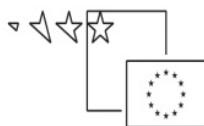




REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA ŠOLSTVO IN ŠPORT



Naložba v vašo prihodnost
OPERACIJO DELNO FINANCIRA EVROPSKA UNIJA
Evropski socialni sklad

TEHNIČNO RISANJE IN DOKUMENTACIJA

IVAN JOVAN

Višješolski strokovni program: Varstvo okolja in komunala
Učbenik: Tehnično risanje in dokumentacija
Gradivo za 1. letnik

Avtor:

Mag. Ivan Jovan, univ. dipl. inž.
ŠOLSKI CENTER VELENJE
Višja strokovna šola



Strokovni recenzent:

Viljem Osojnik, univ. dipl. inž.

Lektorica:

Alenka Šalej, prof. slov. in ped.

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

Izdajatelj: Konzorcij višjih strokovnih šol za izvedbo projekta IMPLETUM
Založnik: Zavod IRC, Ljubljana.
Ljubljana, 2011

Strokovni svet RS za poklicno in strokovno izobraževanje je na svoji ____ seji dne ____ na podlagi 26. člena Zakona o organizaciji in financiranju vzgoje in izobraževanja (Ur. l. RS, št. 16/07-ZOFVI-UPB5, 36/08 in 58/09) sprejel sklep št. _____ o potrditvi tega učbenika za uporabo v višješolskem izobraževanju.

© Avtorske pravice ima Ministrstvo za šolstvo in šport Republike Slovenije.

Gradivo je sofinancirano iz sredstev projekta Impletum 'Uvajanje novih izobraževalnih programov na področju višjega strokovnega izobraževanja v obdobju 2008-11'.

Projekt oz. operacijo delno financira Evropska unija iz Evropskega socialnega sklada ter Ministrstvo RS za šolstvo in šport. Operacija se izvaja v okviru Operativnega programa razvoja človeških virov za obdobje 2007-2013, razvojne prioritete 'Razvoj človeških virov in vseživljenjskega učenja' in prednostne usmeritve 'Izboljšanje kakovosti in učinkovitosti sistemov izobraževanja in usposabljanja'.

Vsebina tega dokumenta v nobenem primeru ne odraža mnenja Evropske unije. Odgovornost za vsebino dokumenta nosi avtor.

KAZALO VSEBINE

1	TEHNIČNO KOMUNICIRANJE IN STANDARDI	5
1.1	TEHNIČNO KOMUNICIRANJE	5
1.2	STANDARDIZACIJA	6
1.2.1	Mednarodne in evropske organizacije za standardizacijo	6
1.2.2	Prednosti standardizacije in tipizacije	6
1.2.3	Slovenski standard	6
1.3	SKLICEVANJE NA STANDARDE V PREDPISIH	7
2	TEHNIČNO RISANJE	9
2.1	UVOD V TEHNIČNO RISANJE IN VRSTE RISB	9
2.2	MERILO RISANJA	11
2.3	FORMATI RISB ZA PRIKAZ	11
2.4	STANDARDNA ŠTEVILA	12
2.5	VRSTE IN UPORABA ČRT	13
2.6	OPREMA RISBE	14
2.7	TEHNIČNA PISAVA	15
2.8	PROJEKCIJA IN VRSTE PROJEKCIJ	15
2.8.1	Aksonometrične projekcije	16
2.8.2	Centralna projekcija	17
2.8.3	Ortogonalna Mongeova projekcija	18
2.9	KOORDINATNI SISTEM	19
2.9.1	Kartezični ali pravokotni koordinatni sistem	19
2.9.2	Polarni koordinatni sistem	19
2.9.3	Absolutne in relativne koordinate	20
2.10	KOTIRANJE DIMENZIJ	20
2.10.1	Zaporedno in vzporedno kotiranje	21
2.10.2	Uporaba znakov Φ in \square	21
2.10.3	Kotiranje krogov in krožnih lokov	21
2.10.4	Kotiranje nagiba in konusa	22
2.11	PREREZI IN ŠRAFARE	22
2.12	TOLERANCE	24
2.12.1	Lega tolerančnega polja	25
2.12.2	Podajanje toleranc na risbah	25
2.13	UPORABA GRAFIČNIH SIMBOLOV	26
3	RISANJE Z RAČUNALNIŠKIM ORODJEM - SOLIDWORKS	28
3.1	OSNOVE RISARSKEGA PROGRAMA SOLIDWORKS 2009	28
3.1.1	Skice – osnovni risarski gradnik	29
3.1.2	Ravnine in večplastnost	30
3.1.3	Črte	30
3.1.4	Krogi in krožni loki	31
3.1.5	Štirikotnik in mnogokotniki	31
3.1.6	Črte in loki	32
3.1.7	Krivulje	33
3.1.8	Besedilo	33
3.1.9	Relacije med narisanimi elementi	34
3.1.10	Vidno polje, približevanje, rotacija in pogledi	34
3.1.11	Izbira in brisanje elementov	35
3.1.12	Mreža in prijemanje na značilne točke (<i>Grid, Snap</i>)	35
3.2	OSNOVNE OPERACIJE NAD SKICAMI	36
3.2.1	Rezanje (<i>Trim</i>)	36
3.2.2	Podaljševanje (<i>Extend</i>) in razcepljanje (<i>Split</i>)	37
3.2.3	Zakroževanje (<i>Fillet</i>) in posnemanje robov (<i>Chamfer</i>)	37
3.2.4	Rotacija in spreminjanje velikosti	38
3.2.5	Premikanje in kopiranje	39
3.2.6	Kopija z odmikom (<i>Offset</i>)	39
3.2.7	Zrcaljenje (<i>Mirror</i>)	40
3.3	KOTIRANJE	41
3.3.1	»Pametno« kotiranje (<i>Smart Dimension</i>)	41

3.3.2	Kotiranje poševnih črt in kotiranje točk	41
3.3.3	Kotiranje krogov, lokov in kotov med črtami	42
3.3.4	Lastnosti kot in uporaba stila kotiranja	43
3.3.5	Zaporedne kote.....	43
3.3.6	Popolno definirana skica	44
3.3.7	Tehniški prikaz risbe	44
3.4	KRATEK VODIČ RISANJA S SOLIDWORKSOM	45
4	DOKUMENTIRANJE	52
4.1	PROJEKTNÁ DOKUMENTACIJA.....	52
4.2	TEHNIČNA DOKUMENTACIJA	53
4.3	UPRAVLJANJE IN SHRANJEVANJE DOKUMENTACIJE.....	54
4.3.1	Upravljanje dokumentacije	54
4.3.2	Shranjevanje dokumentacije	55
4.3.3	Dokumentiranje in ekologija.....	56
5	LITERATURA	58

PREDGOVOR



Nagovor študentkam in študentom!

Učbenik je namenjen vam, ki ste se odločili študirati na višji strokovni šoli, da bi pridobili nova tehniška znanja in si s tem izboljšali tehnično komuniciranje. Učno gradivo je pripomoček k vašemu študiju pri predmetu Tehnično risanje in dokumentacija, vsekakor pa je lahko tudi študijska literatura za druge predmete med vašim študijem.

Vsebina je sestavljena iz različnih virov, ki so dosegljivi v knjižni, publikacijski, spletni ali drugi obliki. Uporabil sem tudi svoje izkušnje dela v podjetju kot tehnolog in konstruktor ter večletno poučevanje tehničnih predmetov. Prvi namen učbenika je, da v združeni obliki predstavi pravila tehničnega izražanja, predvsem z risanjem načrtov. Podane so temeljne iztočnice, ki so potrebne, da nekdo, ki do tega študija ni bil deležen večjega tehničnega izobraževanja, lahko pridobi znanje za razumevanje in ustvarjanje načrtov.

V začetnem delu je predstavljena tehnična komunikacija kot eden od načinov medčloveškega sporazumevanja in standardizacija, ki je sploh osnova vsega tehničnega prikazovanja predmetov in s tem komuniciranja. Sledi obsežno poglavje, v katerem so prikazani bistveni elementi, ki jih moramo upoštevati in poznati, če želimo ustvariti ali prebirati tehnične načrte. V mnogih primerih se učbenik sklicuje na standard - za bolj podrobno poznavanje je potrebno pridobiti vpogled v navedeni standard.

V poglavju Predstavitev programskega orodja za tehnično risanje so prikazane osnove in način uporabe risarskega orodja SolidWorks. Predstavljene so le najbolj uporabne veščine za preproste dvodimenzionalne tehniške risbe. Za nadaljevanje pridobivanja znanja morate poiskati ustrezne priročnike in video vodiče za SolidWorks. Dodan je tudi kratek slikovni vodič za lažje uvajanje začetnikov uporabe SolidWorksa.

Zadnje poglavje predstavlja dokumentacijo kot proces, ki ga mora imeti vsaka organizacija zaradi predpisov in lastnega delovanja. Predstavljena je projektna dokumentacija kot zakonsko predpisana oblika dokumentiranja. Spoznali boste sisteme upravljanja in hranjenja dokumentacije.

