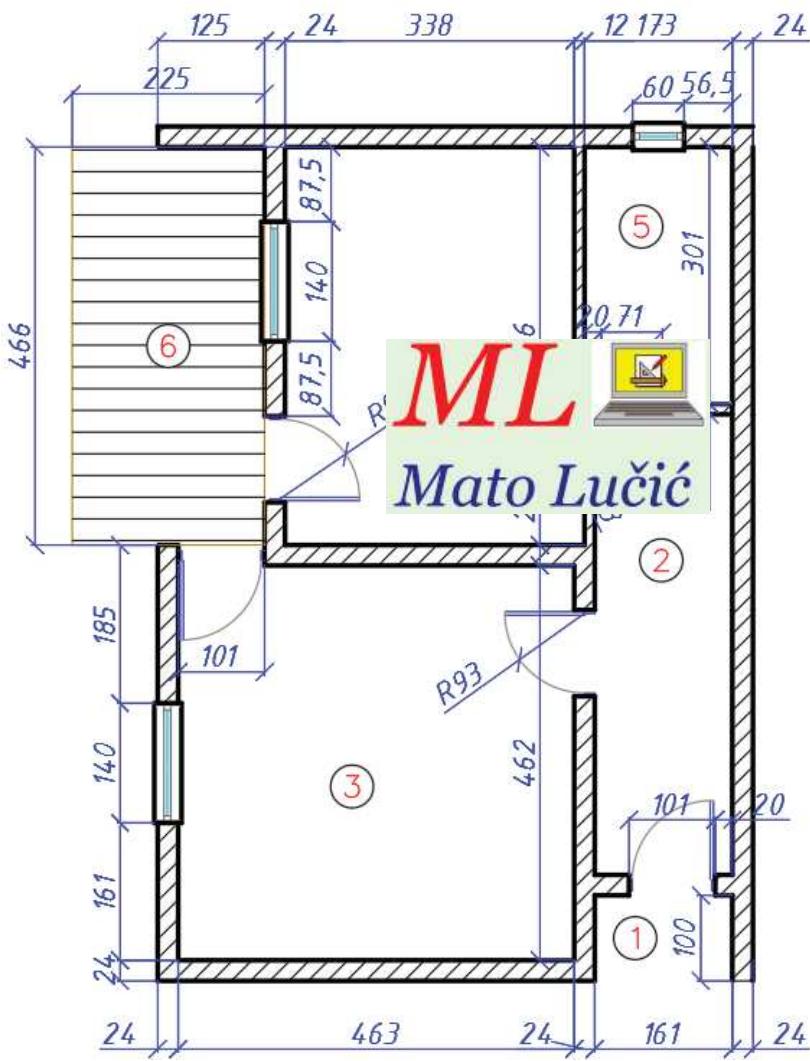
5. Zadatak: nacrtajte predmet kao na slici dolje i pravilno ga kotirajte.

Kotiranje od zajedničke osnovne crte. Nacrtajte predmet kao na slici dolje. Prije nego zadatate naredbu **dimbaseline**, naredbom **dimlinear** nacrtajte po jednu početnu linearu kota od crta koje će biti zajedničke za sve ostale kotne linije. To su na crtežu crte označene brojevima **1** (prva kota **15**), **2** (prva kota **15**), **3** (prva kota **7,5**) i **4** (prva kota **22,5**). Zadajte naredbu **dba ↵**. Na upit **Select base dimension**: kliknite na početak već postavljene kote (točka **A**), a zatim na upit **Specify a second extension line origin or [Undo/Select] <Select>**: klikom miša odaberite redom sve sljedeće točke kotiranja (**B**, **C**, i **D**) pri čemu se odmah pojavljuju ucrtane kote. Završite s dva pritiska na **Enter**.





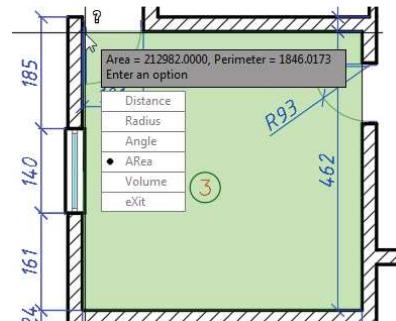
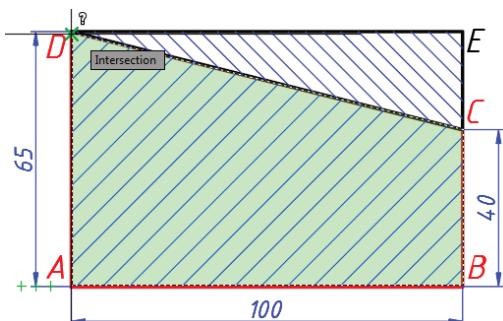
- Lines ⇒ Extend beyond dim lines (produžetak pomoćne mjerne crte): **1**
- Lines ⇒ Offset from origin (razmak pomoćne crte od predmeta): **0**
- Symbols and arrows ⇒ Arrowheads ⇒ First: **Oblique**
- Symbols and arrows ⇒ Arrowheads ⇒ Second: **Oblique**
- Arrow size (veličina mjerne strjelice): **5**
- Text ⇒ Text height (veličina kotnog teksta): **25**
- Text Style ⇒ Font Name (odabrani font teksta): **Isocpear**
- Text Style ⇒ Font Style (stil kotnog teksta): **Italic**
- Text: Offset from dim line (razmak između mjernice i teksta): **1**
- Primary Units ⇒ Linear dimension ⇒ Unit format (primarni mjerni sustav): **Decimal**
- Primary Units ⇒ Linear dimension ⇒ Precision (željena preciznost): **0,0**





8. Zadatak: Nacrtajte četverokut i trokut kao na slici dolje lijevo. Pomoću naredbe **Measure/Area** izračunajte površinu četverokuta tako što ćete nakon zadavanja naredbe kliknuti lijevom tipkom miša redom na točke **A**, **B**, **C** i **D**, a zatim pritisnuti **Enter**. Nakon toga izračunajte površinu trokuta i ukupnu površinu (četverokut + trokut).

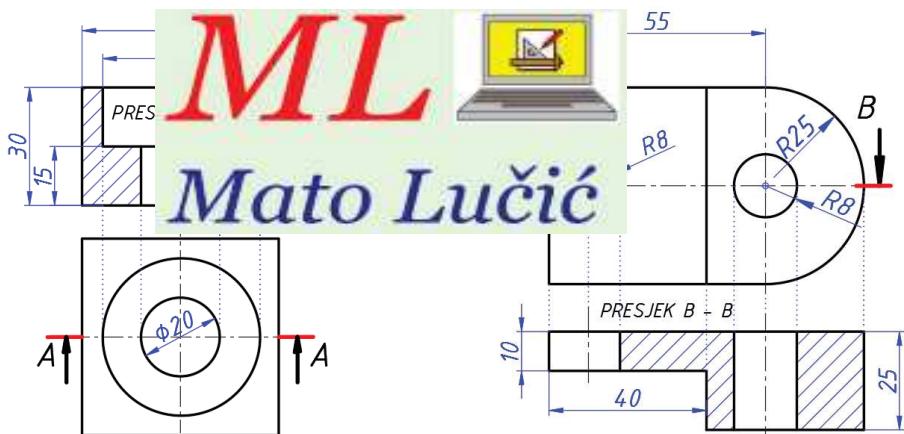
9. Zadatak: Na jednak način kao u prethodnom primjeru izračunajte površinu dnevnog boravka iz primjera crtanja i kotiranja stana (slika dolje desno).

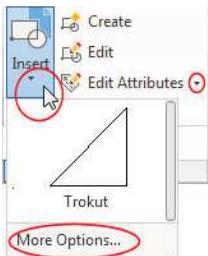


10. Zadatak: nacrtajte predmet kao na **sl. 1.** Zadajte naredbu **hatch** i klikom na površine (**sl. 2.**) šrafirajte ih da crtež izgleda kao na **sl. 3.**



11. Zadatak: nacrtajte predmet kao na slici. **12. Zadatak:** nacrtajte predmet kao na slici.



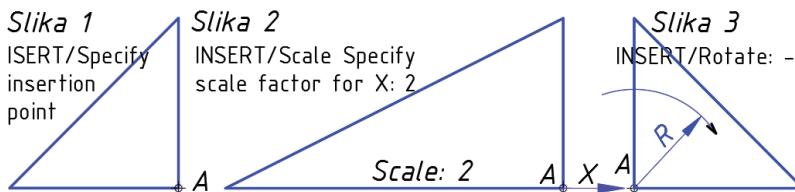


Blok se može pozvati u bilo kojem trenutku, onoliko puta koliko je potrebno, sve dok se nalazite u dokumentu u kojem je blok kreiran ili umetnut naredbom **Insert Block** (sl. 19.). Umetanje blokova ima sljedeći tijek:

- Zadajte naredbu **Insert Block**.
- Od ponuđenih blokova odaberite željeni i kliknite na njega.
- Blok se pojavio na zaslonu i vezan je za pokazivač u baznoj točki.
- Možete samo kliknuti na površinu gdje ga želite smjestiti.
- Ali u naredbenom retku se nude i druge mogućnosti: - **INSERT Specify insertion point or [Basepoint Scale X Y Z Rotate]**.

