

INŽENJERSKA GRAFIKA

Osnove i primjena

Općenito

- inženjerska grafika izučava teorijske i praktične osnove stvaranja i primjene slikovnog prikaza u inženjerstvu (tehnici)
- cilj našeg proučavanja je pružiti osnovna teorijska i praktična stručna znanja o grafičkoj komunikaciji
- stečena znanja iz ovog područja smatraju se dijelom temeljne inženjerske pismenosti
- područje potrebnih znanja obuhvaća osnove tehničkog crtanja i osnove računalne grafike

Grafička komunikacija u tehničkim primjenama

- potrebno je usklađeno djelovanje različitih sudionika u procesu projektiranja, proizvodnje, uporabe i održavanja proizvoda, objekta ili sustava
- točan i jednoznačan prijenos informacija među sudionicima tijekom čitavog procesa – moguć je samo ako svi primjenjuju odgovarajuće iste norme i pravila
- slikovni prikaz je u osnovi način pohrane i prijenosa informacije, odnosno komunikacijski medij; po količini sadržane informacije, slika kao medij znatno nadilazi govor ili tekst

Povijest grafičke komunikacije

- 25000 godina prije Krista - slike na zidovima špilja
- oko 4000 godina prije Krista - najstariji primjeri grafičke komunikacije u tehničkim primjenama nalaze se u Babilonu
- 15. stoljeće - talijanski graditelji razvili teoriju projekcija objekta
- Leonardo da Vinci (1651.) - prva knjiga o teoriji projekcija
- Gaspard Monge (1746.-1818.) Pariz - osnovna pravila projiciranja (projekcija) i osnove tehničkog crtanja
- Massachusetts Institute of Technology (MIT) (1963.) - prva prezentacija integriranog postupka projektiranja uz pomoć računala CAD (Computer Aided Design)
- računalno se danas standardno primjenjuje u izradbi, pregledu, pohrani i prijenosu tehničkih crteža kao i u grafičkoj komunikaciji općenito

Tehnička dokumentacija

- tehnička dokumentacija - skup svih relevantnih dokumenta o nekom objektu ili sustavu
- dokument - osnovna informacijska cjelina koja sadrži međusobno logički povezan skup informacija o tehničkom uređaju ili sustavu
- mora sadržavati sve informacije nužne za odvijanje predviđenih procesa povezanih s opisanim objektom ili sustavom
- treba se organizirati i predstaviti na sustavan, jasan i jednostavan način
- opseg i oblik tehničke dokumentacije nije propisan - pravilo je da treba težiti optimalnom opsegu uz minimalan utrošak ljudskog rada

Oblici (vrste) tehničke dokumentacije prema namjeni

- *projektni zadatak* - sadrži sve bitne zahtjeve projekta, uključujući tehničke, ekonomske, pravne i ostale aspekte
- *idejno rješenje* - sadrži osnovne informacije o predloženom tehničkom uređaju, postrojenju, procesu, objektu, ili sustavu
- *idejni projekt* - sadrži temeljnu razradu predloženog rješenja uključujući predvidivi troškovnik
- *investicijski elaborat* - sadrži informacije iz idejnog projekta upotpunjene ekonomskom analizom
- *glavni projekt* - sadrži detaljnu razradu idejnog projekta sa svim podacima za izvođenje; služi kao osnova za izradu izvedbene dokumentacije i prikupljanje ponuda
- *izvedbeni projekt* - izrađuje se na temelju glavnog projekta nakon odabira proizvođača ili dobavljača
- *dokumentacija za pogon i održavanje* - sadrži detaljne naputke za uporabu i održavanje

Sadržaj tehničke dokumentacije

- ***Tekstovni dio*** tehničke dokumentacije može sadržavati: *tehnički opis, tehničko-ekonomsko obrazloženje, obvezne proračune, naputke za rukovanje, naputke za ispitivanje i održavanje, popis opreme, troškovnike i sl.*
- ***Slikovni dio*** tehničke dokumentacije sadrži različite vrste ***tehničkih crteža***.

Osnove tehničkog crtanja

- najvažniji dio tehničke dokumentacije su **tehnički crteži**.
- oni moraju na jasan jednostavan i razumljiv način **jednoznačno** definirati prikazani objekt ili sustav - primjenom jednoznačno utvrđenih normi i pravila
- **propisi i norme**: nacionalna razina (HRN, DIN, ANSI, BS, ...) ili međunarodna razina (EN, ISO, IEC, ...)
- treba preferirati međunarodne norme gdje god je to moguće

Norme i normizacija

- Uređuju mnoga područja ljudskog života (stanovanje, prehrana, zaštita zdravlja, sigurnost, zaštita okoliša, gospodarstvo, proizvode i usluge, pravila postupanja)
- Norma (standard) je dokument, tehnička specifikacija, pravilo postupanja; norma nije propis ni tehnički propis
- Norme se temelje na provjerenim znanstvenim, tehničkim i iskustvenim rezultatima
- Tehnološki napredak i znanstvena dostignuća ugrađuju se u norme koje se redovito usavršavaju (“updatiraju”)
- Norme su rezultat napora mnogih za dobro svih – one su nasljeđe cijelog čovječanstva
- Primjena normi je dragovoljna – ali: one uklanjaju zapreke, omogućuju suvremeno poslovanje i trgovinu, potiču razmjenu tehnologija i inovacija, štite zdravlje ljudi i okoliš, osiguravaju spojivost i zamjenjivost, čine život lakšim, jednostavnijim, zdravijim, sigurnijim – zato ih ljudi stvarno koriste

Norme i normizacija (2)

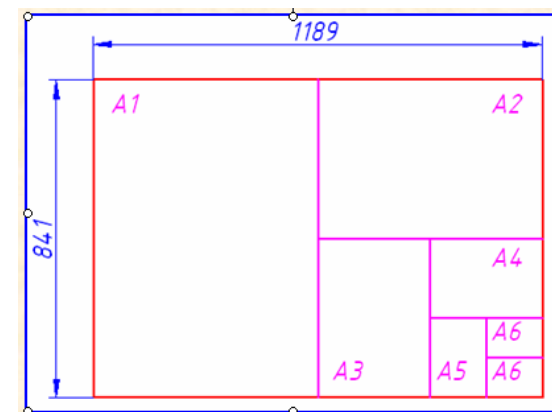
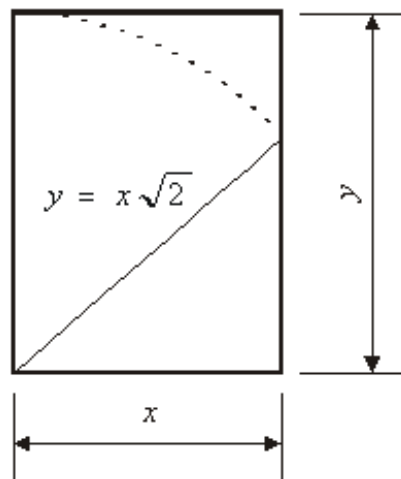
- Vrste normi: osnovne norme, norme za proizvode, norme za postupke, norme za ispitivanje, norme za usluge, norme rječnici, ...
- Norme donose ustanove za normizaciju raznih razina (međunarodne, regionalne, nacionalne)
- Razina normi: međunarodne (ISO 124), regionalne (EN 545), nacionalne (DIN 5435, HRN 1115, BS 532), granske (ASTM 312, VDI 535), ...
- Normizacija je djelatnost čiji je rezultat dokument - norma
- Norme donose normirna tijela raznih razina – nacionalna (AFNOR, BSI, DIN, Hrvatski zavod za norme HZN <http://www.hzn.hr>), regionalna (CEN, CENELEC, ETSI), međunarodna (ISO, IEC)
- Dokumente normi pripremaju tehnički odbori (stručnjaci za pojedina područja zainteresiranih strana: industrija, znanost, obrazovanje, državna uprava, građani, udruge), a donose se konsenzusom (općim slaganjem u bitnim sadržajima uz usklađivanje oprečnih stajališta)
- Hrvatske norme: izvorne (HRN 1115:2002) prihvaćene europske (HRN EN 196-7:2006) prihvaćene međunarodne (HRN ISO 1998-6:2006 ili HRN EN IEC 60842:2003), prihvaćene europske i međunarodne (HRN EN ISO 748:2005) – gdje god nema posebnih zapreka HRN norme nastoje biti sukladne međunarodnim i europskim normama

Tehnički crteži – podjele

- **Prema namjeni:**
 - ponudbeni crtež* - prilaže se uz pismenu ponudu
 - radionički crtež* - crtež prema kojem se izrađuje objekt
 - sklopni crtež* - prikazuje pojedine sklopove koji sačinjavaju funkcionalnu cjelinu
 - instalacijski crtež* - prikazuje razvod električnih ili cijevnih vodova
 - sastavni ili montažni crtež* - prikazuje način sastavljanja cijelog uređaja
 - situacijski crtež* - prikazuje položaj objekta u određenom prostoru
 - shematski crtež* - pojednostavljeni crtež izrađen uporabom simbola i oznaka
 - dijagram* - grafički prikaz funkcijskih veza različitih veličina
- **Prema načinu izradbe crteža:**
 - izvorni crtež (original),*
 - preslika (kopija) i*
 - skica.*
- **Prema načinu prikazivanja objekta:**
 - ortogonalni crtež* - prikaz trodimenzijskog objekta pomoću skupa dvodimenzijskih projekcija,
 - aksonometrijski crtež* - prostorni prikaz.

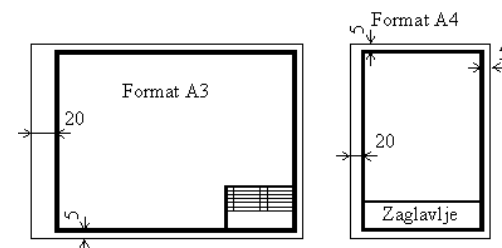
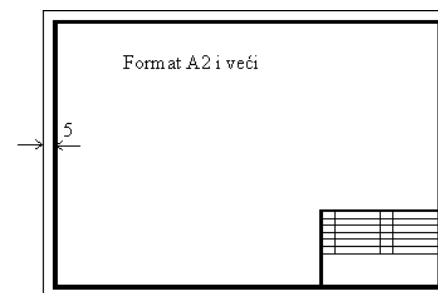
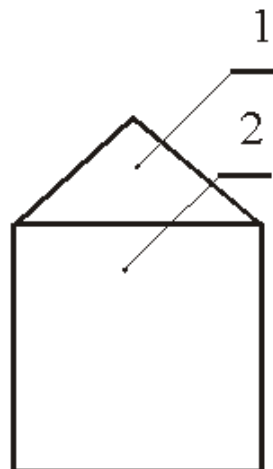
Tehnički crteži – temeljni pojmovi

- **Formati crteža** (red A - osnovni format A0) (HRN ISO 5457)



3.					
2.					
1.					
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Materijal	Mjere	Opaska
				Naziv ustanove	
	Datum	Prezime	Potpis	Naziv predmeta	
Konstruirao					
Crtao				Prezime i ime	
Pregledao					
Odobrio				Mat. Broj	
Mjerilo					
				Šk. God.	Grup a
					Program br.