Poglavja se začnejo z motivacijskim vložkom, ki naj v vas sproži iskrico, da vztrajate do konca poglavja. To se konča s kratkim izvlečkom in vprašanji za utrjevanje znanja. Med poglavjem vam vzbujajo pozornost pasice, v katerih je navedeno zelo strnjeno bistvo. Vaša naloga je, da to znanje aplikativno uporabite za svojo in družbeno korist.

V Velenju, maj 2011

mag. Ivan Jovan

1 TEHNIČNO KOMUNICIRANJE IN STANDARDI

Impulz

- ✓ Podjetje proizvaja izdelek, ki ga je potrebno pred uporabo sestaviti po priloženem načrtu. Eni skupini kupcev pomeni sestavljanje veliko težav ali celo dodatni strošek, drugi skupini pa ne? Zakaj? Bi si želeli biti v drugi skupini!
- ✓ V podjetju uporabljajo stroj, ki je izdelan v Franciji. Med delovanjem je poškodovalo zaščitni pokrov stroja pritrjen z vijaki. Vas zanima, zakaj so lahko ustrezne vijake kupili v bližnji tehnični trgovini, pokrova pa ne?

1.1 TEHNIČNO KOMUNICIRANJE

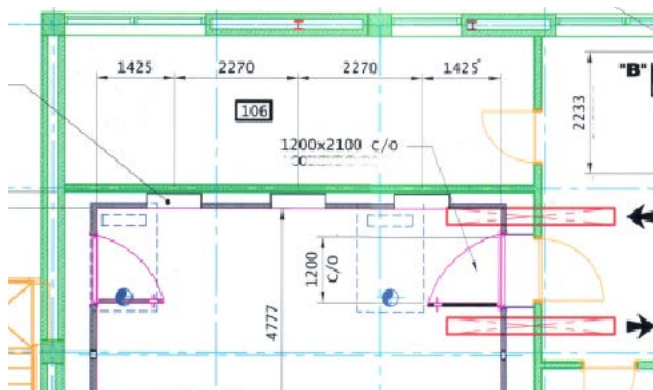
Tehnična komunikacija je proces posredovanja informacij o tehnologiji za določeno ciljno skupino. Tehnični komunikator je oseba, ki pozna pravila tehničnega komuniciranja. Ta zvrst komunikacije danes vsebuje znanost, visoko tehnologijo in informatiko s področja, za katera se komunikacija izvaja. Dobra komunikacija hitro desiminira tehnično informacijo med uporabnike (Walsh, 2010).

Tehnična komunikacija zahteva natančnejša pravila komuniciranja kot splošna komunikacija. Poleg jezikovnega razumevanja vsebuje ta zvrst komunikacije še tehnične zakonitosti, v obliki dogovorov. Natančni dogovori oz. standardi napravijo razumevanje sporočila enoumno. Tehnična komunikacija razrešuje nastale težave, realizira ideje ali vzdržuje proizvodne procese.

Izgovorjena ali zapisana beseda ne zadostuje vselej za vsa področja medsebojnega sporazumevanja. Še posebej to velja za tehnično področje. V takšnih primerih se sporazumevamo z risbo. Če je risba risana po natančno določenih pravilih, govorimo o tehničnem risanju (slika 2). V nasprotju s tehniškimi so umetniške risbe (slika 1) narejene z veliko bolj ohlapnimi pravili, zato ni možno enoznačno razumevanje narisane predmeta.



Slika 1: Umetniško risanje
Vir: Lasten



Slika 2: Tehniška risba
Vir: Lasten

Tehnično risanje je eden od pomembnih pripomočkov pri načrtovanju proizvodnje, kreiranju in oblikovanju novih produktov, izgotoviti izdelkov, uporabi aparatur, strojev in pripomočkov. Vsaka črta pri risanju ima svoj pomen, vsaka ploskev je točno preračunano omejena in vsaka mera mora biti natančno prikazana. Risba prikazuje racionalno število elementov, ki enoznačno predstavljajo narisani predmet. S pomočjo tako natančne risbe lahko izdelamo predmet, izvršimo montažo narisane naprave, izdelamo elektroinstalacijo, izvedemo servisni poseg na določeni napravi. Vse to pa je možno le, če znamo risbo pravilno prebrati.



Tehnična komunikacija zahteva standardiziran prikaz podatkov.

1.2 STANDARDIZACIJA

Standard je dogovor o obliki, velikosti, kakovosti, metodi preizkušanja, poimenovanju in podobnih dogovorjenih znakih ter velikostih za najrazličnejše izdelke. Z razvojem industrije se je standardizacija razvijala iz prvotnega tovarniškega standarda v državnega in končno v mednarodni dogovor. Glede na to ločimo tri stopnje standardizacije:

- **tovarniški standardi** kot dogovor oz. predpis znotraj podjetja,
- **državni standardi** kot dogovor oz. predpis za območje države – DIN (Nemčija), GOST (Rusija), ANSI (Amerika) in
- **mednarodni standardi**, ki jih izdajajo mednarodne organizacije. Veljajo znotraj več držav, kontinenta ali celega sveta.



1.2.1 Mednarodne in evropske organizacije za standardizacijo

- **ISO** (*International Organization for Standardization*) pripravlja in izdaja mednarodne standarde na splošno tehničnem področju, <http://www.iso.org>
- **ASTM** (*American Society for Testing and Materials*) razvija mednarodne standarde za materiale, izdelke, servis, konstrukcije, transport in proizvodnjo, <http://www.astm.org/>
- **IEC** (*International Electrotechnical Commission*) pripravlja in izdaja mednarodne standarde s področja elektrotehnike, <http://www.iec.ch/>
- **CEN** (*Comité Européen de Normalisation*) pripravlja in izdaja evropske standarde na splošno tehničnem področju, <http://www.cen.eu>
- **CENELEC** (*Comité Européen de Normalisation Electrotechnique*) pripravlja in izdaja evropske standarde s področja elektrotehnike, <http://www.cenelec.eu>
- **ETSI** (*European Telecommunications Standards Institute*) pripravlja in izdaja evropske standarde s področja telekomunikacij, <http://www.etsi.org>

1.2.2 Prednosti standardizacije in tipizacije

Omogočata hitro in zanesljivo zamenjavo poškodovanih ali izrabljenih delov. Proizvodni proces se poenostavlja, znižujejo se proizvodni stroški in poraba energije. Omejuje število vrst in velikosti delov in omogoča organizacijo množične proizvodnje. Standardizacija in tipizacija olajšata delo konstruktorju, ker se lahko posveti problemom konstruiranja, ta standardnih delov ne riše, ampak izbira najugodnejše elemente, ki jih bo vgradil v svojo konstrukcijo. Poenostavlja se raba naprav, ki so istega tipa, a različnih velikosti, in tudi proizvodnjo le teh. Omogočata izbiro ali uporabo izdelkov različnih proizvajalcev in s tem posredno vpliva na tržno konkurenco. Tipizacija in standardizacija je proces, ki se nenehno spreminja in prilagaja trenutnim potrebam in tehničnim dosežkom človeštva.

Ko govorimo o standardizaciji, moramo omeniti tudi pojem tipizacija. Pri procesu tipizacije iz množice različnih elementov, ki opravljajo podobne funkcije, izberemo enega ali nekaj najbolj značilnih elementov. Izbrani elementi postanejo tipični elementi in nadomestijo vse ostale, ki jih opustimo.

1.2.3 Slovenski standard

Slovenski inštitut za standardizacijo (**SIST**). Slovenski nacionalni organ za standarde je odgovoren za vzpostavitev, vodenje in vzdrževanje nacionalnega sistema standardizacije, ki je mednarodno primerljiv. Zagotavlja vsem zainteresiranim slovenske nacionalne in druge standarde, predstavlja Slovenijo v mednarodnih in evropskih organizacijah za standardizacijo ter omogoča ustvarjalno sodelovanje vseh zainteresiranih v Sloveniji pri zastopanju nacionalnih interesov v procesu evropske in mednarodne standardizacije. Standarde SIST lahko iščemo v spletnem katalogu, <http://www.sist.si>.

Slovenski standardi so praviloma prevzeti mednarodni ali evropski standardi. Označujejo se s kratico SIST in dodatno oznako, ki je enaka oznaki prevzetega standarda.

Primer: **SIST ISO 14015**



Slovenski standard prevzema mednarodne predpise.

1.3 SKLICEVANJE NA STANDARDE V PREDPISIH

Standard je neobvezen dokument. Določbe tehničnih predpisov, s katerimi zakonodajalci urejajo posamezna področja, pogosto vključujejo tudi sklicevanje na slovenske nacionalne standarde. Zakonodajalci uporabijo standard v tehničnem predpisu namesto podajanja podrobnih strokovno tehničnih določil, ki jih vsebuje standard. V tem primeru pa standard standarda postane obvezen dokument in ga tako postavi v drugačno luč. V Sloveniji omogoča sklicevanje na standarde v tehničnih predpisih naslednja zakonodaja (Nikolič, 2010).