Sl. 19. Umetanje bloka

Ukoliko se odlučite na neku od ponuđenih mogućnosti, tada možete zadati koordinate gdje će se smjestiti blok, rotirati ga ili skalirati po željenoj osi koordinatnog sustava (sl. 20.).

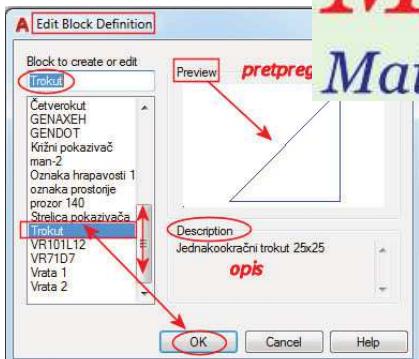


Sl. 20. Umetanje bloka: sl. 1. u točku, sl. 2. skaliranje, sl. 3. rotacija

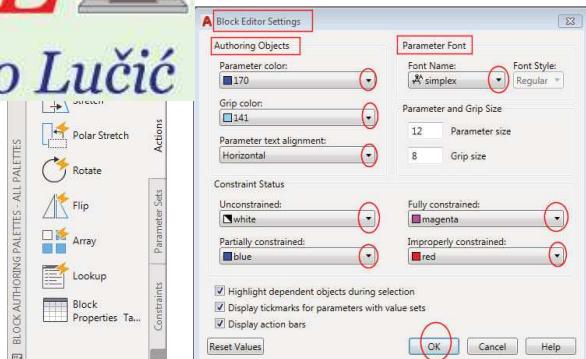
VIDEO 16



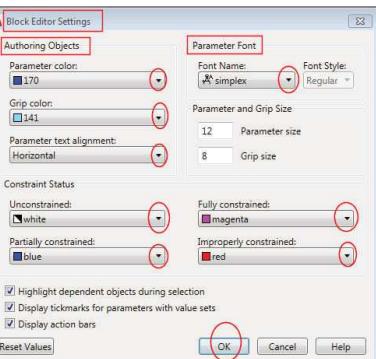
Kada dvaput kliknete na umetnuti blok, otvara se dijaloški okvir **Edit Block Definition** (sl. 21.). Izaberite blok (*Trokut*) i pritisnite **OK**. Otvara se potpuno nova kartica za uređivanje blokova **Block Editor** u novootvorenoj radnoj površini programa. **Block Editor** ima više ploča (panela) za uređivanje blokova (sl. 24.). Na zaslonu se automatski pojavljuje i nova pločom s alatima za izmjene na blokovima (sl. 22.). Na paleti **Manage** kliknite na malu strjelicu i pozovite **BESSETTINGS (Block Editor)** (sl. 23.) namjestit ćete parametre za vaše buduće b



Sl. 21. Okvir s popisom blokova



Sl. 22. Blok paleta



Sl. 23. Okvir za uređivanje blokova



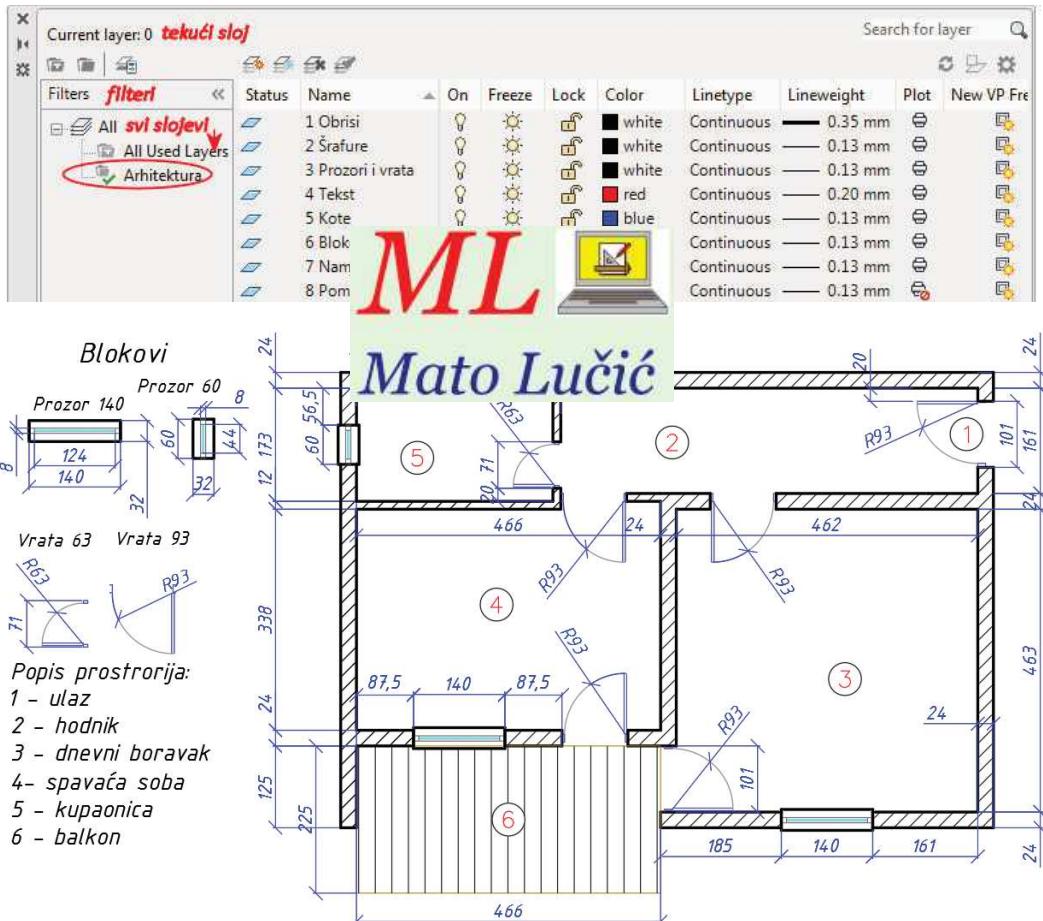
Sl. 24. Kartica za rad s blokovima (Blok Editor)