- **Zaglavlje i sastavnica**
- **Pozicijski brojevi**



Tehničko pismo, standardna mjerila, vrste crta

ABCDEFGHIJKLMNQRST - **tehničko pismo** (HRN ISO 3098)
UVWXYZ aabcdefghijkl
mnopqrstuvwxyz + - = /
uspravno ili *koso* (*nagib 75°*)
(arapske brojke, abeceda i alfabet)

- **vrste crta** (HRN ISO 128)

mjerila (ISO 5455)

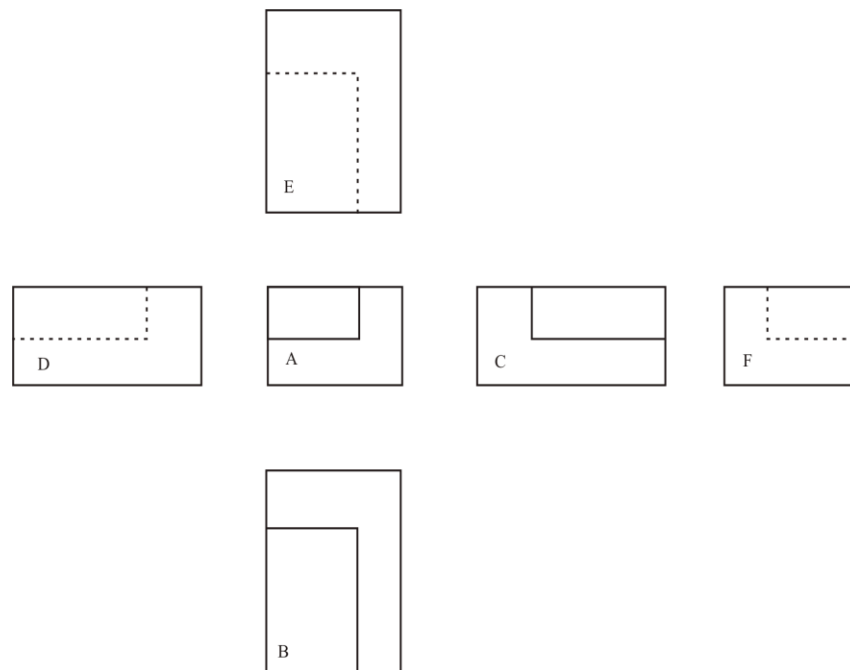
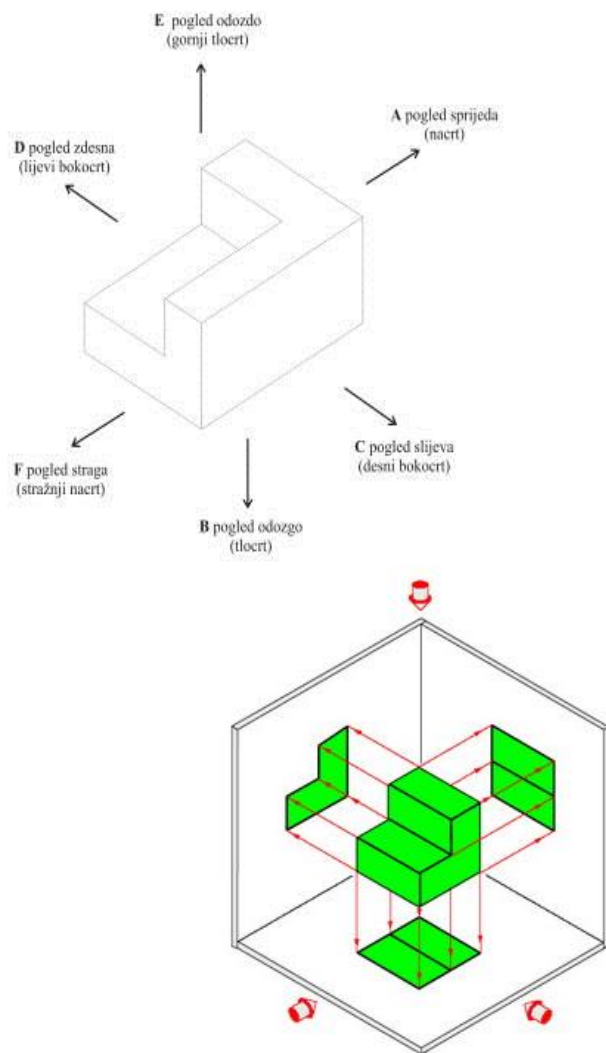
PRIRODNA VELIČINA	1:1		
SMANJIVANJE	1:2	1:5	1:10
	1:20	1:50	1:100
	1:200	1:500	1:1000 ITD..
	2:1	5:1	10:1
POVEĆANJE	20:1	50:1	100:1 ITD..

VRSTA CRTE	STUPANJ ŠIRINE	SLOVNA OZNAKA	PRIMJERI PRIMJENE
Puna crta	1	A	vidljivi bridovi predmeta, ograničenje navoja, simboli, okviri tablica
	2	B	mjernice i pomoćne mjerne crte, šrafura, pokazne crte, crte navoja, dijagonale, mjesta previjanja
Isprekidana crta	1	E	zaklonjeni rubovi tijela
	2	F	zaklonjeni rubovi tijela
Crta-točka crta	1	J	oznake obrade površine
	2	G	središnjice, oznake presjeka
Prostoručna crta	2	C	crte prijeloma i prekida
Cik-cak crta	2	D	crte prijeloma i prekida
Crta-dvotočka crta	2	K	granični dijelovi, granični položaji pokretnih djelova

Ortogonalne projekcije

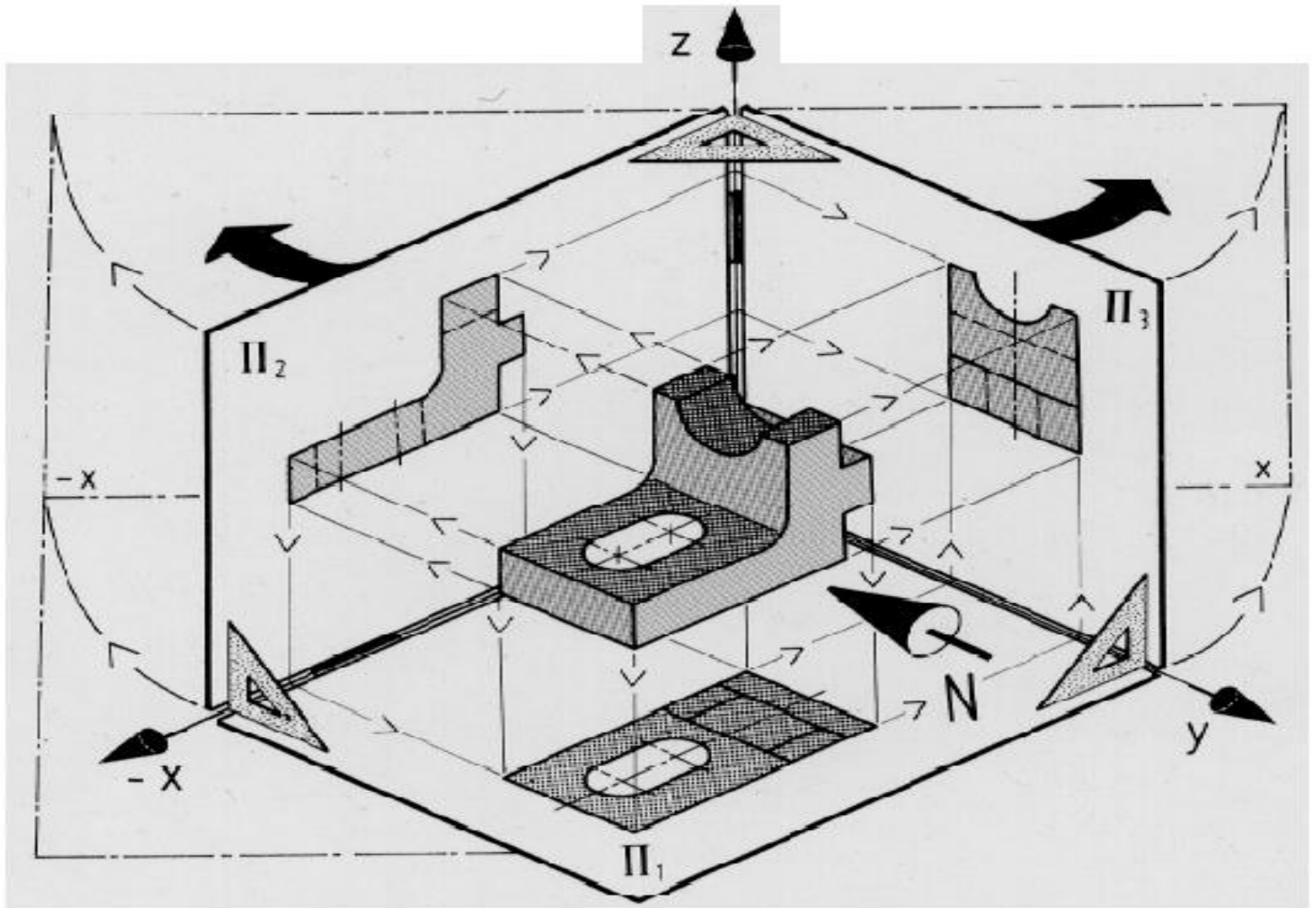
- ortogonalna projekcija - trodimenzionalni objekt prikazan u dvije dimenzije crtaćeg papira
- pravila ortogonalnog projiciranja (HRN ISO 128)
 - zrake projiciranja su okomite na ravninu crtanja,
 - predmet se nalazi između ravnine crtanja (projiciranja) i crtača (europski način projiciranja!),
 - u projekciji se crta dio predmeta koji se vidi u smjeru gledanja
- ortogonalna projekcija omogućava **6 različitih pogleda**:
 - A - nacrt (pogled sprijeda), (oznaka N)
 - B - tlocrt (pogled odozgo), (oznaka T)
 - C - desni bokocrt (pogled s lijeve strane), (oznaka B)
 - D - lijevi bokocrt (pogled s desne strane), (oznaka B1)
 - E - gornji tlocrt (pogled odozdo), (oznaka T1)
 - F - stražnji nacrt (pogled straga) (oznaka N1).
- Na crtežu se prikazuje samo najnužniji broj projekcija - najčešće su dovoljna dva (nacrt i tlocrt) ili tri pogleda (nacrt, tlocrt i bokocrt), a ponekad i samo jedan; treba odabrati one poglede koji na najzorniji način prikazuju predmet