- **Zakon o standardizaciji**

V 23. členu zakon določa, da je uporaba slovenskih nacionalnih standardov SIST prostovoljna, razen če je obvezna uporaba SIST določena s predpisom. Zakon tudi zahteva, da se mora predpis, ki določa obvezno uporabo standarda, sklicevati na slovenski nacionalni standard SIST (Zakon o standardizaciji, 1999).

- **Zakon o tehničnih zahtevah za proizvode in ugotavljanju skladnosti**

Zakon v 5. členu pravi, da se s tehničnim predpisom lahko določi oz. domneva, da je proizvod skladen z zahtevami tehničnega predpisa, če ustreza zahtevam neobveznih standardov, na katere se tehnični predpis sklicuje. Če se tehnični predpis sklicuje na standarde v skladu s prejšnjim odstavkom, mora minister, pristojen za izdajo posameznega tehničnega predpisa, v soglasju z ministrom, pristojnim za trg, objaviti seznam standardov, katerih uporaba ustvari domnevo o skladnosti (Zakon o tehničnih zahtevah, 1999).

Glede na natančnosti sklicevanja na standarde v tehničnih predpisih razlikujemo tri možnosti (Sterle, 2005):

- **Datirano sklicevanje:** pri tem sklicevanju se navede oznaka standarda in letnica (Npr. SIST EN ISO 707:1999). Če je med izpolnjevanjem tehničnega predpisa prišlo do popravljene izdaje standarda, se sme popravek uporabiti samo, če se ustrezno spremeni tudi predpis.

- **Nedatirano sklicevanje:** v tem primeru se tehnični predpis sklicuje samo na standard (Npr. SIST EN 61140) brez navajanja letnice. Za izpolnjevanje določb tehničnega predpisa se uporabijo poznejše popravljene izdaje standarda, ne da bi se moral pred tem spremeniti tehnični predpis.

- **Splošno sklicevanje:** če se v tehničnih predpisih sklicuje na predpisane tehnične zahteve oz. se navajajo vsi standardi določenega organa ali vsi standardi na določenem področju, ne da bi jih posamezno navedli, govorimo o sklicevanji na splošno klavzulo - "stanje tehnike". Uporabnik mora ugotoviti, kaj "stanje tehnike" na posameznem področju v nekem obdobju zajema. Proučiti mora vse tehnične specifikacije, ki obstajajo na tem področju. Izpolnjevanje "stanje tehnike" lahko oceni le tehnični izvedenec za posamezni primer.



Tehnični predpis postavi uporabo standarda kot obvezo.

Povzetek

Standard je dogovor, ki določa lastnosti izdelkov in procesov na svetovnem ali regionalnem področju. Značilnost za standarde je, da se s časoma spreminjajo oz. posodablajo, sledijo novim zahtevam tržišča ali obče skupnosti. Standardi prinašajo velike prednosti pri racionalizaciji proizvodnje, varovanju okolja, vzdrževanju sredstev, trgovine ... Uporaba standardna na splošno ni obvezna, razen če ga ne predpiše državni ali mednarodni organ za določeno področje.

Praktični primer: **pomanjkanje standarda**

Proizvajalci mobilnih telefonov uporabljajo različne priključke za polnilce akumulatorske baterije (slika 3). S tem uporabnikom različnih mobilnikov onemogočajo, enostavno medsebojno uporabo ali menjavo telefonov. Zaradi ogromnega števila različnih izdelkov, ki opravljajo isto funkcijo, se okolje po nepotrebnem obremenjuje z množico odpadkov. Na tem področju do sedaj ni bilo nobenega predpisa, ki bi zahteval standardiziran priključek. Evropska unija zahteva od proizvajalcev mobilnikov, da se do leta 2012 dogovorijo in standardizirajo enoten priključni vmesnik.



Slika 3: Različni priključki za polnjenje mobilnega telefona
Vir: <http://www.chinabuy.com/cell-phone-accessories/> (12.05.2010)

Vprašanja za utrjevanje znanja: **osnovna raven**

1. Kakšne so značilnosti tehničnega komuniciranja?
2. Kakšna je razlika med umetniškim in tehničnim risanjem?
3. Kaj je standard?
4. Kaj je ISO?
5. Opiši pomen standardizacije.
6. Kakšna je oznaka za slovenske standarde?
7. Kakšna so lahko sklicevanja na standard?

Vprašanja za utrjevanje znanja: **višja raven**

1. Kakšna je razlika med tehničnim in splošnim komuniciranjem?
2. Naštej in kratko opiši najbolj pomembne mednarodne organizacije za standardizacijo.
3. Opiši značilnosti in namen organizacije ISO.
4. Kaj je datirano in kaj ne datirano sklicevanje na standard?
5. Opiši značilnosti in namen slovenskega instituta za standardizacijo.

2 TEHNIČNO RISANJE

Impulz

- ✓ Imate idejo za čudoviti izdelek, ki ga ne morete izdelati sami. Treba je napraviti tehnično risbo, po kateri bo nekdo vašo idejo uresničil v izdelek. Če tehnično risbo izdelate sami, bo razlika med idejnim realnim izdelkom manjša.
- ✓ Na svetovnem spletu najdete opis rešitve vašega tehničnega vprašanja. Opisni del rešitve dobro razumete, iz narisane načrta pa ne razberete tehničnega dela rešitve. Bi si želeli dvigniti raven tehničnega komuniciranja?

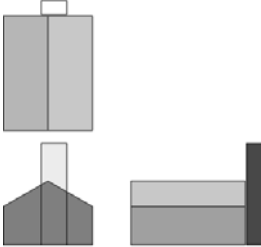
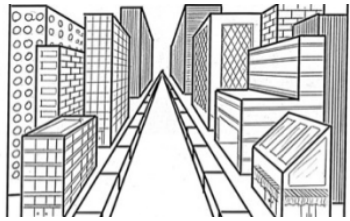
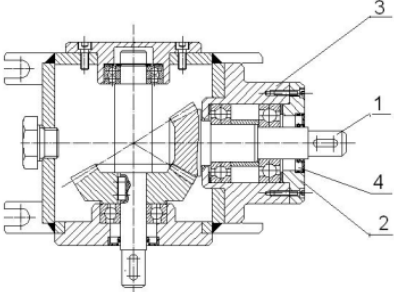
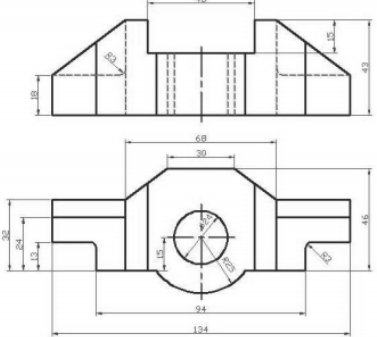
2.1 UVOD V TEHNIČNO RISANJE IN VRSTE RISB

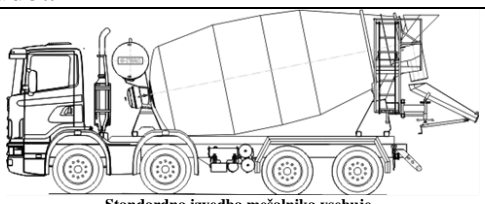
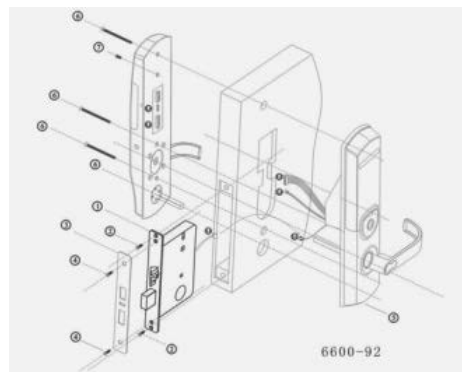
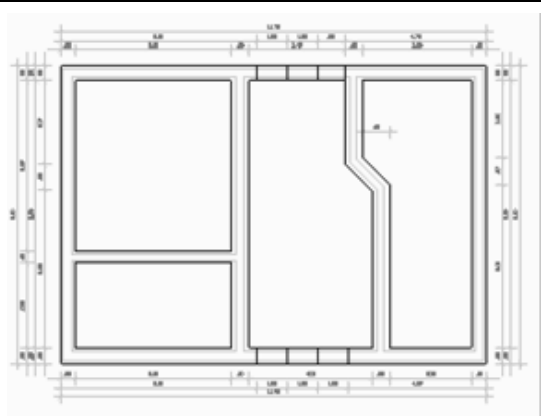
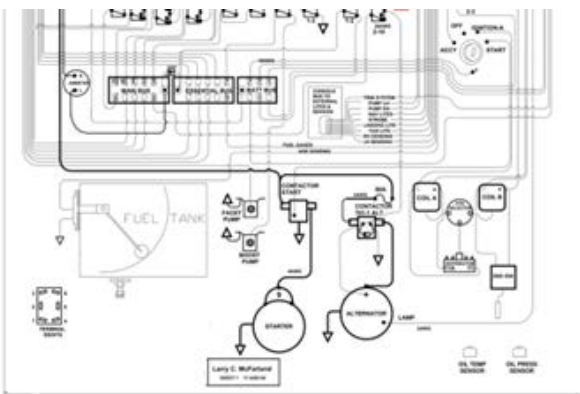