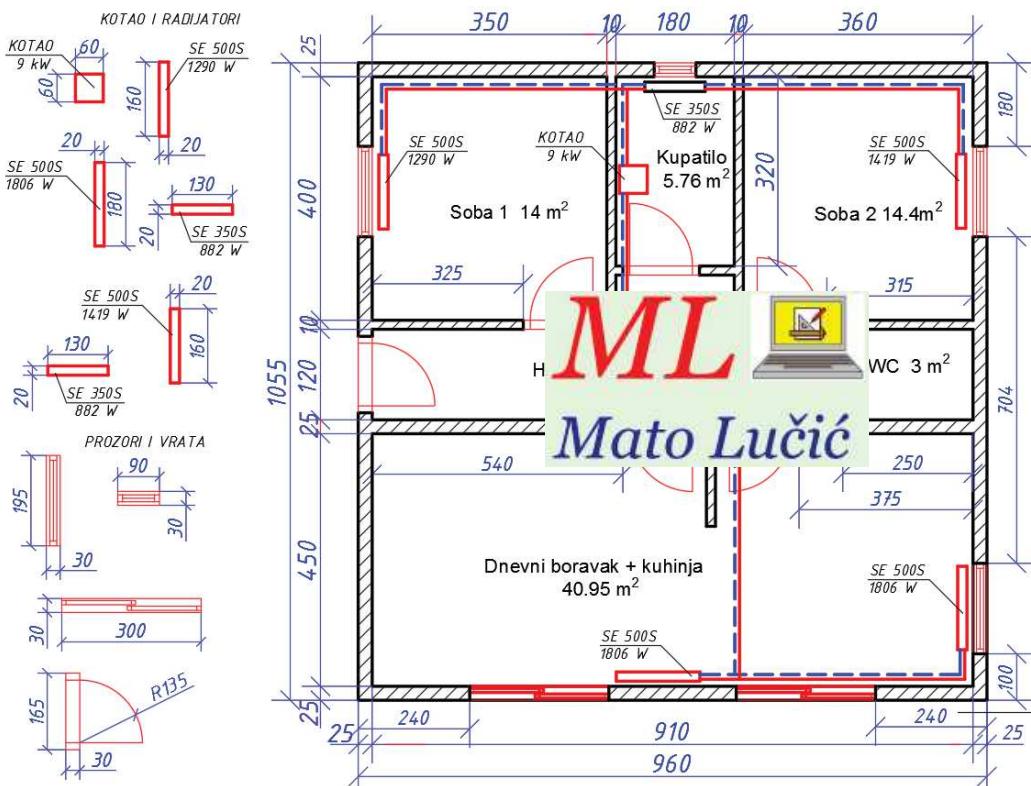


Zadatci za vježbu

1. Zadatak

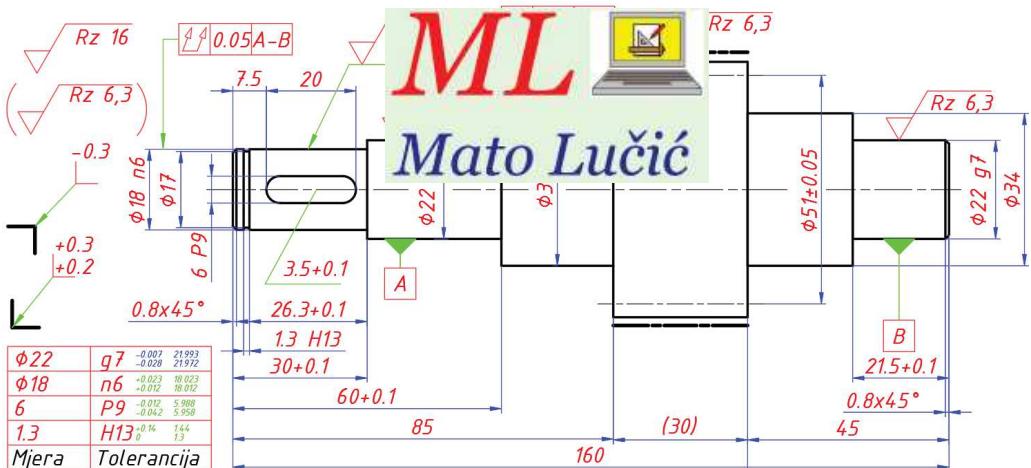
- Otvorite predložak *acadiso.dwt* i na njemu namjestite mjerne jedinice u cm.
- Načinite kotni stil za kotiranje u građevinarstvu (*Arhitektura*).
- Na predlošku načinite slojeve kao na slici dolje i spremite ga kao predložak *arhi.dwt*.
- Zatim taj predložak spremite kao crtež *Stan s namještajem.dwg*.
- Nakon toga izradite i spremite potrebne blokove prozora, vrata i dr. prema mjerama.
- Iskoristite ranije nacrtani tlocrt stana (slika dolje niže) i svaku skupinu elemenata crteža postavite na pripadajući sloj (*Layer*).
- Umetnute blokove prozora i vrata na njihova mjesta.
- Stan po želji namjestite s namještajem iz *Design Centra* ⇒ *Home-Space Planner.dwg*, *House Designer.dwg* i *Kitchens.dwg*.
- Sada isprobajte isključivanje pojedinih slojeva koje trenutno ne morate vidjeti.
- Na koncu, postavite crtež na odgovarajući predložak (*Layout*) i ispišite na pisaču.





5. Zadatak: Nacrtajte zupčaničko vratilo kao na slici dolje.

- Na ranije kreiranom predlošku (*Predlozak1.dwt*) načinite potrebne slojeve.
- Nacrtajte crtež kao na slici dolje sa svim potrebnim blokovima i vanjskim referencama.
- Na zasebnim slojevima nacrtajte obrise, kote, tolerancije, oznake hraptavosti i dr.
- Postavite crtež na odgovarajući predložak (*Layout*) i ispišite na pisaču.

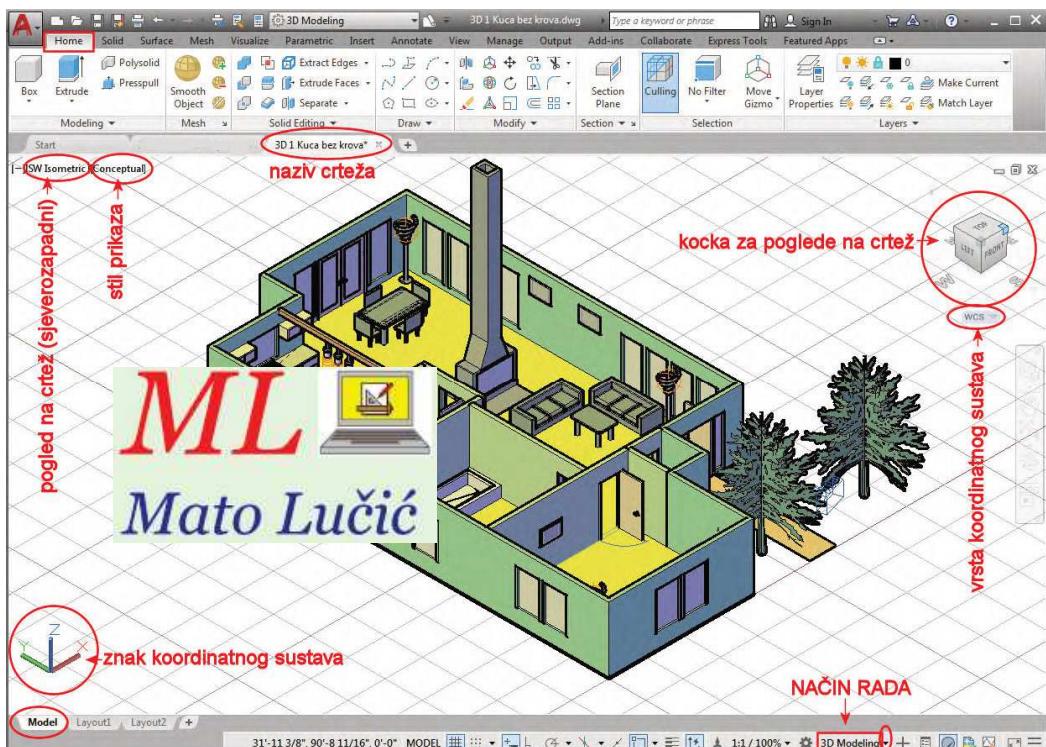




18.6. Kreiranje 3D crteža u AutoCAD-u (3D Modeling)

18.6.1. Uvod u trodimenzionalno crtanje (3D)

Da biste mogli u potpunosti vidjeti oblik nekog predmeta, često ga je potrebno prikazati u tri dimenzije (**3D**). U AutoCAD-u možete izraditi bilo koji zamisliv oblik predmeta. AutoCAD ima tri načina za kreiranje **3D** modela: *žičani model* (**wire-frame**) koji opisuje neki objekt pomoću crta, kružnica i lukova koji predstavljaju bridove objekta koji ste nacrtali; *plošni model* (crta se kreiranjem ploha predmeta crtanja) i *solid* model (ima plohe i volumen). Kako je već ranije objašnjeno, prelazak u radni prostor (**3D Modeling**) za trodimenzionalno crtanje (sl. 1.) izvodi se izborom u izborniku **Workspaces**. Osim načina rada u radnom prostoru **3D Modeling**, možete koristiti i nešto jednostavniji radni prostor za **3D** crtanje **3D Basic** (sl. 2.). Pri trodimenzionalnom crtanju znak koordinatnog sustava ima tri koordinatne osi **x**, **y**, i **z**. Osnovna kartica **Home** može imati više panela, a i sve druge kartice imaju svoje vlastite panele (**Panels**).