Europski način ortogonalnog projiciranja i prikaza

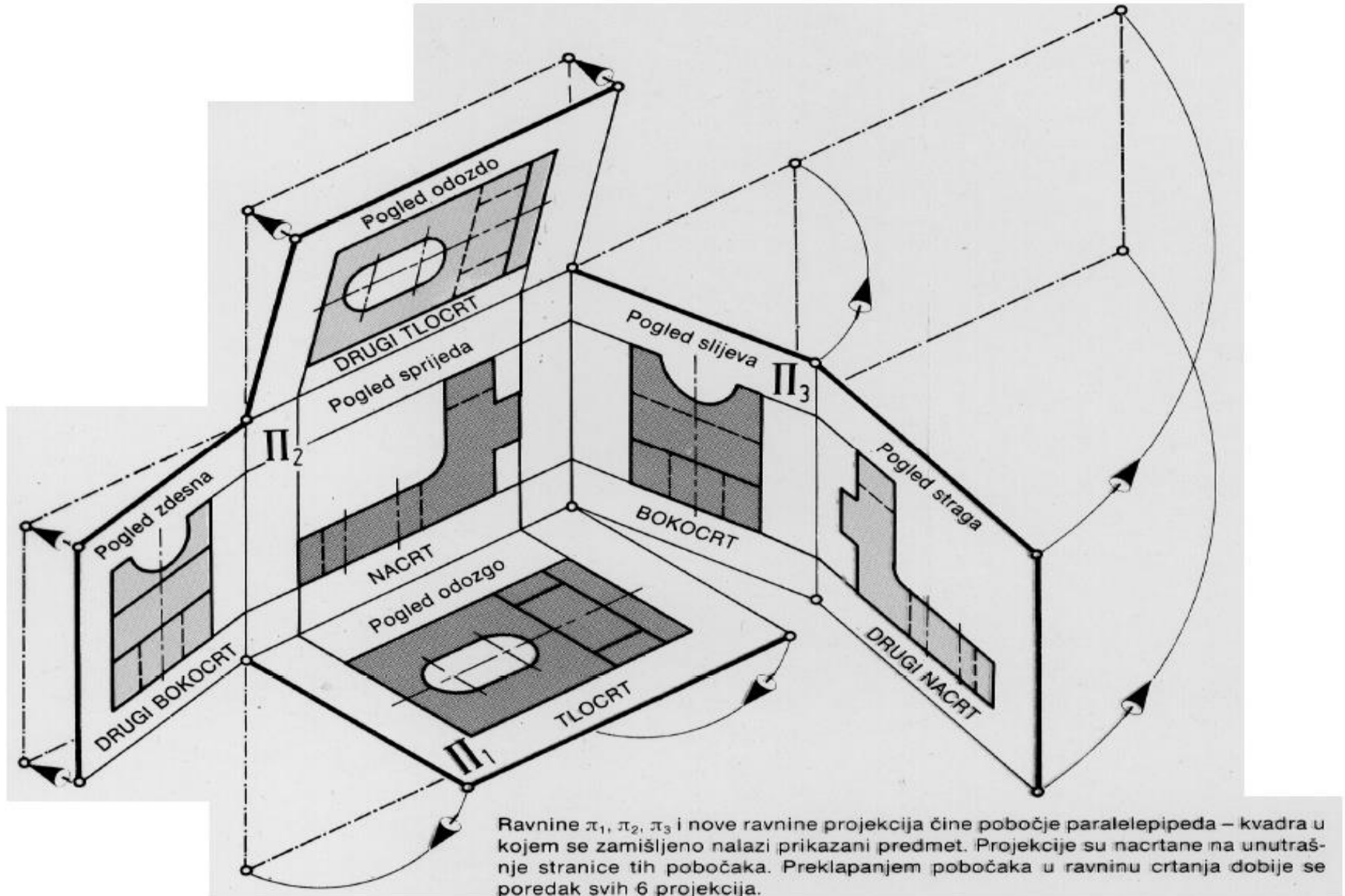


Obratiti pažnju na raspored projekcija na crtežu !!!

Tri ortogonalne projekcije na primjeru



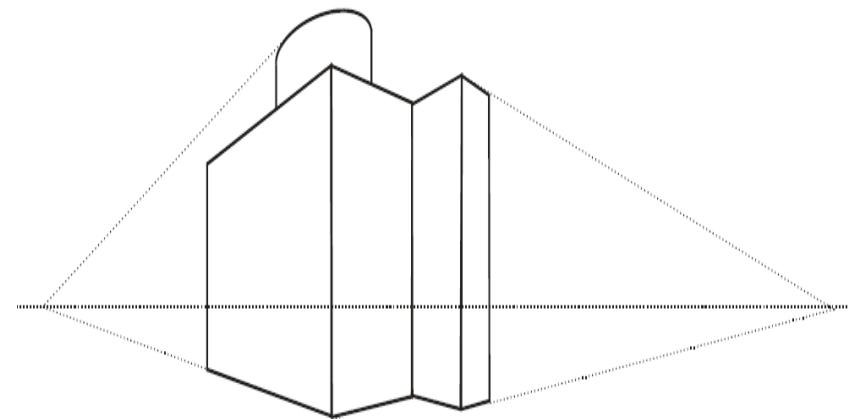
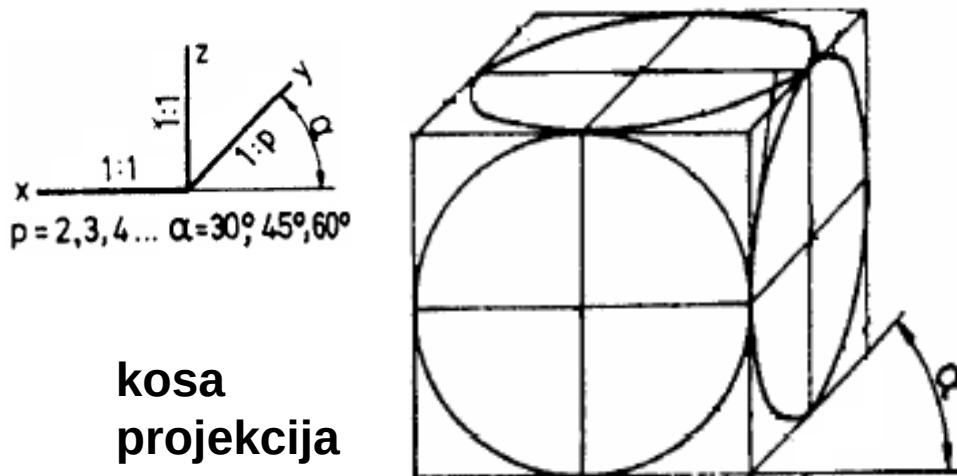
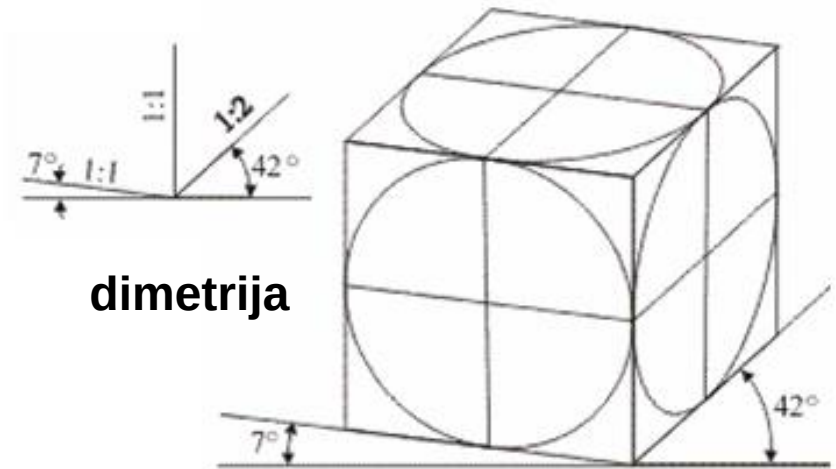
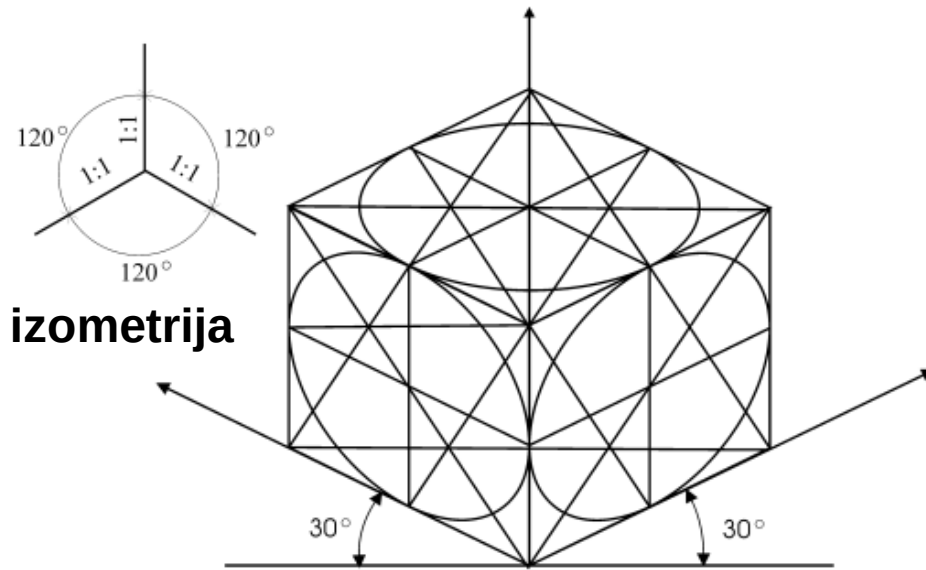
Svih 6 ortogonalnih projekcija na primjeru



Prostorni prikaz (aksonometrijske projekcije)