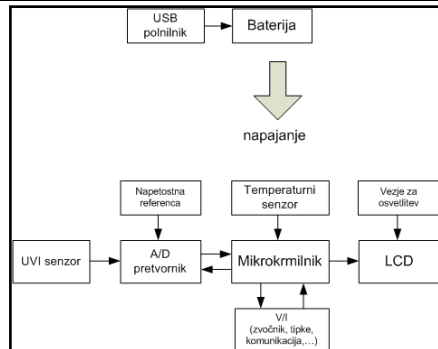
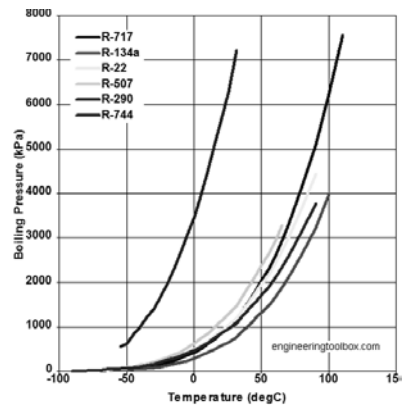
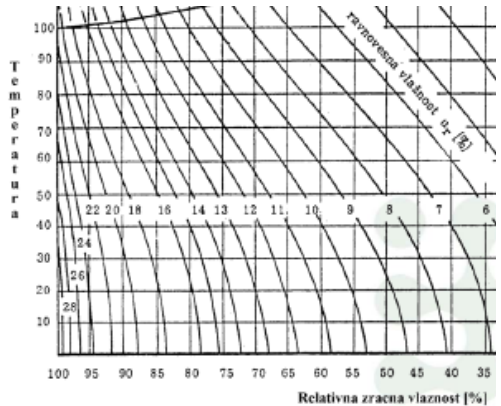
Tehnično risanje je ena od inženirskih veščin kreiranja in oblikovanja tehničnih elementov na različnih področjih, kot so arhitektura, gradbeništvo, strojništvo, elektrotehnika ... Osnovni principi tehničnega risanja so definirani v standardih: SIST ISO 128, ki določa risarske elemente, načine risanja in poglede na risarski objekt v tehničnih načrtih ter SIST ISO 129, ki določa pravila podajanja dimenzij. Pri risanju moramo upoštevati še množico drugih standardov, ki veljajo za določeno specifično območje. Primer: SIST ISO 406 določa načine podajanja toleranc na risbah.

Tehnične risbe pokrivajo številna področja konstruiranja in oblikovanja izdelkov, naprav in procesov. So podlaga za različne poslovne dejavnosti gospodarskih subjektov in so del tehničnega komuniciranja. Poimenovanje posameznih oblik tehniških načrtov je definirano po standardu SIST ISO 10209. Glede na vlogo in namen uporabe lahko razdelimo tehnične načrte v različne zvrsti (tabela 1).

Tehnično risanje je standardizirana oblika prikaza izdelkov in procesov.

Tabela 1: Razvrstitev tehničnih risb po načinu prikazovanja, vsebini in namenu

Delitev po načinu prikazovanja predmetov	
Ortogonalna risba , osnovni način tehničnega risanja	Aksonometrična risba , prikazuje predmet v treh dimenzijah.
	
Delitev po vsebini	
Sestavna risba prikazuje sestavo celotnega stroja ali naprave	Delavniška risba je namenjena izdelavi predmeta in ima ves potreben merski opis
	

Delitev po namenu	
<p>Ponudbena risba je lahko priloga pisnim ponudbam</p>  <p>Standardna izvedba mešalnika vsebuje.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pomožni vzdolžni okvir na šasiji vozila po zahtevah proizvajalca šasije vozila 2. Dno bobna – 6 mm St 52,3 (DIN), 8 mm St 52,3 (DIN) za modele nad 13 m³ ostali plašč bobna –4,5 mm, mešalna spirala –4,5 mm, TBL2A (TYSSEN – GERMANY) ostale drsne pločevine: lijak, hlače in korito –3mm TBL2A (TYSSEN – GERMANY) 3. »T« - zaščita spiral 30x6 	<p>Montažna risba za sestavljanje in postavljanje naprave na mestu uporabe</p> 
<p>Risba temelja za izdelavo temeljev</p> 	<p>Inštalacijska risba za napeljavo cevnih in električnih vodov</p> 
<p>Situacijska risba: razporeditev strojev ali zgradb v določenem prostoru</p> 	<p>Shematska risba: posamezni deli so risani s pomočjo simbolov in znakov</p> 
<p>Diagram grafično prikazuje funkcijske odvisnosti dveh veličin</p> 	<p>Nomogram: direktno odčitavamo rezultate, namesto da bi jih računali po enačbi</p> 

Kakšno zvrst risbe narišemo, je predvsem odvisno od namena uporabe. Če želimo prikazati delovanje naprave v medsebojni odvisnosti dveh fizikalnih velikosti, bomo to prikazali v diagramu. Če želimo napravo prikazati na ilustracijskem prospektu, bomo izrisali aksonometrično risbo. Da omogočimo razumevanje sestave naprave, moramo to prikazati v montažni risbi. Elektro-energetsko napeljavo naprave prikažemo v inštalacijski risbi. Če pa želimo izdelati posamezne dela naprave moramo to prikazati v delavniških risbah.

Prav tako je z namenom pogojena tudi natančnost risanja, saj mora biti izris delavniške risbe brezhiben, medtem ko je lahko ponudbena risba bistveno manj natančno izrisana. Standard ISO 10209 dopušča tudi skice (*sketch*), ki so risane prostoročno. Takšne tehnične risbe so namenjene hitrim rešitvam ali beleženju trenutnih idejnim zamislim. Ne glede na vrsto risbe moramo pri vseh upoštevati pravila tehniškega risanja, ki so standardizirana.



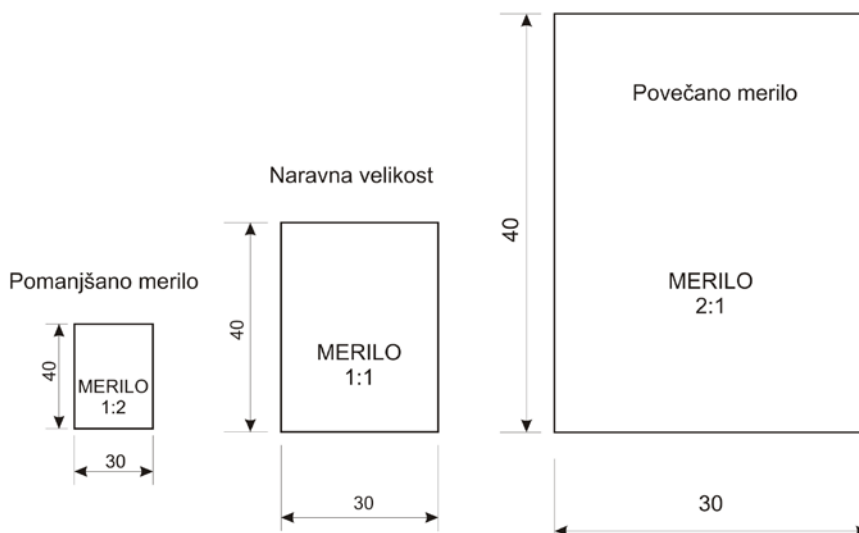
Vrsta risbe je pogojena z namenom njene uporabe.

2.2 MERILO RISANJA

Risanje risb v določenem merilu pomeni, da so vse mere realnega predmeta v enakem razmerju kot na risbi. Risba je običajno risana v enem merilu. Izbrano merilo vpišemo v glavo risbe. Če se posamezni deli risbe narišejo v drugačnem merilu, moramo to na risbi ustrezno označiti. Merilo je razmerje med narisano mero in naravno velikostjo.

$$\text{merilo} = \frac{\text{narisana_mera}}{\text{naravna_velikost}}$$

Izbira merila ni poljubna, ampak izbiramo med standardnimi merili. Če je mogoče, rišemo v **naravni velikosti** v merilu 1:1. Predmet, narisani v naravni velikosti, je najlažje predstavljen. Pri risanju velikih predmetov uporabljamo merila za **pomanjšanje** 1 : 2, 1 : 5, 1 : 10, 1 : 20, 1 : 50, 1 : 100 ... Pri risanju majhnih predmetov uporabljamo merila za **povečanje** 2 : 1, 5 : 1, 10 : 1, 20 : 1, 50 : 1, 100 : 1 ...