Sl. 1. Mogući izgled radnog prostora za 3D crtanje



Sl. 2. Mogući izgled kartice Home radnog prostora 3D Basic



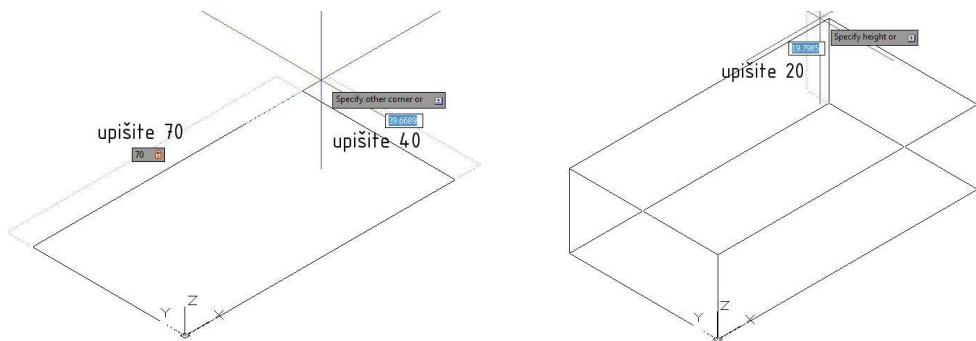
Alat **Box** namijenjen je crtanj 3D čvrstih objekata u obliku kocke (**Cube**) ili kvadra (**Lenght**). Klikom na simbol alata **box** zadajete naredbu. Pogled u naredbeni redak (**Command:**) na dnu zaslona otkriva da program traži određivanje **točke prvog ugla (ili središta – Center)** kocke ili kvadra (**Specify first corner or [Center]:**). Zadajte preko tipkovnice točku ugla kvadra upisom koordinata (**x,y,z**): **0,0,0 ↴**. Pravokutnik koji se pojavio razvucite preko prozora **Command: Specify other corner point or [Height]:** upisom **70 ↴** i tipkom **↓** priđite u polje u koje treba upisati visinu kvadra, upisat **20 ↴**. Načrtali ste kvadar dimenzija **70 x 40 x 20**. Nacrtali ste kvadar dimenzija **70 x 40 x 20**.

ML

Mato Lučić



Sl. 7. Alati za 3D crtanje



Sl. 8. Crtanje kvadra

18.6.4. Crtanje osnovnih čvrstih 3D objekata (*Cylinder* i *Sphere*)

Valjak (**Cylinder**) nacrtajte na sljedeći način:

1. Klikom na simbol **Home** ⇒ **Modeling** zadajte naredbu i pritisnite **↓**.
2. Na zahtjev **Specify center point of base or [3P/2P/Ttr/Elliptical]**: upišite **0,0,0 ↴** (središte baze valjka).
3. Pojavila se kružnica (baza valjka), a na zahtjev **Specify base radius or [Diameter]**: upišite polumjer (npr. **25 ↴**).
4. Na zahtjev **Specify height or [2Point/Axis endpoint]**: upišite visinu valjka **70 ↴**.

Nacrtali ste valjak promjera $\phi = 50 \text{ mm}$ i visine $h = 70 \text{ mm}$. Valjak vjerojatno neće izgledati kao na **slici 10.1**. Vaš valjak ima samo četiri izvodnice koje ga ne prikazuju baš vjerno. Za vjerniji prikaz čvrstih tijela kružnih oblika (valjak, stožac, kugla i sl.) u naredbeni redak upišite riječ **isolines** **↓**. Na zahtjev **Enter new value for ISOLINES <4>**: upišite npr. **17 ↴**. Sada još u naredbeni redak upišite **re** **↓**. Nacrtani valjak poprimit će sasvim novi izgled s **17** nacrtanih izvodnica (**sl. 10.1**).

Zadavanjem naredbe **sphere** crtate kuglu. Kliknite na prečac **○** na **Home** ⇒ **Modeling**. Na zahtjev **Specify center point or [3P/2P/ Ttr]**: upišite koordinate središta kugle **0,0,35 ↴**. Za određivanje polumjera kugle na **Specify radius or [Diameter]**: upišite **35 ↴**. Dobili ste **sliku 10.3**. Sada upotrijebite alat **subtract**. Pokrenite naredbu **subtract** klikom na prečac **✉**



18.6.6. Crtanje osnovnih čvrstih 3D objekata (Cone, Wedge, Torus)

△ Stožac nacrtajte na sljedeći način:

1. Klikom na prečac △ zadajte naredbu **cone** ↴.
2. Na zahtjev **Specify center point of base or [3P/2P/Ttr/Elliptical]**: (kliknite negdje na površinu za crtanje ili zadajte koordinate točke).
3. Na zahtjev **Specify base radius or [Diameter]**: upišite **30** ↴.
4. Povucite pokazivač prema gore i upišite **height or [2Point/Axis endpoint/Top radius]**: (upišite **80** ↴).



šite **30** ↴.

height or [2Point/Axis endpoint/Top radius]: (upišite **80** ↴).

Nacrtali ste stožac promjera **30** i visine **80** (sl. 13.).

△ Alatom **Wedge** nacrtajte klin. Zadajte naredbu **wedge** i postupite kako je opisano:

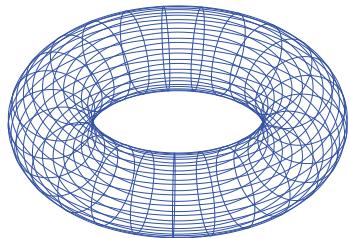
1. Kliknite na površinu crtanja (početna točka baze kлина).
2. Zatim u željenom pravcu razvucite pravokutnik baze kлина i upišite dužinu (**70**).
3. Tipkom ↪ prijedite u polje za upis širine kлина i upišite **20** ↴.
4. Na upit **Specify height or [2Point]**: upišite visinu kлина npr. **30** ↴.

Nacrtali ste klin kao slici 14.

○ Klikom na prečac ○ **torus** zadajte naredbu za crtanje torusa i postupite po sljedećim uputama:

1. Na zahtjev **Specify center point or [3P/2P/Ttr]**: kliknite na površinu.
2. Na zahtjev **Specify radius or [Diameter]**: upišite **30** ↴.
3. Na zahtjev **Specify tube radius or [2Point/Diameter]**: upišite **10** ↴.

Nacrtali ste torus kao na slici 15.



Sl. 13. Stožac: R = 30, h = 80

Sl. 14. Klin: 70 x 20 x 30

Sl. 15. Torus: R = 30, TR = 10

18.6.7. Crtanje osnovnih čvrstih 3D objekata (Pyramid i Helix)

△ Zadajte naredbu **pyramid** i postupite kako slijedi:

1. Na upit **Specify center point of base or [Edge/Sides]**: kliknite na radnu površinu, a zatim razvucite kvadrat baze u željenom pravcu i upišite veličinu poluosni baze (**35**) ↴.
2. Povucite pokazivač prema gore i upišite visinu piramide (**120** ↴).



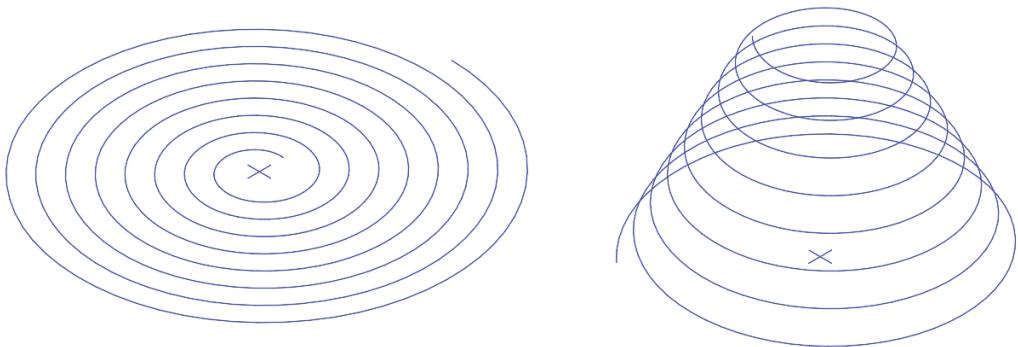
3. Zadatak: crtanje 2D i 3D spirale (Helix)

a) Naredbom **Helix** nacrtajte Arhimedovu spiralu kao na **slici lijevo**:

- Specify **base radius** (polumjer donje baze) or [Diameter] <40.0000>: 5
- Specify **top ra** 0000>: T
- Specify helix h 0000>: 8
- Enter **number** t] <5.0000>: 0
- Specify helix h