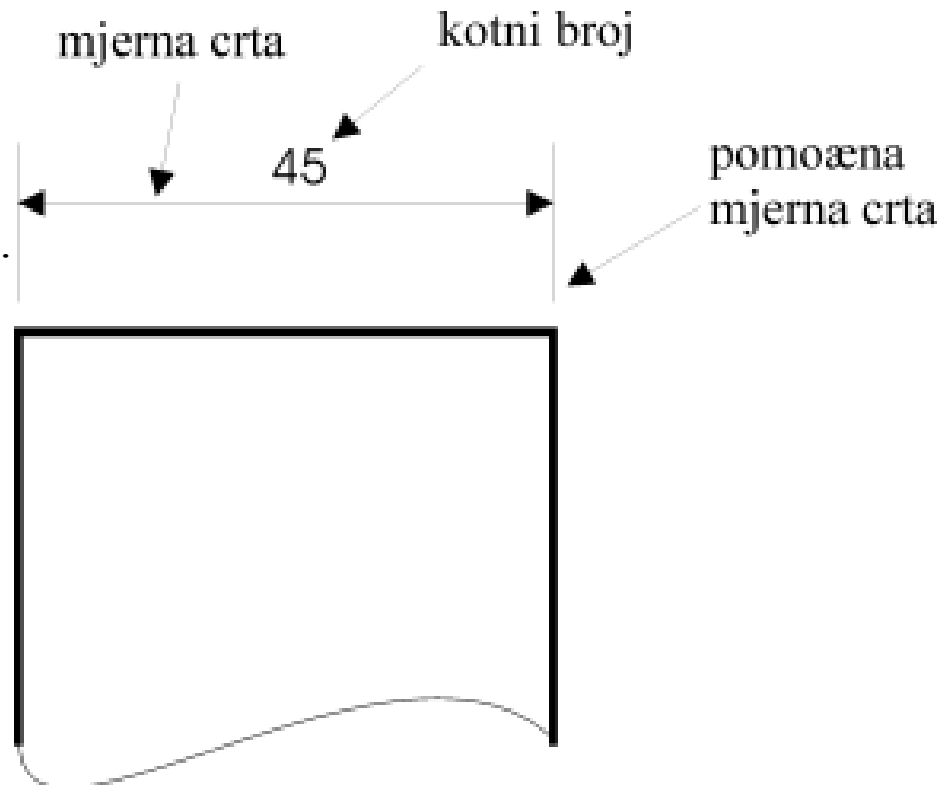
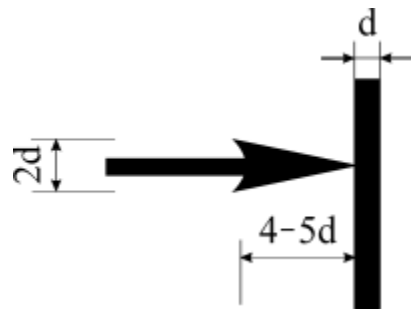
- **prostorni prikaz** = prikaz trodimenzijskog predmeta jednom projekcijom u ravnini - nužno je pri tom bar jednu prostornu dimenziju prikazati pod nekim kutom
- po smještaju glavnih osi i prikrati u smjeru pojedinih osi razlikuju se sljedeće vrste prostornih (aksonometrijskih) projekcija ili prikaza:
 - **izometrija** - osi su ravnomjerno razmještene pod kutovima 120° , nema prikrate u smjeru osi,
 - **dimetrija** - dvije osi su pod kutovima 7° i 90° bez prikrate, a jedna pod kutom 42° s prikratom 1:2,
 - **trimetrija** - svaka os ima drugačiji nagib i prikratu,
 - **kosa projekcija** - dvije osi su pod kutom 90° i bez prikrate, a treća je pod kutom 30° , 45° ili 60° s proizvoljnom prikratom 1:p.
 - **perspektiva** – prikaz pri kojem se paralelne crte spajaju u udaljenoj točki na horizontu; daje najvjerniju, gotovo fotografsku sliku objekta;

Izometrija, dimetrija, kosa projekcija, perspektiva

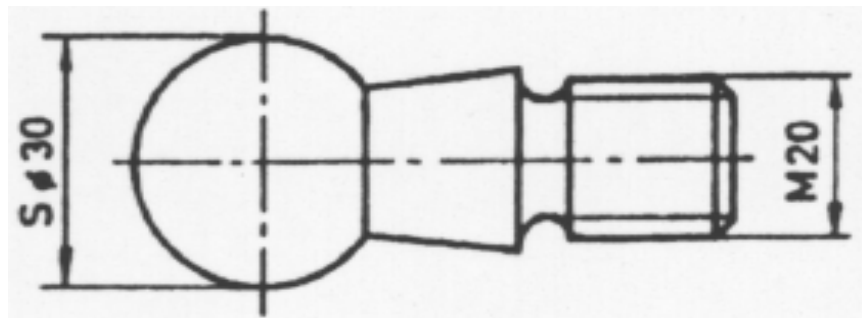
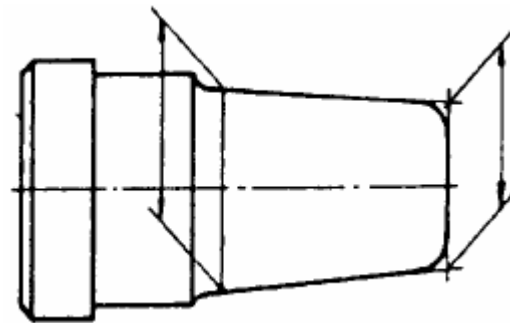
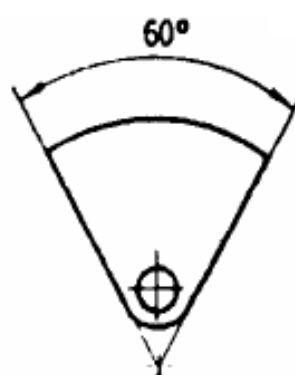
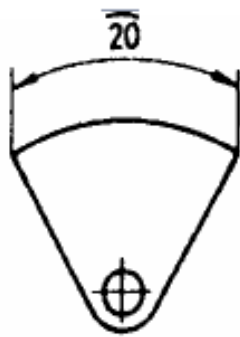
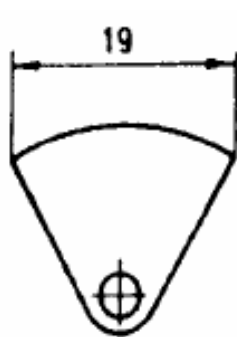


Kotiranje

- Predočavanje dimenzija (mjera) na crtežima (HRN ISO 129)
- Kota – sadrži informaciju o mjerama predmeta, a čine je:
 - mjerna crta ili mjernica,
 - pomoćna mjerna crta,
 - strelica,
 - kotni broj (neovisno o mjerilu crteža uvijek se piše stvarna mjera!).

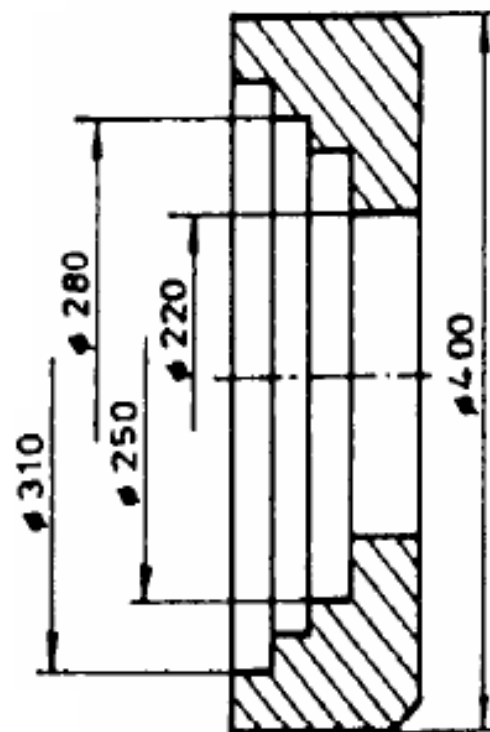


Neki primjeri kotiranja

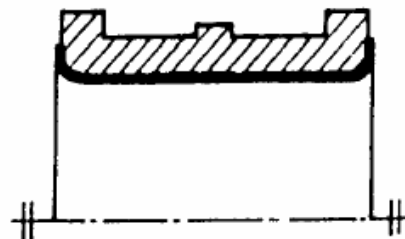
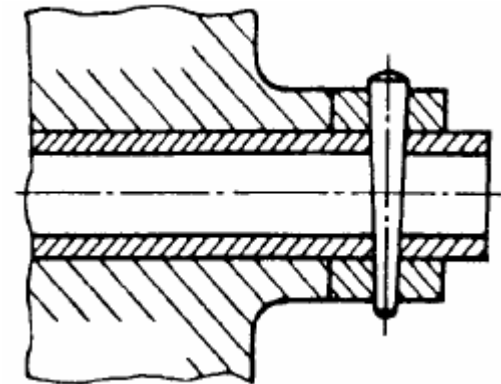
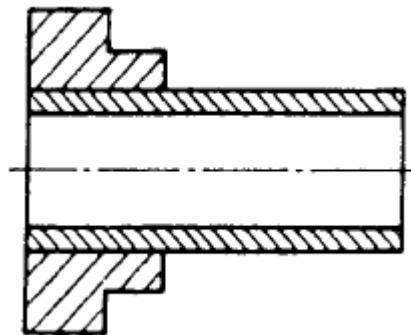
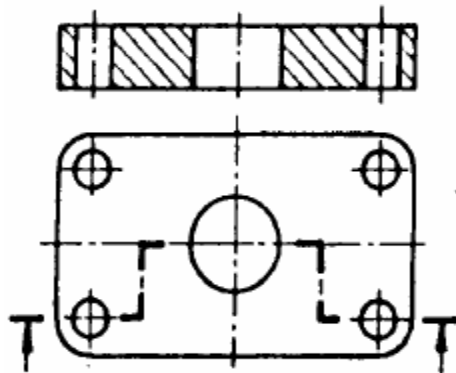
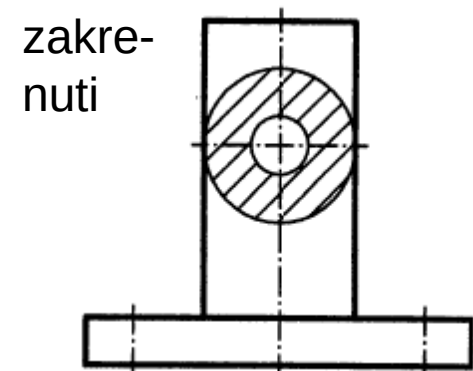
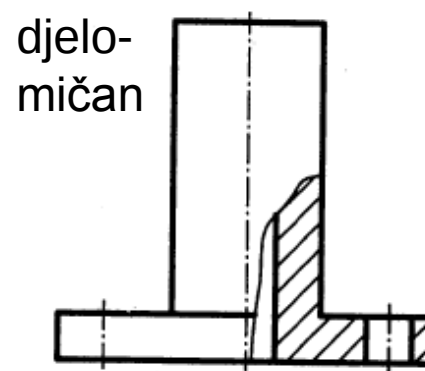
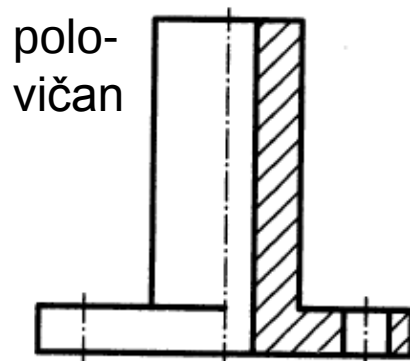
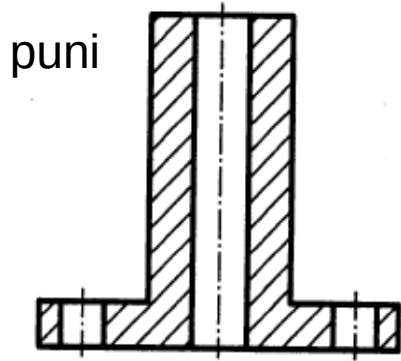


$\varnothing$ - promjer ;
 R - polumjer ;
 $\square$ - kvadrat ;

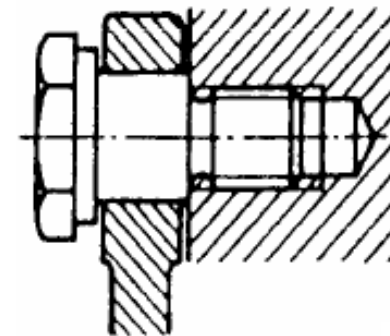
$S\varnothing$ - promjer kugle
 SR - polumjer kugle
 M - metrijski navoj



Neki primjeri presjeka i šrafura

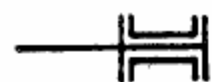


2019/20.