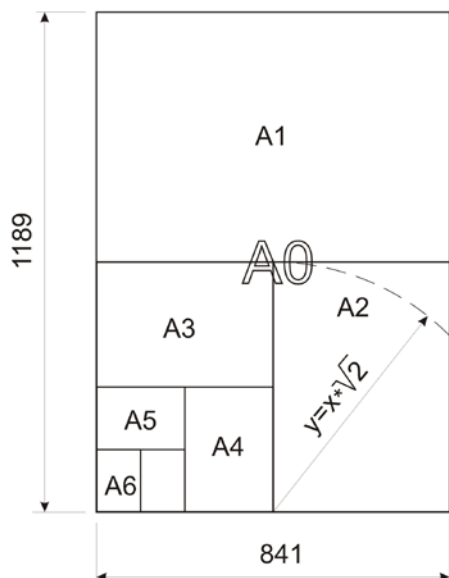


Slika 4: Merila risanja
Vir: Lasten

2.3 FORMATI RISB ZA PRIKAZ

Format risbe določa standard SIST ISO 5457. Definirani sta oblika in velikost papirja. Standard oblike kategorizira v skupine, ki jih označujemo z velikimi tiskanimi črkami

A, B, C ... Standardiziran format tehniške risbe omogoča enostavno prenašanje in hranjenje, če je v papirnati obliki. V digitalni obliki format risbe nima posebnega pomena razen, na izbiro merila risanja. V tehniškem risanju uporabljamo v glavnem formate skupine A. Formati skupine A so pravokotne oblike z razmerjem stranic $\frac{a}{b} = \frac{1}{\sqrt{2}}$. Največji format je A0 s površino 1m^2 . Manjši format A1 dobimo z razpolavljanjem večjega po daljši stranici (slika 4).



Slika 5: Formati risb skupine A

Vir: Lasten

Tabela 2: Velikosti formata risb

Oznaka	Mere [mm]	Površina [m^2]
A0	841 X 1189	1
A1	594 X 841	$\frac{1}{2}$
A2	420 X 594	$\frac{1}{4}$
A3	297 X 420	$\frac{1}{8}$
A4	210 X 297	$\frac{1}{16}$

Vir: Prirejeno po: (Glodež, 2005, str. 12)



Izbira formata je odvisna od merila risbe.

2.4 STANDARDNA ŠTEVILA

Standardna števila omogočajo standardizirati veličine za mere, tlake, kote, obremenitve ... Standardizirana so po standardu ISO 3. Uporaba standardnih števil pomeni, da pri izbiri vrednosti posameznih veličin pri konstruiranju izdelkov ali procesov težimo k izbiri vrednosti iz seznama standardnih števil ali desetiškega mnogokratnika tega števila. Prednosti uporabe standardnih števil so cenejša proizvodnja, enostavnejša kontrola in vzdrževanje naprav, manj orodij in možnost uporabe izdelkov različnih proizvajalcev (WordIQ, 2010).

Tabela 3: Tabele standardnih števil

R5	1		1,6		2,5		4		6,3	
R10	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8
R20	1	1,12	1,25	1,4	1,6	1,8	2	2,24	2,5	2,8
	3,15	3,55	4	4,5	5	5,6	6,3	7,1	8	9
R40	1	1,06	1,12	1,18	1,25	1,32	1,4	1,5	1,6	1,7
	1,8	1,9	2	2,12	2,24	2,36	2,5	2,65	2,8	3
	3,15	3,35	3,55	3,75	4	4,25	4,5	4,75	5	5,3
	5,6	6	6,3	6,7	7,1	7,5	8	8,5	9	9,5

Vir: http://www.wordiq.com/definition/Preferred_numbers/ (14. 04. 2010)

Standardna števila so zaokrožene vrednosti členov geometričnega zaporedja $(a, a \cdot q, a \cdot q^2 \dots a \cdot q^n)$ s faktorji porasta $(q) \sqrt[5]{10}, \sqrt[10]{10}, \sqrt[20]{10}, \sqrt[40]{10}$. Razvrščena so v osnovne vrste R5, R10, R20 in R40. Najmanjša vrsta je R5, vsaka naslednja vrsta je dvakrat večja od predhodne in vsebuje vsa števila manjše vrste (tabela 3).













Standardna števila poenotijo tehnične velikosti.

2.5 VRSTE IN UPORABA ČRT

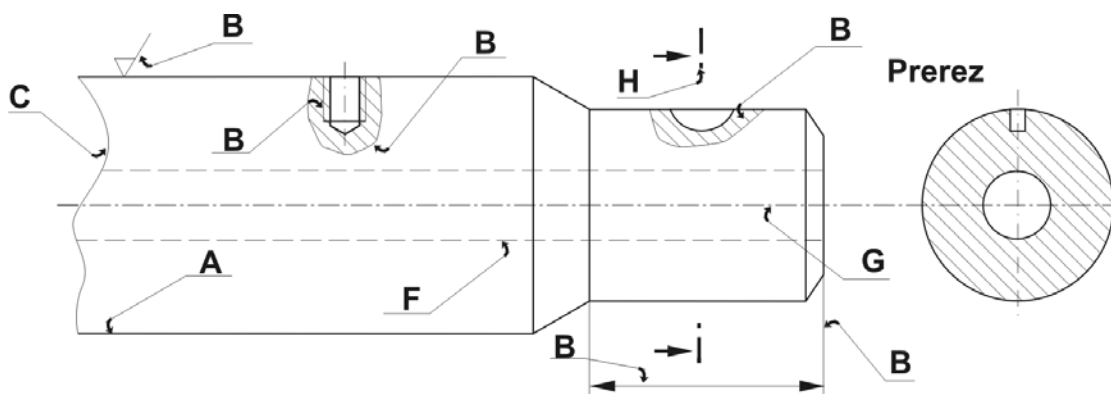
Klasično ali ročno rišemo tehniške risbe s svinčnikom ali tušem. Pri enobarvnem risanju povečamo preglednost risbe z uporabo različnih debelin in vrst črt (tabela 4). Pri debelini črt izbiramo med standardnimi vrednostmi: 0,18 / **0,25** / **0,35** / **0,5** / 0,7 / 1,0 / 1,4 mm.

Tabela 4: Vrste in uporaba črt

Oznaka	Oblika	Opis	Uporaba
A		debela, polna	vidni robovi in obrisi predmetov, podčrtavanje pozicijskih števil, označevanje konca navoja, puščice, ki kažejo smer prereza ali pogleda
B		tanka, polna	šrafure, označevanje globine navoja, kotirne in pomožne kotirne črte, diagonale, ki označujejo ravne ploskve, zvrnjene prereze
C		tanka, prostoročna	označevanje prekinitev in prelomov, šrafura za les
D		Cik – cak črta	
E		črtkana, debela	prikaz nevidnih robov na risbah večjega formata
F		črtkana, tanka	prikaz nevidnih robov
G		tanka črta – pika - črta	srednjice in simetrale, srednjice prerezov
H		tanka črta – pika – črta, odebeljena na koncih in na mestih spremembe smeri	označevanje prereznih ravnin
J		debela črta – pika - črta	označevanje posebno obdelanih površin predmeta
K		tanka črta – pika - pika črta	označevanje alternativne lege premikajočih delov, ponazoritev oblike predmeta pred preoblikovanjem, težiščnice

Vir: Prirejeno po: (Glodež, 2005, str. 23)

Razmerje med posameznimi debelinami je $\sqrt{2}$. Za risanje na eni risbi uporabljamo dve debelini črt, ki sta v razmerju 1 : 2. Za kotiranje, opisovanje in simbole uporabljamo vmesno debelino. Za risbe formata A4 in A3 bomo za risanje uporabljali črti debeline 0,5 mm in 0,25 mm, za opisovanje, kotiranje in simbole pa 0,35 mm (slika 6).



Slika 6: Uporaba različnih črt na risbi

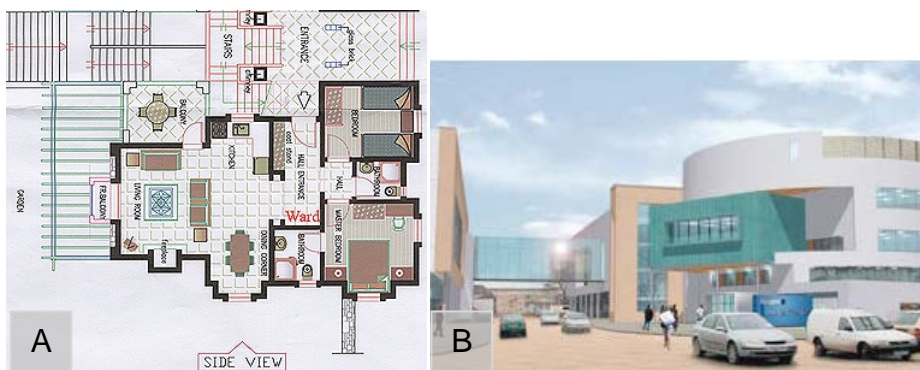
Vir: Lasten



Različno debelino črt dopolnjujemo z uporabo barvnih črt.