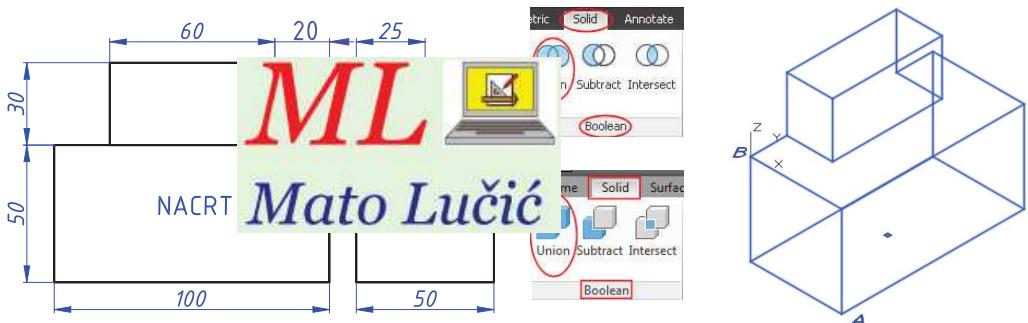
b) Istim naredbom nacrtajte 3D螺旋 (Helix) na **slici desno**:

- Specify **base radius** or [Diameter] <40.0000>: 30
- Specify **top radius** or [Diameter] <30.0000>: 10
- Specify helix **height** or [Axis endpoint/Turns/turn Height/tWist] <0.0000>: 40



4. Zadatak: crtanje složenih prizmatičnih 3D modela

Nacrtajte dva kvadra koji se nalaze jedan iznad drugog, a prema 2D projekcijama na **slici dolje lijevo**. Zadajte naredbu **box** i nacrtajte veći kvadar u ishodištu koordinatnog sustava (**točka A**). Nakon toga ishodište koordinatnog sustava premjestite u **točku B**. Ponovnim zadavanjem iste naredbe nacrtajte kvadar iznad njega. Naredbom **union** ujedinite oba 3D objekta u jedan jedinstveni objekt (**slika dolje desno**).



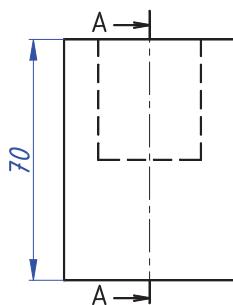
5. Zadatak: crtanje složenih valjkastih 3D modela

Na osnovi pravokutnih projekcija prikazanih na crtežu dolje lijevo (**sl. 1.**) nacrtajte 3D crtež. Pri izradi crteža postupite na sljedeći način:

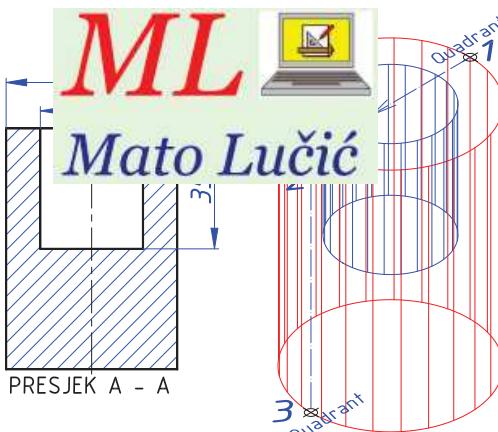


- Naredbom **Cylinder** nacrtajte valjak promjera $\phi = 50$ i visine $h = 70$.
- U središtu gornje baze valjka nacrtajte drugi valjak prema dolje $\phi = 30$, i $h = 35$.
- Pomoću alata **subtract** oduzmite volumen manjeg od volumena većeg valjka (sl. 2.)
- Uključite pomoćni alat **OSNAP** i kriterij **Quadrant**. Odaberite **Solid** \Rightarrow **Solid Editing** \Rightarrow **Slice** () ili iz glavnog izbornika **Modify** \Rightarrow **3D Operations** \Rightarrow **Slice**. Na zahtjev **Select objects to slice**: kliknite negdje na rub baze valjka i pritisnite \downarrow . Pronadite točke kvadrantata (1, 2 i 3), sl. 2. i klikajte lijevom tipkom redom na svaku od njih. Nakon toga kliknite u blizini točke 4. Tako ste načinili presjek valjka (sl. 3.).
- Na koncu, pomoću alata **Conceptual Visual Style** s alatne trake **Visual Styles** osjenčajte nacrtani 3D model (sl. 3.).

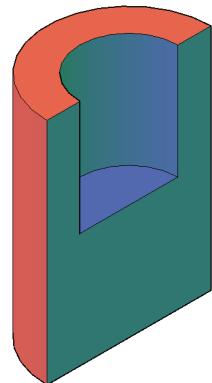
Slika 1



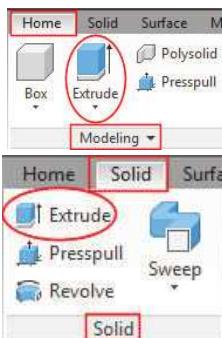
Slika 2



Slika 3



18.6.9. Stvaranje 3D objekata iz dvodimenzionalnih likova (Extrude)



Sl. 21. Extrude

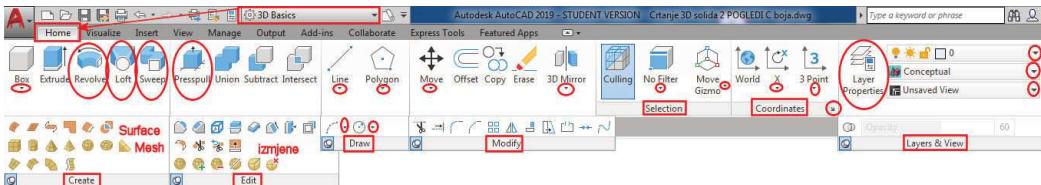
U dosadašnjim razmatranjima kreirali ste osnovne 3D objekte pomoću alata koji su isključivo namijenjeni za točno određeni oblik objekta. Međutim, kada je potrebno kreirati nekakav oblik koji odstupa od već poznatih, tada će se koristiti izvlačenje treće dimenzije iz dvodimenzionalnih likova. To se izvodi pomoću alata **extrude** () s kartice **Home** \Rightarrow **Modeling** \Rightarrow **Extrude** ili **Solid** \Rightarrow **Solid** \Rightarrow **Extrude** (sl. 21.). Na taj način možete kreirati svaki željeni model. Ako je dvodimenzionalni lik načinjen od više pojedinačnih objekata (linija), tada se od njega prije ekstrudiranja (izvlačenja), obavezno mora načiniti zatvoreno područje ili više njih (**region**). Otvorite novi predložak i nacrtajte crtež kao na sl. 22. Za crtanje upotrijebite alate za 2D crtanje. Naredbom **region** () načinite zatvoreno područje. Ako ste to uspješno izveli, program vas u naredbenom retku izvješćuje sljedećom porukom: **1 Region created**.

Klikom na jedan od prečaca () prijeđite u izometrijski (3D) prikaz. Sada klikom na prečac () pokrenite naredbu **extrude**. Na zahtjev **Select objects to extrude**: rastegljivim pravokutnikom obuhvatite cijeli predmet (sl. 23.) i pritisnite **Enter**. Povucite pokazivač prema gore i upišite treću dimenziju (visinu), npr. **30 ↴**. Dobili ste sl. 24.



18.6.13. Uporaba drugih alata za 3D modeliranje

AutoCAD posjeduje mnoge druge, osim već opisanih, alate za 3D modeliranje i editiranje (izmjene) modela (sl. 41.). Neke od njih ćete sada upoznati.

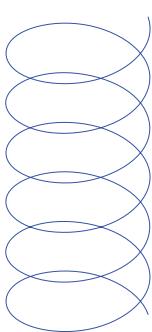


Sl. 41. Alati za 3D modeliranje: 3D Basic, Home

- a) **sweep:** stvaranje 3D solida ili 3D ploha prateći neki objekt

Naredbom **helix** nacrtajte oprugu (sl. 1.) prema sljedećim podacima koji se unose u naredbeni redak **Command:**

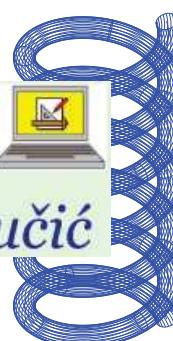
- Command: **Helix**
- Specify **center** point of base: **0,0,0** ↴
- Specify **base radius** or [Diameter]: **20** ↴
- Specify **top radius** or [Diameter]: **20** ↴
- Specify **helix height or [Axis endpoint/Turns/turn Height/tWist]**: **t** ↴
- Enter **zavojaka** (zavojaka)
- Specify **Axis endpoint/Turns/turn Height/tWist**: **100** ↴ (sl. 42.)
- Command: **Circle** (kreirajte male kružnice, sl. 43.)
- Specify **Radius or Diameter**: **3** ↴ (polumjer male kružnice)
- Command: **Sweep** ↴
- **Select objects to sweep:** **1 found** (kliknuti na malu kružnicu) ↴
- **Select sweep path** or [Alignment/Base point/Scale/Twist]: (kliknuti na spiralu, pritisnite ↴ i pričekajte, sl. 44.)
- osjenčajte oprugu (sl. 45.).