Simboli pojedinih elemenata za shematske grafičke prikaze

6.1.21. SIMBOLI ELEMENATA ZA PRIJENOS SNAGE I GIBANJA		ISO 3952/2	
VRATILA		REMENICE	
Simbol	Značenje	otvoreni remenski prijenos	križni remenski prijenos
	glatko		
	stupnjevano		
	šuplje s prolaznim vratilom		
	šuplje s prirubnicom i prolaznim vratilom		
	čvrsti prsten		
	prsten za fiksiranje		
	oznaka smjera vrtnje		
LEŽAJI		prijenos zateznom remenicom	prijenos klinastim remenom
Simbol	Značenje		
	radijalni		
	radijal.-aksijal. jednosmjerni		



radijal.- aksijal.
dvosmjerni

VRETENA

Simbol

Značenje



vreteno



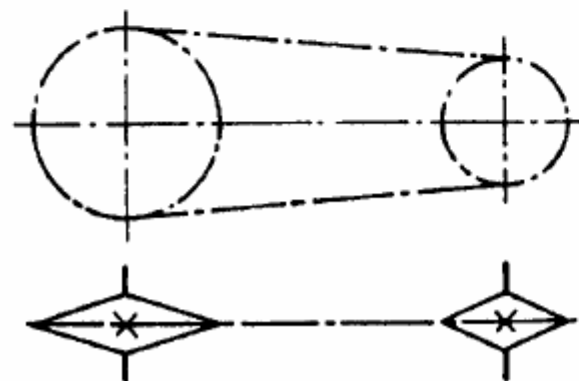
vreteno i matica



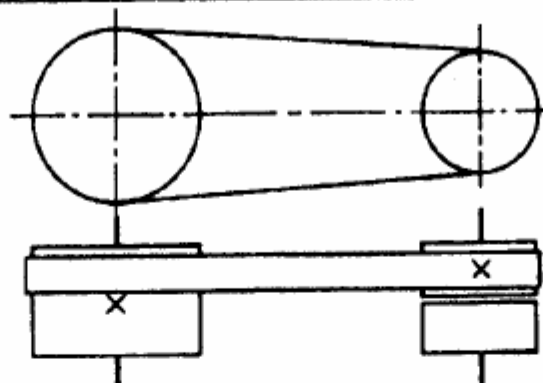
vreteno s
uključ.-isključ.
maticom

LANČANICI

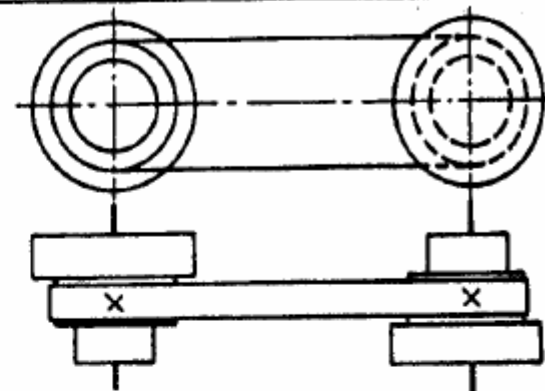
jednoredni lančani prijenos



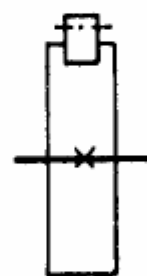
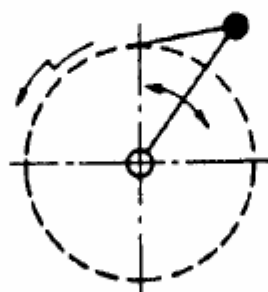
prijenos pogonskom i jalovom remenicom



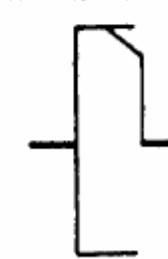
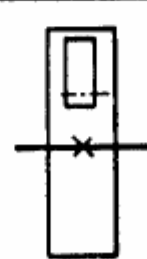
prijenos stupnjevanim remenicama



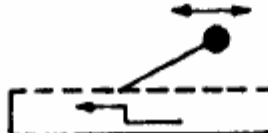
MEHANIZMI SA ZAPINJAČEM



vanjsko ozubljenje



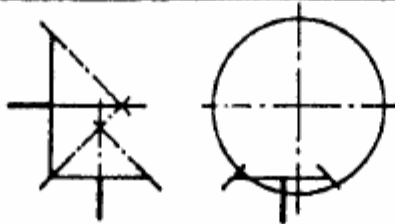
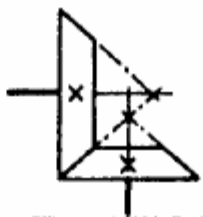
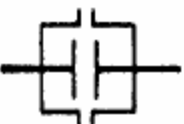
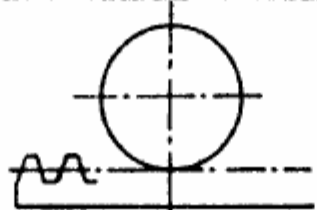
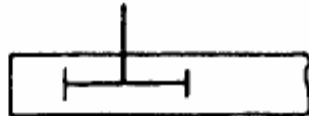
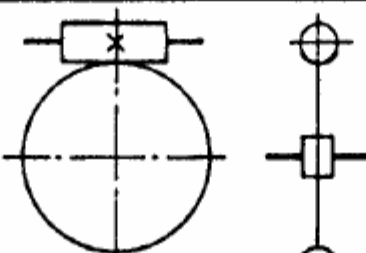
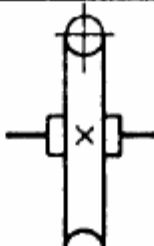
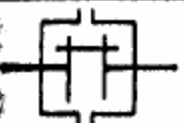
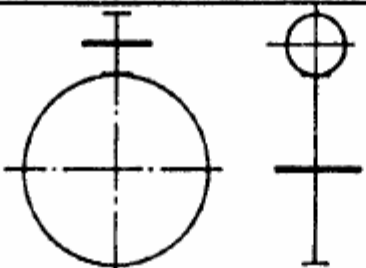
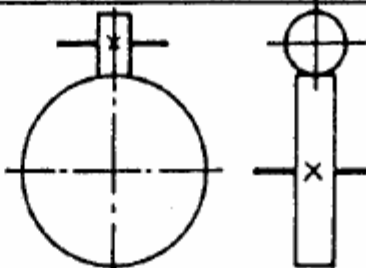
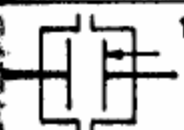
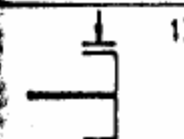
unutarnje ozubljenje



zubna letva

6.1.21. SIMBOLI ELEMENATA ZA PRIJENOS SNAGE I GIBANJA ISO 3952/2

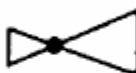
SPOJKE		TARENICE		
Simbol	Značenje	Osnovni simbol	Dopušten simbol	Značenje
	spojka - općenito -			prijenos s cilindričnim tarenicama
	kruta			
	kompenzacijska			prijenos sa stožastim tarenicama
	elastična			
	upravljiva - općenito -			prijenos s cilindričnom i tanjurastom tarenicom
	zupčasta jednostrana			
ZUPČANICI				
		Osnovni simbol	Dopušten simbol	Značenje
	zupčasta dvostrana			čelnici s: - ravnim zubima - kosim zubima - streličastim zubima
	tarna jednostrana			zupčanički prijenos s čelnicima: - vanjski , - unutarnji .
	tarna dvostrana			
	hidraulična			stožnici

	elastična upravljiva			hipoidna
	automatska - općenito -			zupčanik i zubna letva
	za puštanje u rad			pužni prijenos
	sigurnosna s razornim elementom			vijčanici
	sigurnosna bez razornog elementa			
	kočnica - općenito -			

uza strelicu upisati slovo : M - mehaničko, H - hidraulično, P - pneumatsko i E - elektroupravljanje.

6.1.23.	SIMBOLI U PROCESNOJ INDUSTRIJI	DIN 2429
---------	---------------------------------------	-----------------

Ventili

Spojni simbol	Značenje	Spojni simbol	Značenje	Spojni simbol	Značenje
	zaporna armatura - općenito -		nepovratni kutni ventil		zasun
	armatura sa stal- nim namještanjem		nepovratni ventil s kuglom		prolazni reducični ventil
	prolazni zaporni ventil		nepovratna zaklopka		reducični kutni ventil
	kutni zaporni ventil		zaporna klapna (leptir ventil)		zaporna armatura sa sigurnosnom funkcijom
	trokraki zaporni ventil		membranska armatura		sigurnosni ventil s utegom
	ventil s kuglom - - s plovkom		membranska armatura u kutnoj izvedbi		sigurnosni ventil s oprugom
	nepovratni prolazni ventil		crijevna spojnica		prskajuća pločica - izbočena -

Slavine

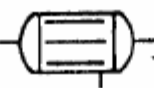
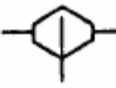
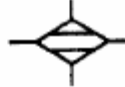
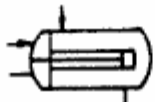
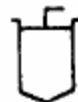
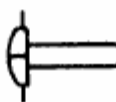
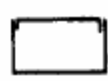
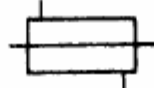
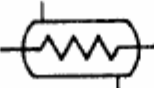
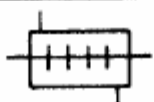
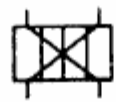
	prolazna zaporna slavina -općenito -		kuglasta kutna slavina		konična trokraka slavina
	zaporna kuglasta slavina		konična kutna slavina		četverokraka slavina -općenito-
	zaporna konična slavina		trokraka slavina - općenito -		kuglasta četverokraka slavina
	zaporna kutna slavina -općenito		kuglasta trokraka slavina		konična četverokraka slavina