Pri tehniških risbah, risanih s pomočjo računalniških orodij, se pogosto uporabljajo barvne črte, ki lahko še bolj nazorno prikazujejo narisani element (slika 7A). Z barvami lahko

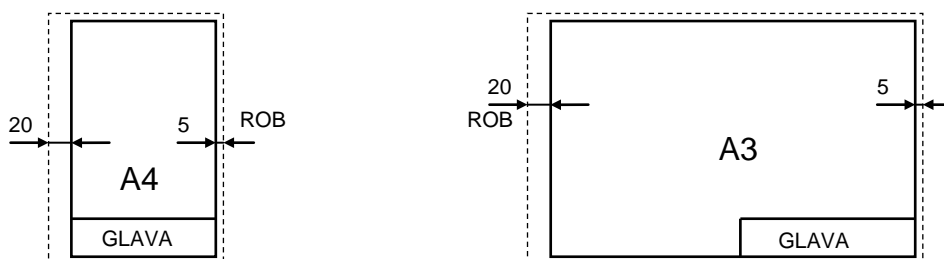
označimo posamezni element v sklopu ali detajlih. Pri tridimenzionalnem modeliranju lahko tehnične risbe dobijo realistične podobe s senčenjem in prikazom predmetov v materialni podobi jekla, bakra, plastike, lesa, kamna, keramike ... (slika 7B).



Slika 7: Uporaba barv in tridimenzionalnega modeliranja pri tehniškem risanju
Vir: http://www.caymancalypsovilla.com/floor_plans10.html (20.11.2009)

2.6 OPREMA RISBE

Vsaka risba ima okvir, ki omejuje prostor za risanje (slika 8). Pri večjih formatih (A2 ...) je oddaljenost okvirja od vseh robov 5 mm. Okvir risbe rišemo z A-črto. V spodnjem desnem vogalu risbe narišemo okvirjen prostor, ki se imenuje glava risbe (slika 9). Glava vsebuje bistvene podatke, ki jih potrebujemo pri uporabi in prepoznavanju risbe: ime risbe, št. risbe, ime podjetja ali šole, ime konstruktorja, merilo, spremembe ... Osnovne dimenzije glave so priporočene s standardom SIST ISO 7200. Dolžina glave mora biti pri vseh formatih enaka in meri 185 mm, prilagojeno formatu A4.



Slika 8: Obrobe in glava pri risbah
Vir: Lasten

0,7		Tolerance odprtih mer		Površinska hrapavost		Merilo		Poz.		Masa		17,0	
		0,35				Material, polizdelek, surovina, model št.							
		Datum		Ime		Naziv						21,25	
		Izdel.		Kont.		K.std.							
		0,18		Podjetje, izdelovalec načrta		Številka risbe		List:				17,0	
Ozn.		Sprememba		Dne		Ime		Osnovna risba		Nadom.		Nadome. z.	
54,6		44,2		88,4		(187,2)						(55,25)	

Slika 9: Osnovne dimenzije glave risbe
Vir: (Glodež, 2005, str. 13)

Glava vsebuje osnovne podatke o nastanku risbe in njenih spremembah.

2.7 TEHNIČNA PISAVA

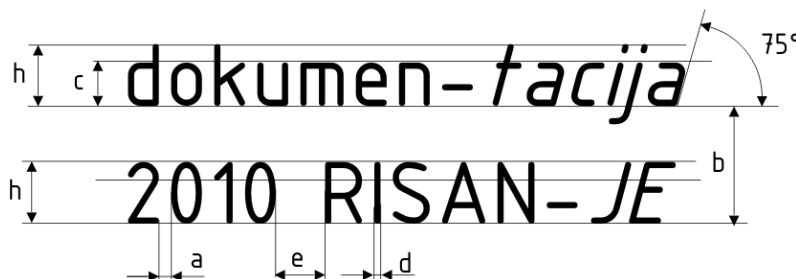
Na risbe rišemo črte, pišemo številke in krajše tekste. Da je napisano čim bolj jasno oz. da ne prihaja do napak pri tolmačenju risb, uporabljamo tehnično pisavo standardizirano po SIST ISO 3098. V tehničnem risanju pišemo s tiskanimi črkami, ki so lahko pisane pokončno (90°) ali pod kotom 75° (slika 10). Poznamo dve širini pisave:

- ozko – tip A
- normalno – tip B.

Višine pisave oz. velikost velikih črk izbiramo med naslednjimi standardnimi vrednostmi:

2,2 mm	3,5 mm	5 mm	7 mm	10 mm	14 mm	20 mm
--------	--------	------	------	-------	-------	-------

Izbira velikosti pisave je odvisna od pomembnosti podatka, velikosti risbe, razpoložljivega prostora in še drugih vplivov. Od izbrane višine pisave h je odvisna debelina pisave d , razmik med znaki a , razmik med vrsticami b , razmik med besedami e ter velikost malih tiskanih črk c (slika 10). Pri risanju z uporabo računalnika, če ni na voljo ISO normirane tipografije črk, izberemo takšno obliko pisave, ki je najbolj podobna standardizirani obliki tehnične pisave.

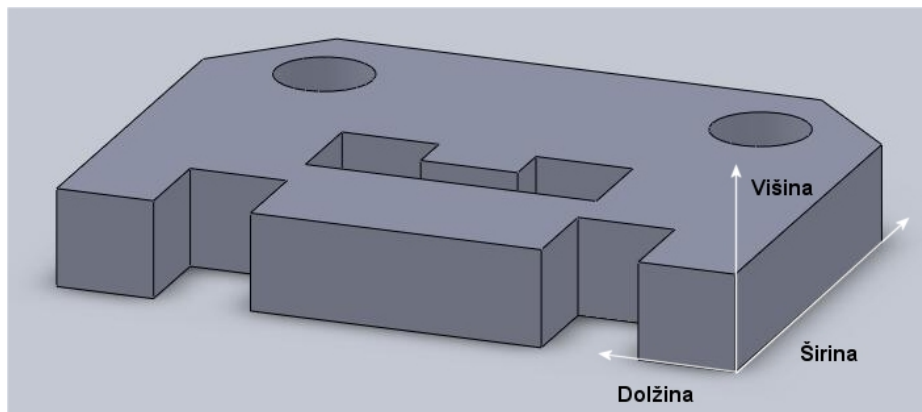


Slika 10: Osnovne dimenzije tehniške pisave

Vir: Lasten


2.8 PROJEKCIJA IN VRSTE PROJEKCIJ

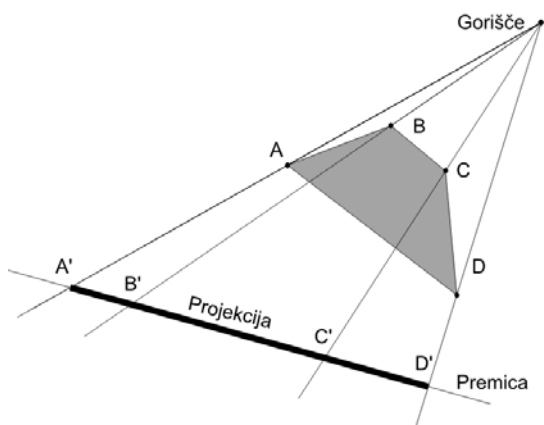
Z risbo prikazujemo geometrično obliko telesa v ravnini. Telo je v prostoru tridimenzionalno (3D) z dolžino, širino in višino (slika 11). Risalna ravnina, na kateri prikazujemo predmet, pa je dvodimenzionalna (2D), z dolžino in višino. Z ustreznimi risarskimi postopki nadomestimo izpad tretje prostorske dimenzije. Ti postopki so: perspektivno prikazovanje teles, aksonometrična projekcija in prikazovanje teles v več pogledih ter ortogonalna projekcija.



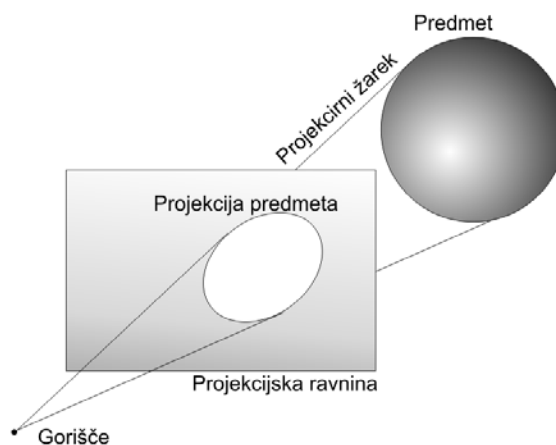
Slika 11: Tridimenzionalno telo v prostoru

Vir: Lasten

 Projekcija nadomesti odsotnost ene dimenzije.



Slika 12: Projekcija na premico
Vir: Lasten



Slika 13: Elementi projekcije na ravnino
Vir: Lasten

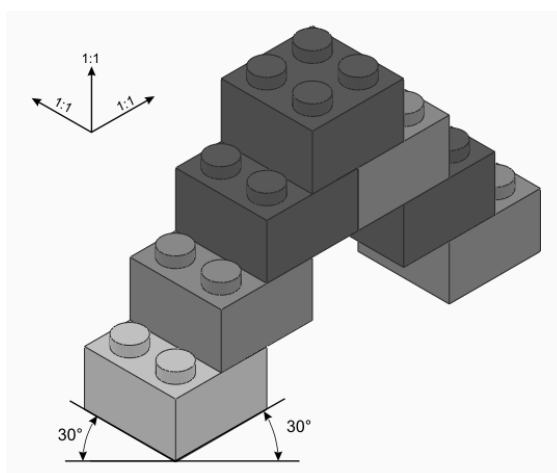
Primeri projiciranja v naravi so sence pri tem je gorišče projekcije sonce. Tehnično projiciranje predstavlja film, grafoskop, projektorji, ki omogočajo prikaz tridimenzionalnih podob na dvodimenzionalni površini. Pri projekciji lika na premico dobimo različne dolžine daljic (slika 12); ob projiciranju telesa na ravnino dobimo različne oblike dvodimenzionalnih likov (slika 13).