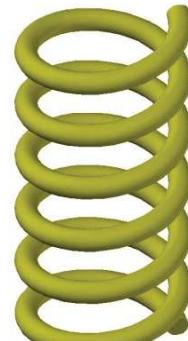
Sl. 42. Helix



Sl. 43. Circle



Sl. 44. Sweep



Sl. 45. Realistic

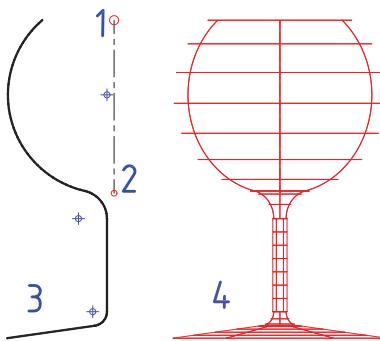


b) revolve: rotacijom 2D objekta kreira 3D solid ili 3D plohu

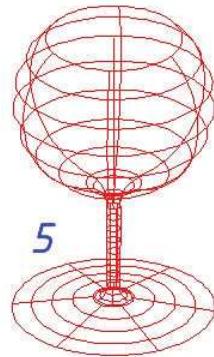
Na primjeru modeliranja čaše isprobat ćete alat **Revolve**. Nacrtajte 2D crtež prema sl. 46. Nakon toga zaoblite kružne prijelaze. Klikom na prečac zadajte naredbu **revolve**. Na zahvat **Select objects to revolve:** označite sve crte koje čine obrise modela . Na upit **Specify axis start point or define axis by [Object/X/Y/Z] <Object>:** kliknite na točku 1 i točku 2 crteža. Rezultat je sl. 47. Prijedite na izometrijski prikaz (sl. 48.5.) i na kraju



Sl. 46. 2D objekt



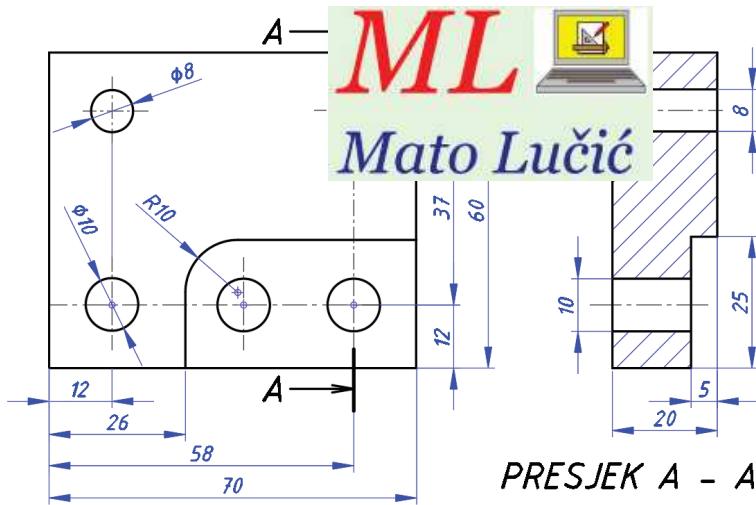
Sl. 47. Revolve



Sl. 48. 3D Wireframe

c) presspull: dinamično mijenjanje predmeta izvlačenjem i kopiranjem

Uporaba ovog alata AutoCAD-a doći će do izražaja posebno pri izradi 3D crteža u građevinarstvu. Ovdje će njegova uporaba biti objašnjena na jednostavnom primjeru. Prema zadanim izmjerama nacrtajte 2D crtež ploče kao na sl. 49.