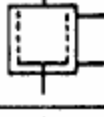
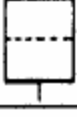
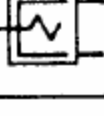
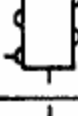
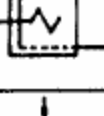
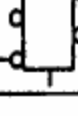
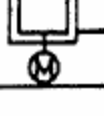
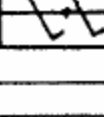
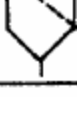
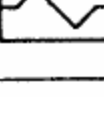
Pogoni

	ručni pogon armature		stapni pogon armature		pogon tlakom medi- ja uz fiksno podeše- nu silu utega
	pogon armature - općenito s pomo- ćnom energijom -		membranski pogon		pogon tlakom medi- ja uz fiksno podeše- nu silu opruge
	pogon armature elektromotorom		s pogonom preko fluida		zaporna armatura zatvorena
	pogon armature elektromagnetom		pogon armature plovkom		zaporna armatura otvorena

Prikaz načina spajanja

	prirubnički		utaknuto		spojeno navojem
	zavareno		utaknuto i zavareno		armatura s priklju- čkom na kućište

Posude, aparati, toplinske naprave i strojevi					DIN 2481
Spojni simbol	Značenje	Spojni simbol	Značenje	Spojni simbol	Značenje
	posuda -općenito -		izmjenjivač topline s križanjem linija protoka		aparat za prosijavanje s 2 sita
	posuda s ispupčenim podnicama		izmjenjivač topline bez križanja linija protoka		aparat za prosijavanje s pogonom
	posuda s koničnim podnicama		izmjenjivač topline s ajevnim snopom s fiksniim podnicama		separator -općenito -
	kuglasta posuda		cijevni spoj s plivajućom glavom		aparat za sortiranje -općenito-
	posuda s ravnim poklopcem		izmjenjivač topline s cijevnim snopom s plivajućom glavom		separator -općenito -
	otvorena posuda s podatkom o visini punjenja		cijevni snop s U - cijevi		separator velike sile, komora za taloženje
	posuda s plivajućim krovom		izmjenjivač topline s dvostrukom cijevi		odvajač vlage
	kontejner za čvrste, tekuće i plinovite materijale		izmjenjivač topline s izvijenim cijevima		separator suhi -općenito -
	bačva, bure, bubanj		izmjenjivač topline s orebrenim cijevima		elektrostatički separator, mokri
	plinska boca		pločasti izmjenjivač topline		separator s centri- fugalnom silom (CIKLON)

	posuda s ugrađenim elementima		spiralni izmjenjivač topline		centrifuga - općenito -
	posuda s izmjenjivim podnicama - općenito -		parni kotao		centrifuga s punim omotačem
	posuda s rupičastim dnom		industrijske peći - općenito -		centrifuga sa sitastim omotačem
	posuda s čvrstim dnom		filtarski aparat - općenito -		tanjurasta centrifuga, tanjurasti separator
	posuda s omotačem		filter za tekućine - općenito -		pužna centrifuga s punim omotačem
	posuda s omotačem iz polucije		filter s čvrstom podlogom, za rastresiti sloj		pužna centrifuga sa sitom
	posuda s omotačem iz punih cijevi		trakasti filter za tekućine		centrifuga s punim omotačem, s elektromotorom
	posuda s električnim grijanjem izvana		filter za plin; filter za zrak - općenito -		mješač - općenito -
	posuda s omotačem i miješalicom, pogon elektromotorom		aparat za prosijavanje - općenito -		gnjetilica - općenito -

Računalna grafika

pojmovi i definicije

- **CAD – Computer Aided Design**

- Tehnologija orijentirana uporabi računala pri kreiranju, promjeni, analizi i optimizaciji konstrukcija.
- CAD programske aplikacije variraju od onih koje su orijentirane manipulaciji geometrijom do aplikacija prilagođenih rješavanju specifičnih konstrukcijskih problema.
- CAD se može prevesti i kao "computer-assisted ..." potpomognuto računalom, "computer-aided" računalom podržano. Akronimi koji su još u uporabi CADD "Computer-Aided Design and Drafting", računalom podržano konstruiranje (modeliranje) i crtanje, CAID "Computer-Aided Industrial Design", CAAD "Computer-Aided Architectural Design" i mnogi drugi. Svi navedeni termini su u osnovi sinonimi, ali postoje razlike u značenju i primjeni.

- **CAM – Computer Aided Manufacturing**

- Tehnologija orijentirana uporabi računala u planiranju, upravljanju i kontroli operacija za izradu proizvoda (direktno (DNC) ili indirektno (CNC)), te u području upravljanja robotima.

- **CAE – Computer Aided Engineering**

- Područje primjene ove tehnologije je u analizi CAD geometrije (kinematika, dinamika, statika (FEM – Finite Element Analysis), analize raznih strujanja (CFD - Computational Fluid Dynamics), ...).

Računalna grafika

pojmovi i definicije (2)

- **CAPP – Computer Aided Process Planning**
 - Tehnologija orijentirana uporabi računala u planiranju proizvodnje i proizvodnih procesa.
- **CIM – Computer Integrated Manufacturing**
 - Pokušaj “objedinjavanja” različitih tehnologija (CAD, CAM, CAPP, ...) uz uključivanje “neinženjerskih” područja (računovodstvo, skladište, ...).
- **Nove tehnologije:**
 - RPT – Rapid prototyping (Brza izrada prototipova),
 - VRT – Virtual prototyping (Izrada virtualnih prototipova).

Povijest CAD-a

- sredinom 1950. godine - prvi grafički sustav (SAGE – Semi Automatic Ground Environment) razvijen na MIT-u (Massachusetts Institute of Technology). Sustav je uključivao prikaz računalno obrađenih radarskih podataka na CRT monitoru.
- 1960. godine u MIT laboratorijima na TX-2 računalu razvijen SKETCHPAD koji se smatra početkom računalne grafike te prvim značajnim korakom prema CAD-u.
- Prvi CAD sustav razvijen je tijekom šezdesetih godina u GM (General Motors) pod imenom DAC (Design Automated by Computer). DAC je prvi interaktivni grafički program koji se koristio u proizvodnji.
- Tvrtka MCS (Manufacturing and Consulting Services) izrađivala programske kodove za McDonnell Douglas (Unigraphics), Computervision (CADDs), Autotrol (AD380) i Control Data (CD 200). Procjenjuje se da danas oko 70% 3D MCAD/CAM programskih aplikacija još uvijek koristi dijelove MCS originalnog koda.
- 1968. Computervision je prodao prvu komercijalnu CAD programsku aplikaciju tvrtki Xerox.

Povijest CAD-a

- Tijekom 70tih težište razvoja je bilo na automatizaciji izrade 2D crteža.
- 1973. godine Autotrol radi prvi “turnkey” grafički sustav AUTO-DRAFT.
- 70tih godina tipičan računalni sustav sastojao se od terminala (npr. Tektronix 4014) povezanog s PDP-11 mainframe računalom te 11” tableta s komandama za kreiranje geometrije.
- 1977. godine kreirana preteča današnje CATIA programske aplikacije.
- 1979. tvrtke Boeing, General Electric i NIST (National Institute of Standards and Technology) kreirali neutralni format za zapis grafičkih podataka IGES (Initial Graphic Exchange Standard). Kasnijih godina proširen je na zapis 3D podataka za žičane modele.

Povijest CAD-a

- Početkom 80tih godina pojavilo se nekoliko programskih rješenja vezano za proizvodnju (CAM – Computer Aided Manufacturing) - automatizirani neki postupci upravljanja strojevima (NC – Numeric Control).
- 1981 godine tvrtka Unigraphics prezentirala prvu programsku aplikaciju za izradu računalnog modela proizvoda uporabom krutih tijela (solid design) pod imenom UniSolids.
- Početkom 80tih tipična računalna konfiguracija za CAD je bilo 16 bitno računalo s max. 512 Kb RAM te 20 to 300 Mb diskom, a koštalo je oko 125.000,00 USD.
- Početkom 80tih osnovana je tvrtka Autodesk koja kasnije prezentira programsku aplikaciju za izradu 2D crteža pod imenom AutoCAD. Istovremeno na tržištu se pojavio CADKEY koji je omogućavao rad u prostoru (3D wireframe).

Povijest CAD-a

- 1983. godine započet razvoj standarda za razmjenu podataka između CAD programskih aplikacija STEP (STandard for the Exchange of Product model data). Prvi dostupan STEP translator objavljen 1991. (EDS Unigraphics).
- 1988. pojavio se Pro/ENGINEER - započela stvarna komercijalna uporaba krutih tijela i 3D pristupa. (U isto vrijeme pojavio se i **Parasolid**).
- 90te godine se mogu smatrati i godinama ostvarenja najvećih dosega u MCAD/CAM području. 1990 tvrtka Spatial Technologies prezentirala je **ACIS**. ACIS je sustav za podršku modeliranju krutim tijelima koji podržava zajedničku bazu za različite dijelove programske aplikacije (izrada dijelova, izrada sklopova, izrada CNC koda, kreiranje 2D crteža, itd.).
- 2000 objavljena CATIA v5 te Pro/ENGINEER 2000i.

Računalna grafika i obrada slike

- **računalna grafika** (Computer Graphics) obuhvaća stvaranje, pohranu i uporabu modela i slika objekata. Područje RG je sinteza slika na temelju računalnih modela stvarnih ili imaginarnih objekata. Modeli i objekti potječu iz različitih područja prirode, znanosti, inženjerstva, apstraktnih koncepata...
- **obradba slike** (image processing) disciplina koja radi obrnuti procesi analize scene i rekonstrukcije modela objekata.

Obrada slike

- Obrada slike obuhvaća područja:
 - poboljšanje slike (image enhancement) - razvitak i primjena tehnika poboljšanja kvalitete slike i povećanja kontrasta, detekcije,
 - prepoznavanja uzoraka (pattern detection and recognition) - otkrivanje standardnih uzoraka na slici uključujući npr. optičko prepoznavanje alfanumeričkih znakova (optical character recognition),
 - analizu scene i računalni vid (scene analysis and computer vision) - prepoznavanje i rekonstrukcija 3D modela scene na temelju više 2D slika.

Primjeri primjene računalne grafike

- Računalna grafika danas se koristi u različitim područjima gospodarstva, administracije, edukacije, zabave i svakodnevnog kućnog života.
Područje primjene se ubrzano širi s rasprostranjenošću računala.
Neki primjeri primjene računalne grafike uključuju:
 - korisnička sučelja,
 - interaktivno crtanje,
 - uredsku automatizaciju i elektroničko izdavaštvo,
 - projektiranje pomoću računala,
 - simulaciju i animaciju,
 - umjetnost,
 - trgovinu,
 - upravljanje procesima,
 - geografske informacijske sustave,
 - grafičko programiranje.