2.8.1 Aksonometrične projekcije

Aksonometrične pravokotne projekcije uporabljajo projekcijske ravnine, ki niso pravokotne na glavno os, zato kažejo naenkrat več lic objekta. Takšen prikaz uporabljamo za lažje prikazovanje oblik telesa. Ohranja se vzporednost robov, ti se spremenijo. Razdalje lahko merimo vzdolž posameznih osi. Pri neenakomernem merilu objekta na oseh govorimo o trimetrični (*trimetric*) projekciji. Če sta enaki dve merili, dobimo dimetrično (*dimetric*) projekcijo. Pri enakih merilih govorimo o izometrični (*isometric*) projekciji. Aksonometrične projekcije so določene s standardom SIST ISO 5456-3.

▪ Izometrična projekcija

Vse telesne mere dolžina, širina in višina so prikazane v istem merilu. Navpični robovi sovpadajo z vertikalno osjo, robova drugih dveh razsežnosti oklepata z vodoravnico kot 30° (slika14). V takšni projekciji je predmet videti nekoliko večji. Prikazovanje se uporablja, če želimo prikazati predmet z vseh strani enakovredno.



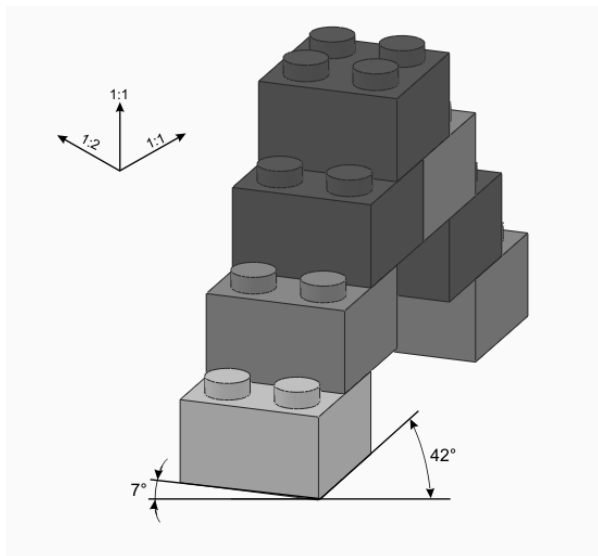
Slika 14: Izometrična projekcija
Vir: Lasten



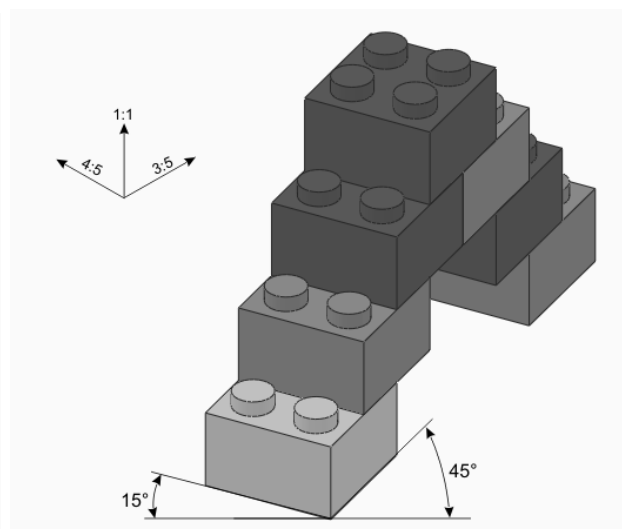
Aksonometrična projekcija se uporablja za splošni celostni prikaz predmeta.

▪ Dimetrična projekcija

Predmet ima v dveh smereh enako merilo. Rob širine je nagnjen glede na vodoravnico za 7° , rob dolžine za 42° , medtem ko je rob višine navpičen (slika 15). Projekcija prikazuje bistvene dele predmeta v glavnem pogledu.



Slika 15: Dimetrična projekcija
Vir: Lasten



Slika 16: Trimetrična projekcija
Vir: Lasten

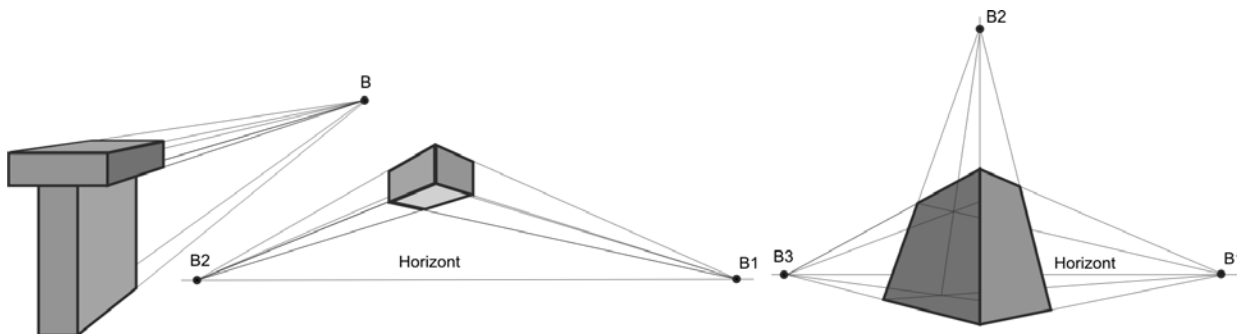
▪ Trimetrična projekcija

Kadar so na vseh treh oseh različna merila, govorimo o trimetrični aksonometrični projekciji. Roba širine in dolžine sta nagnjena pod različnima kotom (slika 16). S takšne risbe težko razberemo dimenzije, vendar je možno s pravo orientacijo predmeta dobiti realističen prikaz.

Aksonometrično narisan predmet je za laika nazornejši od risbe, ki prikazuje predmet v več pogledih. Tak način risanja uporabljamo pri izdelavi reklamnih prospektov, razlagi navodil za montažo ali drugih splošnih tehničnih podob. Za izdelavo delavniških risb takega projekciranja ne uporabljamo, ker postane risba po kotiranju nepregledna. Podrobno tehnično dokumentacijo rišemo v ortogonalni pravokotni projekciji.

2.8.2 Centralna projekcija

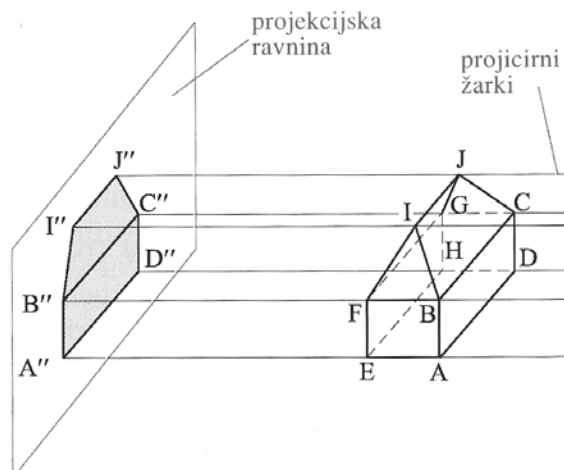
Projekcijski žarki izhajajo iz enega, dveh ali treh projekcijskih gorišč (B_1 , B_2 , B_3) ali bežišč. Tako dobimo eno- dvo- ali trosmerno perspektivno projekcijo (slika 17). Oblika in način prikaza predmete sta odvisna od števila in lege bežišč. Centralna projekcija je zelo primerna za prikazovanje različnih objektov; določena je s standardom SIST ISO 5456-4.



Slika 17: Centralna projekcija z enim, dvema in s tremi bežišči
Vir: Lasten

2.8.3 Ortogonalna Mongeova projekcija

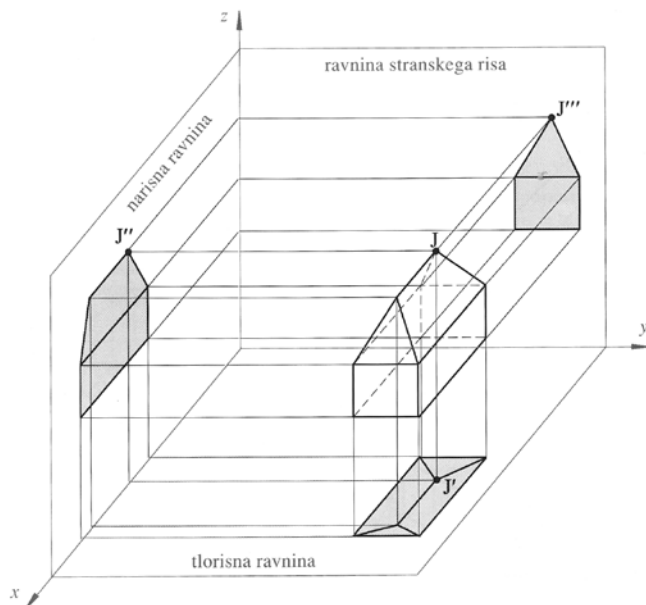
Pri ortogonalni Mongeovi projekciji leži bežišče v neskončni oddaljenosti od predmeta, tako da so projicirni žarki vzporedni in padajo pravokotno na projekcijsko ravnino (slika 17). Robovi in ploskve, ki so vzporedni z risarsko ravnino, ohranijo pri projiciranju svojo obliko in velikost. Dolžina roba modela IJ je enaka dolžini projekcije tega roba I''J'' na risarski ravnini. Ploskev modela ABCD je popolnoma skladna s projekcijsko podobo A''B''C''D'' na risarski ravnini. Robovi (AE, BF ...), vzporedni s projicirnimi žarki, so na projekcijski ravnini združeni v eni točki. Ploskve, vzporedne s projicirnimi žarki (AEFB in CDGH), so na projekcijski ravnini vidne kot daljice (A''B'' in C''D'').