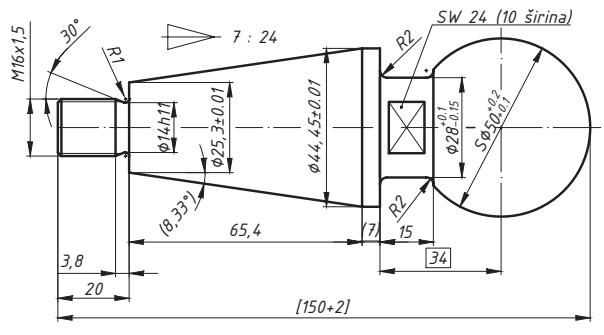


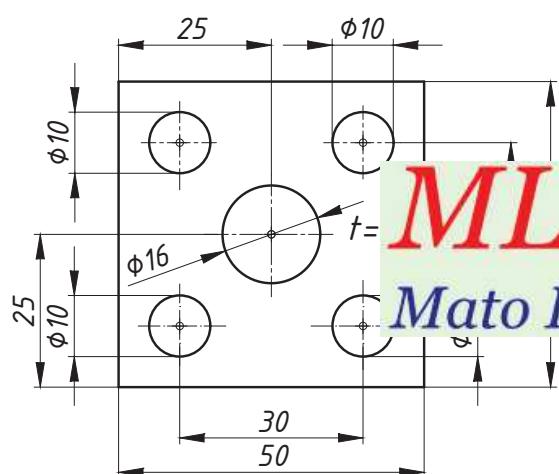
Sl. 49. 2D crtež ploče



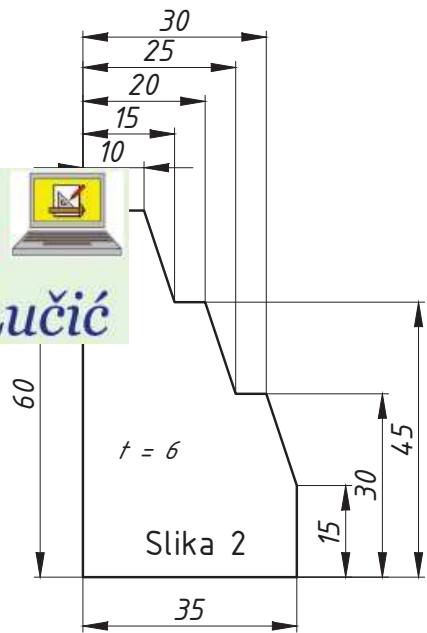
ML 
Mato Lučić

19. ZADATCI ZA VJEŽBE CRTANJA

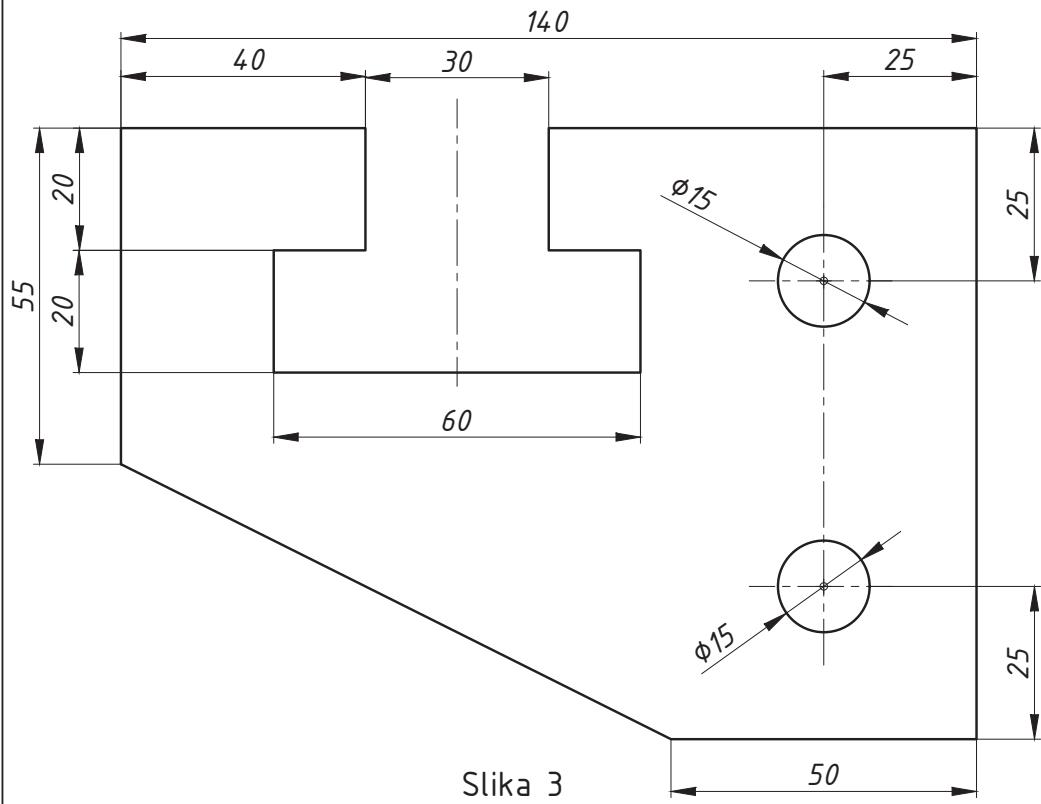




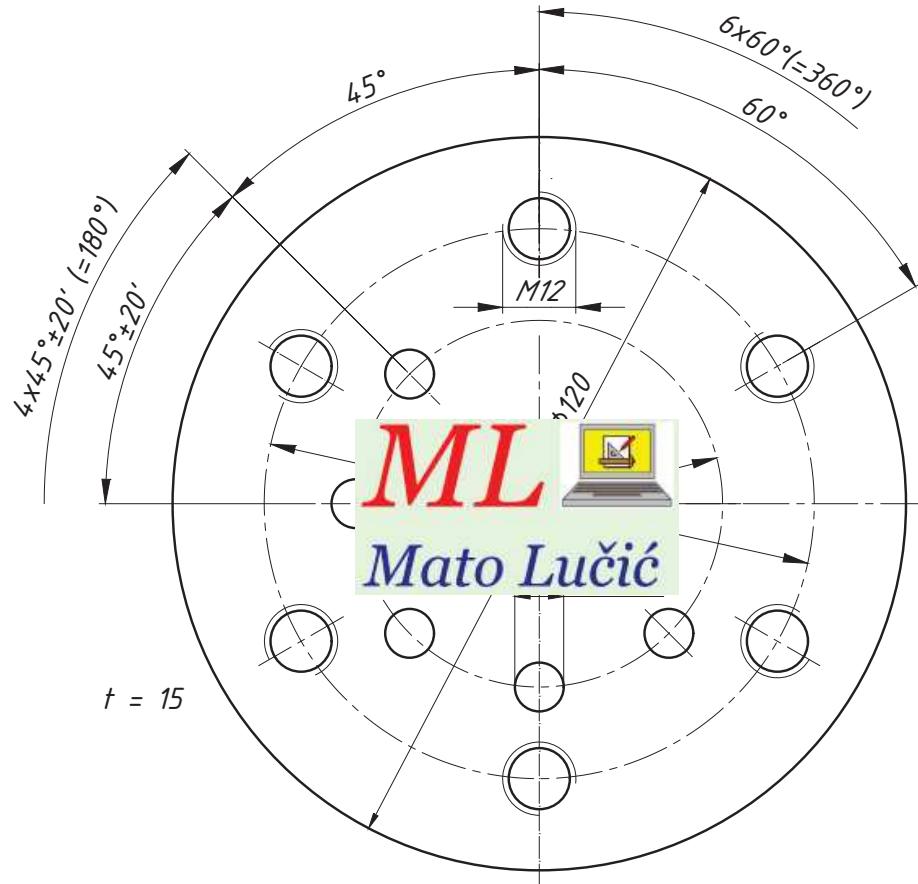
Slika 1



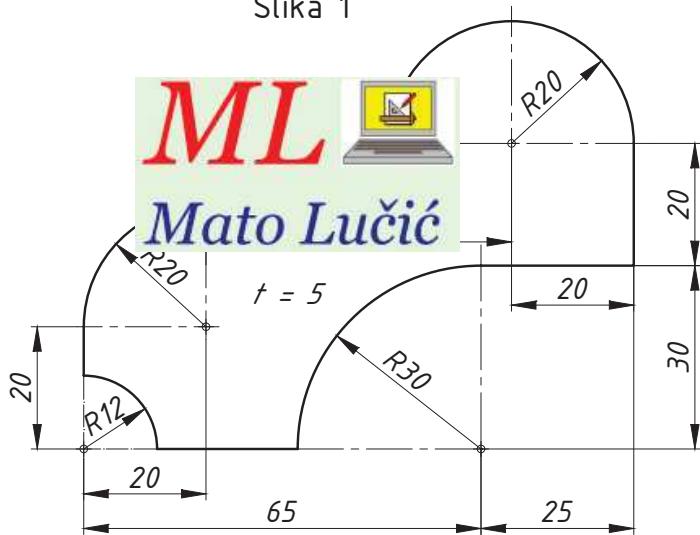
Slika 2



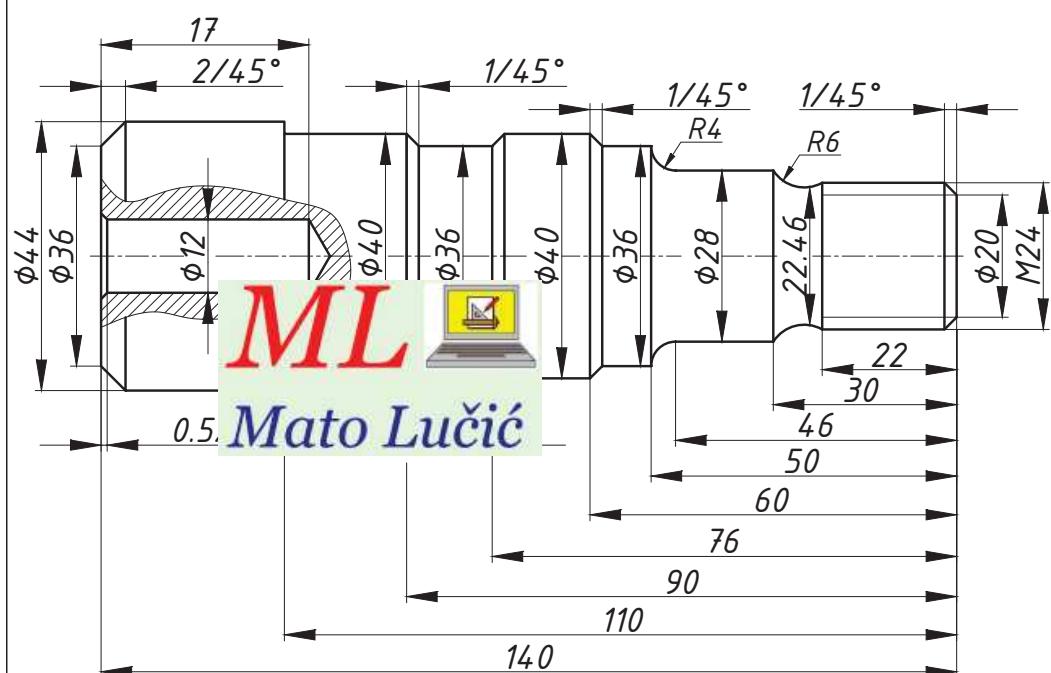
Slika 3



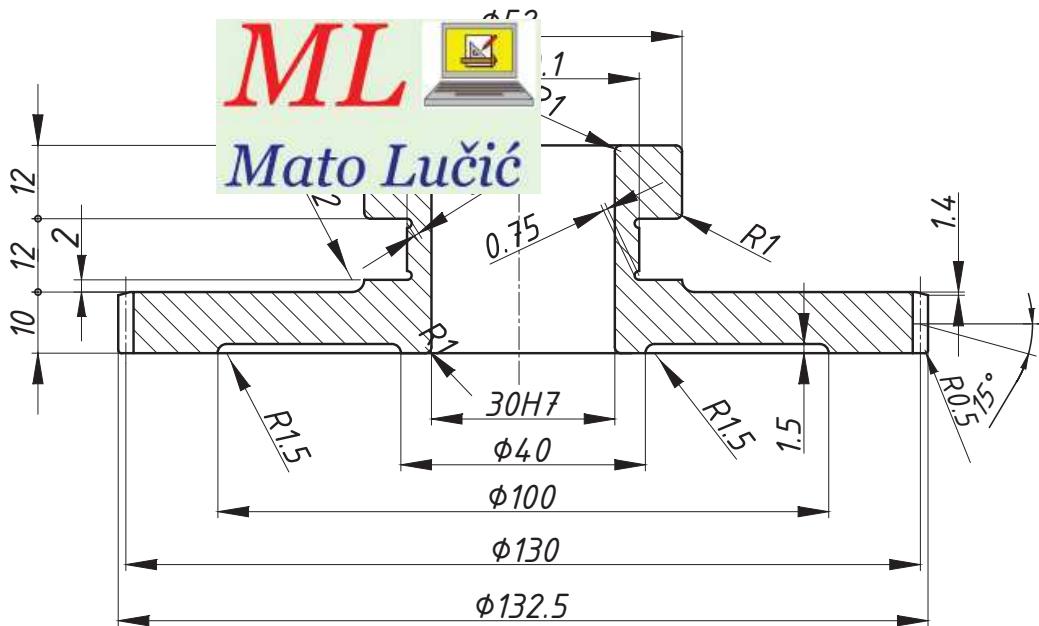
Slika 1



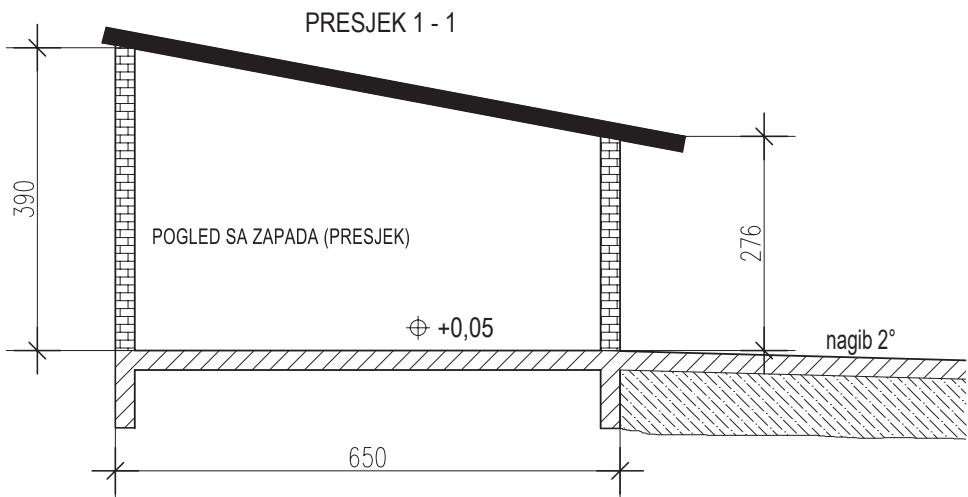
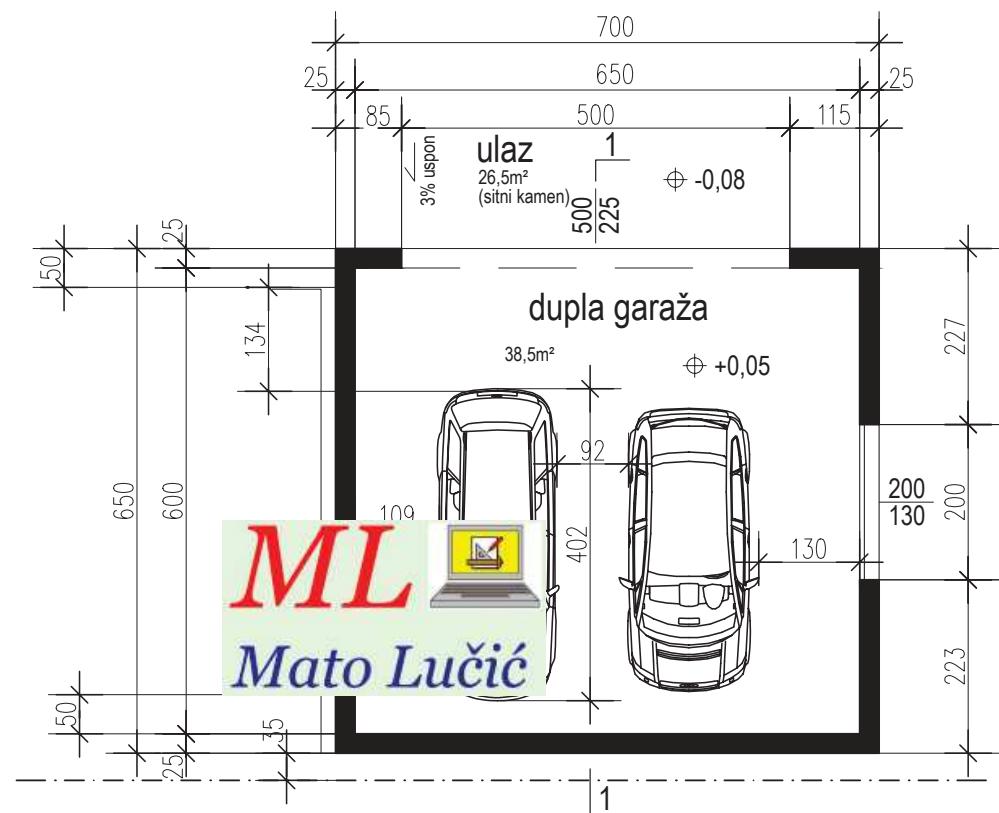
Slika 2



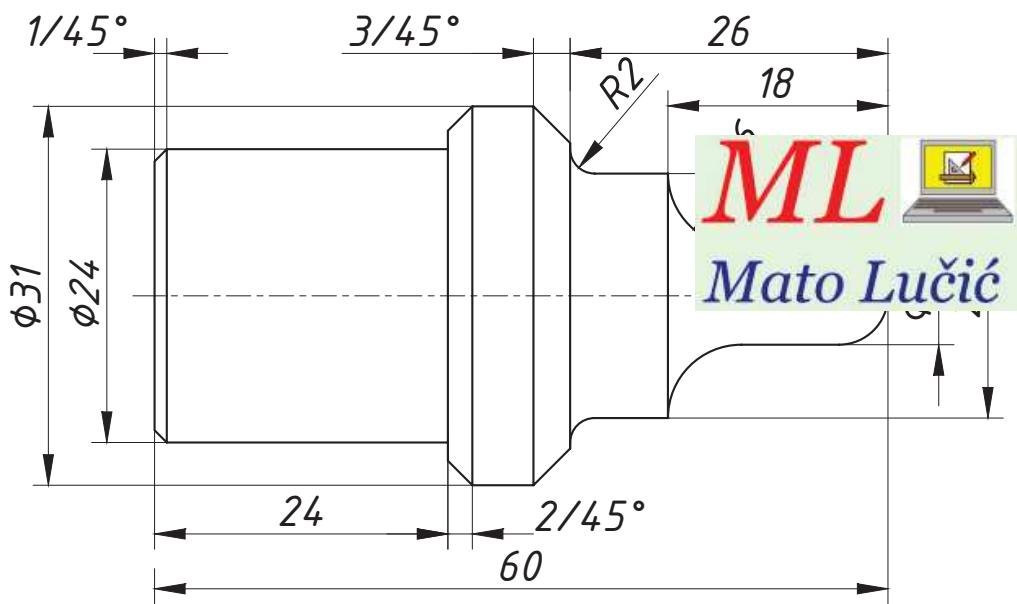
Slika 1



Slika 2



Mjerilo: 1:1	Datum:	Ime i prezime:	PRVA SREDNJA ŠKOLA
Pozicija:	Sastavni crtež broj: 04	Materijal:	
Broj crteža:	12	Naziv dijela:	GARAŽA



Mjerilo: 2:1	Datum:	Ime i prezime:	PRVA SREDNJA ŠKOLA
Pozicija:	Sastavni crtež broj:	Materijal:	
Broj crteža:	Naziv dijela: <i>CNC tokarenje (2D i 3D)</i>		



Pozicija 1

M16
13
22
96
30
30
10
30
30
R27

Pozicija 2

100
72
8
13
M16
4
R27
12
24
φ28
φ8

Pozicija 3

R4
80
R4
φ8

Technical Drawing View:

1/45°
28

3D Model View:

1
2
3

Table:

Mjerilo: 1:2	Datum:	Ime i prezime:	PRVA SREDNJA ŠKOLA
Pozicija:	Sastavni crtež broj:		Materijal:
Broj crteža:	Naziv dijela: STEGA (2D i 3D)		



Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	PRVA SREDNJA ŠKOLA
Razradio		Mato Lučić, prof.		
Crtao				
Pregledao				
Objekt:		KUĆA S DVORIŠTEM	Objekt broj:	
			R. N. broj:	