Primjeri primjene računalne grafike

- **korisnička sučelja** (većina aplikacija na osobnim računalima i na radnim stanicama imaju grafički sustav prozora putem kojeg komuniciraju s korisnicima. Primjeri takvih aplikacija uključuju obradbu teksta, stolno izdavaštvo, proračunske tablice...),
- **interaktivno crtanje** (u poslovnim, znanstvenim i tehnološkim primjenama koristi se za prikazivanje funkcija, dijagrama, histograma i sličnih grafičkih prikaza sa svrhom jasnijeg sagledavanja složenih pojava i olakšanja procesa odlučivanja),
- **uredska automatizacija i elektroničko izdavaštvo** (računarska grafika široko se koristi za izradu elektroničkih i tiskanih dokumenata),
- **projektiranje pomoću računala** (CAD danas se standardno koristi za projektiranje sustava i komponenata u strojarstvu, elektrotehnici, elektronici, telekomunikacijama, računarstvu...),

Primjeri primjene računalne grafike

- **simulacija i animacija** (za znanstvenu i inženjersku vizualizaciju i zabavu; područja primjene obuhvaćaju prikaze apstraktnih matematičkih modela vremenski promjenljivih pojava, TV i filmsku tehnologiju...),
- **umjetnost** (računalna grafika se koristi za kreiranje umjetničkih slika),
- **trgovina** (računalna grafika se koristi za vizualnu animaciju i elektroničku trgovinu),
- **upravljanje procesima** (podaci iz senzora dinamički se prikazuju u prikladnom grafičkom obliku),
- **geografski informacijski sustavi** (računalna grafika koristi se za točan prikaz geografski raspodijeljenih i rasprostranjenih sustava i mjernih podataka npr. u telekomunikacijama i telemetriji),
- **grafičko programiranje** (računalna grafika se koristi za automatizaciju procesa programiranja virtualnih sustava npr. u instrumentaciji).

Programski paketi

- Pro/ENGINEER
- CATIA
- Unigraphics
- AutoDESK Inventor
- SolidWorks
- SolidEdge
- Rhino
- SurfCAM
- 3D StudioMAX
- Maya
- ...



<http://www.autodesk.com>

<http://www.ptc.com>

<http://www.catia.com>

<http://www.unigraphics.com>

<http://www.solidworks.com>

Grafički sustavi

- dvije glavne kategorije prikaza grafike: - vektorski prikaz
- rasterski (bitmap) prikaz
- **Vektorski grafički** sustavi: razvijani od sredine 60-ih, u standardnoj uporabi do sredine 80-ih; za analogne tehnologije prikaza slike na zaslonu; osnovni element grafičkog prikaza je crta koja povezuje dvije (proizvoljno) odabrane točke na zaslonu ("vektor" ovdje označava crtu); nema mogućnosti prikaza ispunjenih površina, ali se mogu ostvariti veće rezolucije i mogu se prikazivati glatke kose linije bez prekida.
- **Rasterska grafika** (bitmap graphics, raster graphics) razvila se ranih 70-ih godina na temelju jeftine televizijske tehnologije. Relativno niska cijena rasterskih prikaznih uređaja u odnosu na dotada razvijenu vektorsku prikaznu tehnologiju učinila je računarsku grafiku široko dostupnom te omogućila njen nagli razvitak;
- Rasterski prikazni uređaji pohranjuju primitivne oblike (kao što su crte, alfanumerički znakovi, ispunjene površine) u memoriju u obliku njihovih osnovnih sastavnih slikovnih elemenata - piksela. Cjelovita slika prikazuje se na rasteru koji predstavlja niz paralelnih horizontalnih redova slikovnih elemenata, (ili pravokutnu matricu slikovnih elemenata) koji prekrivaju čitavu površinu zaslona. Pri kreiranju prikaza zraka prolazi preko svih piksela uvijek istim slijedom po svim horizontalnim redovima piksela s lijeva na desno od gornjeg do donjeg horizontalnog reda piksela.

Rasterski grafički sustavi

- **Prednosti rasterske grafike:**
 - jednostavni i jeftini otklonski sustavi (jednostavnije je realizirati otklonski sustav koji uvijek istom putanjom prelazi sve aktivne točke zaslona),
 - mogućnost prikaza površina ispunjenih bojom ili uzorkom (važno za 3D prikaze),
 - neovisnost postupka osvježavanja o složenosti slike.
- **Nedostatci rasterske grafike:**
 - računaska složenost (zbog diskretizacije slikovnih prikaza objekata),
 - diskretna narav slike (zbog zrnate strukture slike kose i zakrivljene crte su nazubljene ili stepeničaste).
- Trendovi razvitka otvorenih računalnih sustava i potreba za prenosivošću softvera doprinijeli su razvitku svijesti o prednostima uporabe dobro definiranih, standardnih metoda neovisnih o proizvođaču. Osnovne prednosti proizlaze iz sljedećih svojstva:
 - prenosivost aplikacija neovisno o sklopovlju i operacijskom sustavu,
 - prenosivost podataka između aplikacija,
 - prenosivost stručnih znanja i vještina.

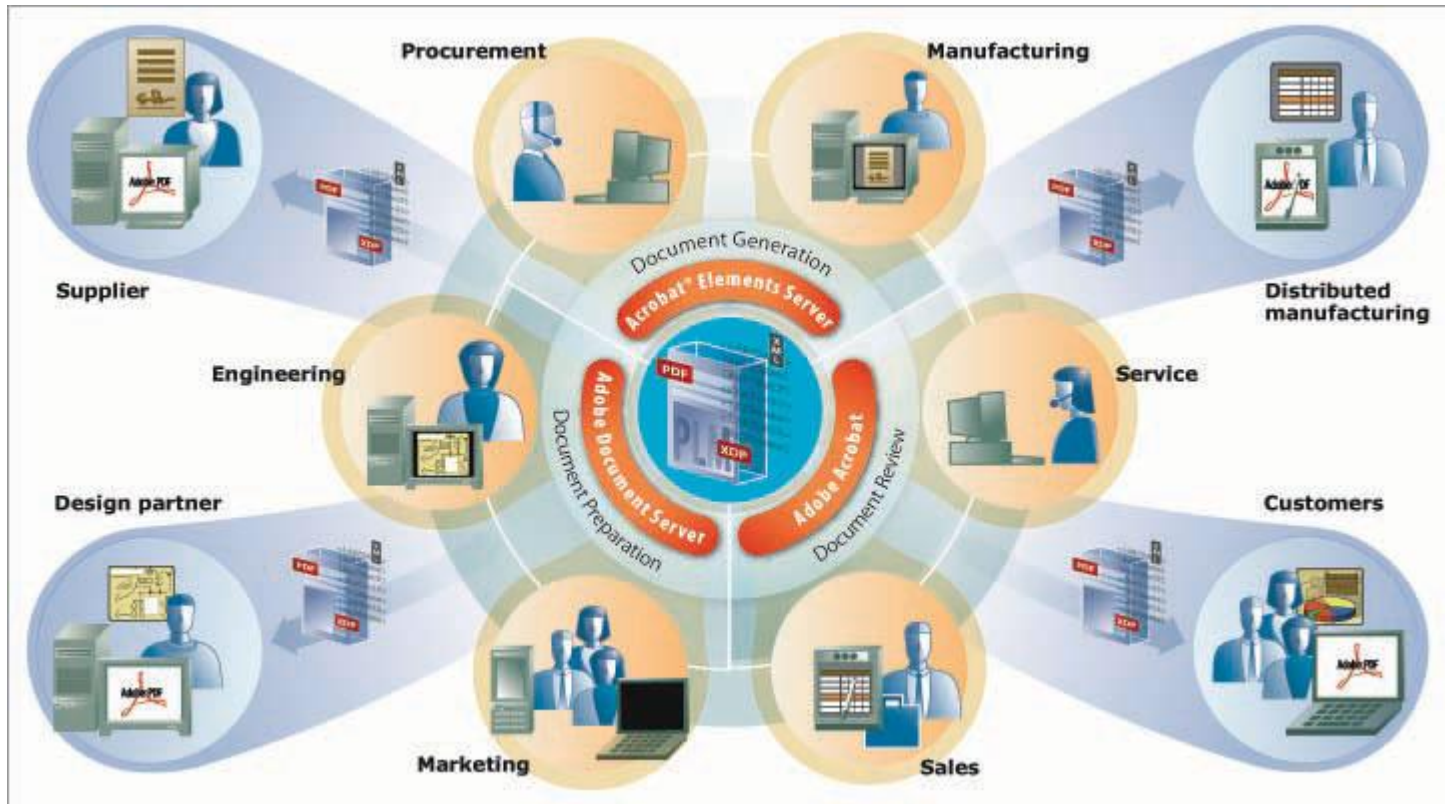
Interaktivna računalna grafika

- **Koncept interaktivnosti** - važnost komunikacije korisnika s računalom: korisnik upravlja sadržajem, strukturom i pojavom objekta i njegovih predodređenih slika uporabom ulaznih uređaja (tipkovnica, miš, zaslon osjetljiv na dodir...)
- podrazumijeva dvije razine: **sklopovsku** i **programsku** (softversku).
- **Sklopovska razina** –
 - **računalo** prima ulazne informacije od **interakcijskih uređaja** i prenosi slike **prikaznom uređaju**
- **Programska razina** –
 - **aplikacijski model** predstavlja podatke ili objekte koji se prikazuju na zaslonu;
 - **aplikacijski program** prima i obrađuje informacije od aplikacijskog modela i korisnika, razvija aplikacijski model, generira skup grafičkih izlaznih naredbi koje sadrže detaljan geometrijski opis onoga što treba prikazati kao i načina na koji se pojedini objekti prikazuju;
 - **grafički sustav** proizvodi sliku na temelju detaljnog opisa u obliku grafičkih naredbi koji generira aplikacijski program i prenosi ulaznu informaciju od korisnika aplikacijskom programu na obradu.

Grafički standardi

- Prvi međunarodni standard za računalnu grafiku izdan je 1985. godine pod nazivom **GKS** - Graphical Kernel System (GKS, IS 7942:1985); sadrži metode za 2D grafiku neovisnu o uređajima i rezoluciji.
- Na temelju iskustava s GKS standardom godine 1989. definiran je novi standard **PHIGS** - Programmer's Hierarchical Interactive Graphics System (PHIGS, IS 9592: 1989); definira složeniji grafički sustav s poboljšanom interakcijom i 3D hijerarhijskim strukturiranim modeliranjem.
- Za usporedbu različitih sustava važno je raspolagati općenitim referentnim modelom računalne grafičke aplikacije. Zbog toga je godine 1992. definiran referentni model računalne grafike **CGRM** - Computer Graphics Reference Model (ISO/IEC 11072: 1992).

Uloga geometrijskih modela



- PLM – Product Lifecycle Management – predstavlja tehnologiju upravljanja podacima, informacijama i znanjem o proizvodu i procesima tijekom čitavog životnog vijeka (od ideje do zbrinjavanja proizvoda).

Prikazne tehnologije - Tehnologije tiska

- stvaranje trajnog prikaza slike generirane računalnim grafičkim sustavom:
- **Matrični tiskač** koristi glavu sa 7 do 24 iglice koje se pojedinačno mogu pokretati i na taj način pritiskati vrpцу natopljenu tintom na površinu papira
- **Ploter** iscrtava sliku pokretanjem pera preko površine papira na proizvoljan način
- **Elektrostaticki ploter** (*electrostatic plotter*) nanosi negativni električni naboj na dijelove bijelog papira koji trebaju postati crni.
- **Tintni tiskač** (*ink-jet printer*) nanosi tintu na površinu papira. Tiskači u boji nanose cijan, magenta i žutu, a ponekad i crnu boju na papir.
- U **laserskom tiskaču** laserska zraka prelazi preko pozitivno nabijenog rotirajućeg bubnja presvučenog slojem selena. Područja preko kojih prijeđe zraka gube naboj, a pozitivni naboj ostaje samo na područjima koja trebaju postati crna.

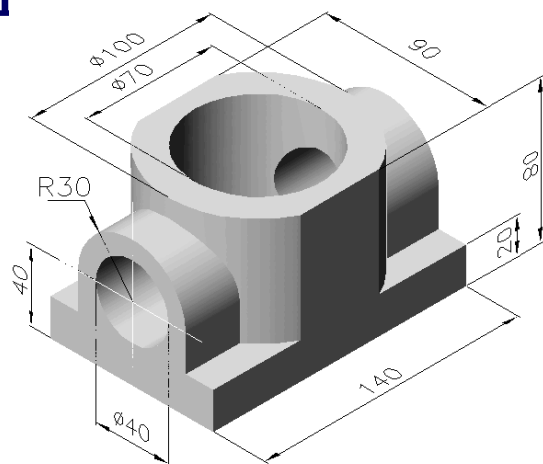
Prikazne tehnologije - Tehnologije zaslona

- **cijevi s katodnim zrakama** (katodna cijev), često se označava kraticom CRT (*cathod ray tube*) - najpoznatija i najraširenija tehnologija (danas polako izlazi iz upotrebe)
- prikazni uređaj s **tekućim kristalom LCD** (*liquid-crystal display*) vrlo je popularna za prenosiva računala zbog znatno manjih dimenzija, težine i potrošnje energije od CRT uređaja
- **Plazma panel** (*plasma panel*) je struktura malih neonskih žarulja koje se mogu selektivno paliti i gasiti matričnim adresiranjem pomoću vertikalne i horizontalne rešetke
- **Elektroluminiscentni prikazni uređaji** (*electroluminiscent display*) sastoje se od slične rešetkaste strukture kao i LCD uređaji.

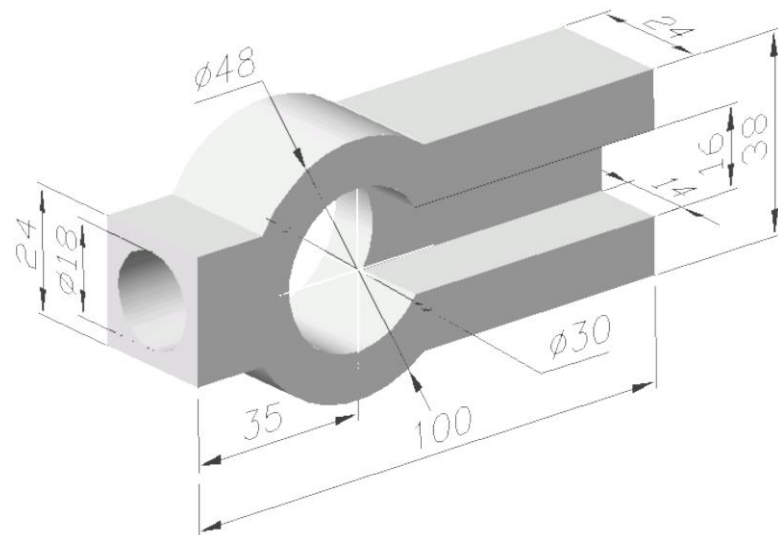
Primjeri zadatka za samostalno skiciranje 1

Nacrtati nacrt, tlocrt i bokocrt prikazanih predmeta.

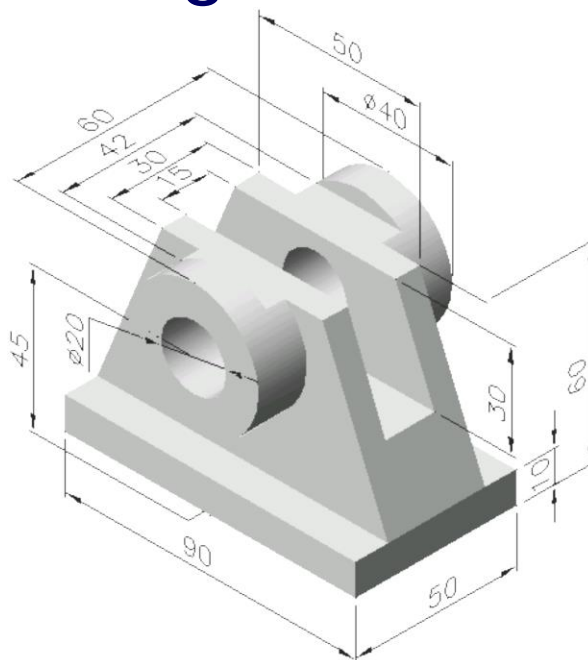
1



2



3

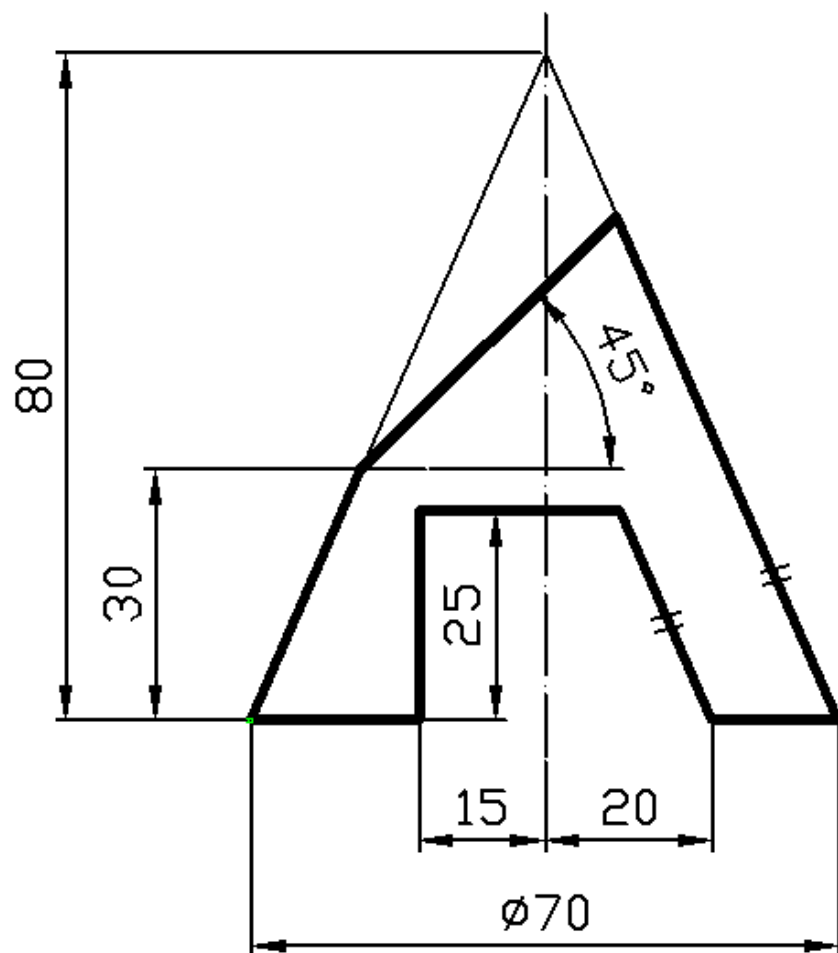


20.

50

Primjeri zadatka za samostalno skiciranje 2

Rotacijski stožac presječen ravninama nacrtati u:



a) nacrtu, tlocrtu i bokocrtu

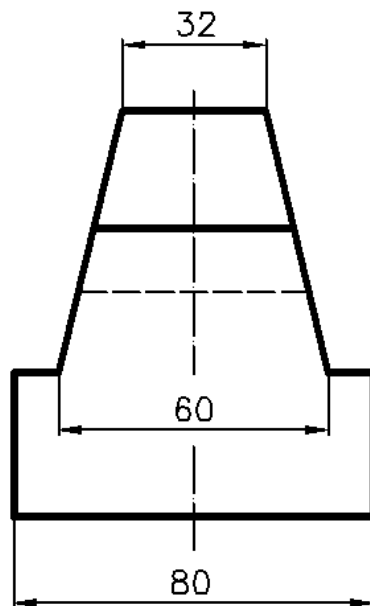
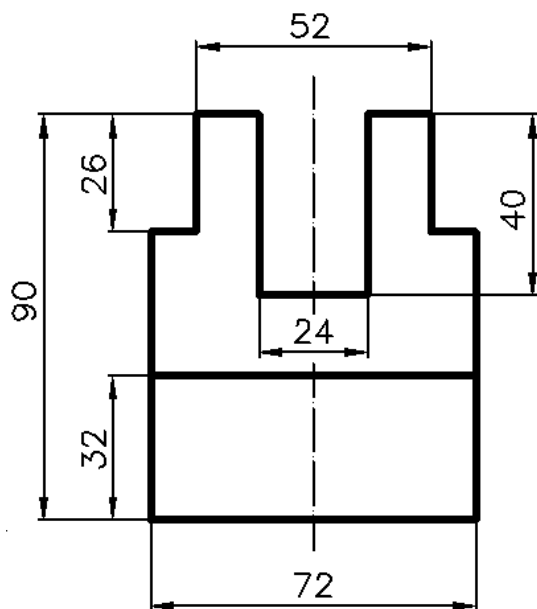
b) kosoj projekciji

c) izometrijskoj projekciji

Primjeri zadatka za samostalno skiciranje 3

Predmet zadan pod 1) ili 2) nacrtati u aksonometrijskoj projekciji po izboru.

1)



2)