Slika 18: Ortogonalna projekcija

Vir: (Glodež, 2005, str. 22)

Po SIST ISO 128-30 ločimo pri ortogonalni Mongeovi projekciji (slika 19) tri osnovne poglede: **naris** ali pogled od spredaj, **tloris** ali pogled od zgoraj in **stranski ris** ali pogled z leve strani.

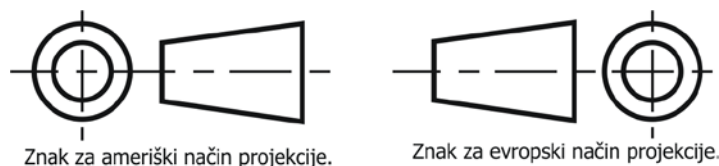


Slika 19: Ortogonalna Mongeova projekcija s tremi osnovnimi pogledi

Vir: (Glodež, 2005, str. 22)

Poznamo razliko med evropskim (*First angle projection*) in ameriškim (*Third angle projection*) načinom risanja pravokotne projekcije. Pri evropskem načinu projekcije se predmet nahaja med opazovalcem in projekcijsko ravnino. Slika projekcije je narisana za

predmetom. V ameriškem načinu leži projekcijska ravnina med predmetom in opazovalcem. Slika projekcije je narisana pred predmetom. Razlika med obema projekcijama je samo v postavitvi vseh treh projekcij na končni risbi. Obe projekciji sta označeni s simbolom, ki ju moramo ločiti, da vemo, v kateri projekciji je narisana risba (slika 20).



Slika 20: Znak za ameriški in evropski način projekcije
Vir: Lasten

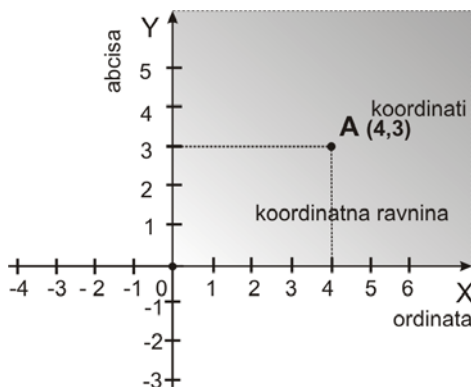
 Ortogonalna risba predmeta je namenjena tehnični uporabi.

2.9 KOORDINATNI SISTEM

2.9.1 Kartezični ali pravokotni koordinatni sistem

Koordinatni sistem v ravnini je sestavljen iz dveh med seboj pravokotnih premic, ki ju imenujemo: **abscisna** os (vodoravna os, koordinatna os x) in **ordinatna** os (navpična os, koordinatna os y).

Koordinatni sistem take vrste imenujemo z daljšim imenom kartezični ali pravokotni ravninski koordinatni sistem. Sistem uporabljamo zato, da poljubni točki A iz koordinatne ravnine določimo koordinati (x, y) (slika 21). To sta števili, ki nam povesta, kje ležita projekciji točke A na koordinatni osi X in Y . Koordinati enolično natančno določata lego točke A v ravnini.



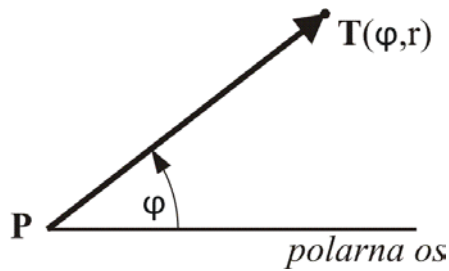
Slika 21: Kartezični ali pravokotni koordinatni sistem
Vir: Lasten

2.9.2 Polarni koordinatni sistem

Polarni koordinatni sistem je ravninski koordinatni sistem, ki se ga uporablja v matematiki, fiziki, astronomiji in nekaterih drugih vedah. Uporabljamo ga kot alternativo kartezičnemu koordinatnemu sistemu. Polarni koordinatni sistem je tudi osnova za dva koordinatna sistema v prostoru cilindrični in sferni koordinatni sistem.

Točko v polarnem koordinatnem sistemu podamo z dvema številoma, ki ju imenujemo polarni koordinati (slika 22):

- **prva koordinata točke je radij** (oddaljenost točke od izhodišča); označimo ga s črko r . Radij je praviloma večji od 0, le v izhodišču je r enak 0;
- **druga koordinata točke je polarni kot**; označimo ga s črko φ . To je kot, ki ga določa točka glede na desni del vodoravne osi. Polarni kot se vrti od 0° do 360° .

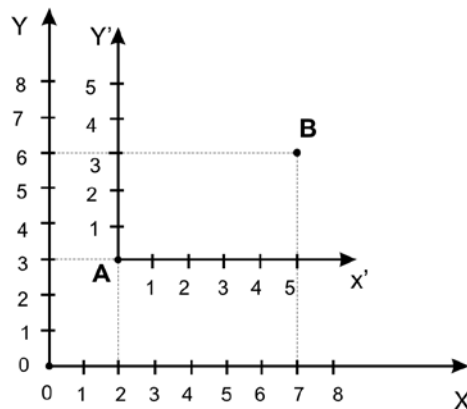


Slika 22: Polarni koordinatni sistem
Vir: Lasten

Koordinatni sistemi določajo položaj točke glede na izhodišče.

2.9.3 Absolutne in relativne koordinate

Absolutne koordinate izhajajo iz fiksnega sistema X, Y (slika 23). V tem primeru so koordinate točke B (7,6) in koordinate točke A (2,3). Pri uporabi relativnih koordinat pomeni, da se koordinatni sistem premakne glede na izhodišče (0,0) fiksnega sistema X, Y . Če se koordinatni sistem premakne v točko A , postane ta točka izhodišče relativnega koordinatnega sistema X', Y' . Sedaj je točka B določena glede na trenutni položaj sistema z relativnima koordinatama (5, 3). Relativni koordinatni sistem se pogosto uporablja pri računalniškem risanju.

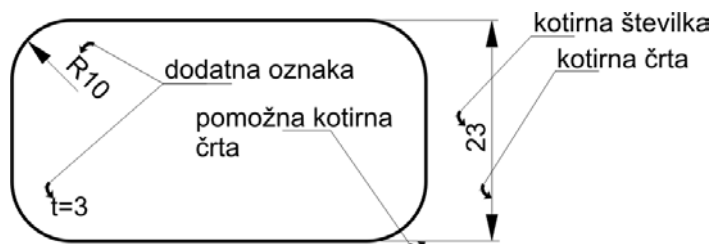


Slika 23: Absolutne in relativne koordinate
Vir: Lasten

Relativni sistem nima fiksnega izhodišča.

2.10 KOTIRANJE DIMENZIJ

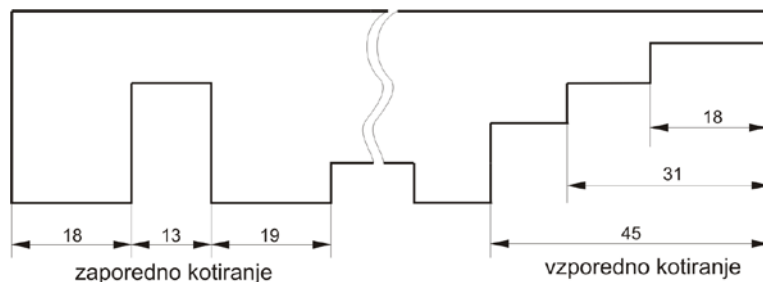
Kotiranje je vpisovanje kot oziroma dimenzij mer, ki naj bi jih imel izdelek. Kotirati smemo le vidne robove. Kotiranje je definirano s standardom SIST ISO 129. Praviloma vpišemo vsako koto na risbi le po enkrat. Risba mora vsebovati vse kote, potrebne za izdelavo. Kotiranje vsebuje kotirno številko, kotirno črto, pomožno črto in dodatne oznake (slika 24).



Slika 24: Poimenovanje kotirnih elementov
Vir: Lasten

Kotirajo se samo vidni robovi.

2.10.1 Zaporedno in vzporedno kotiranje

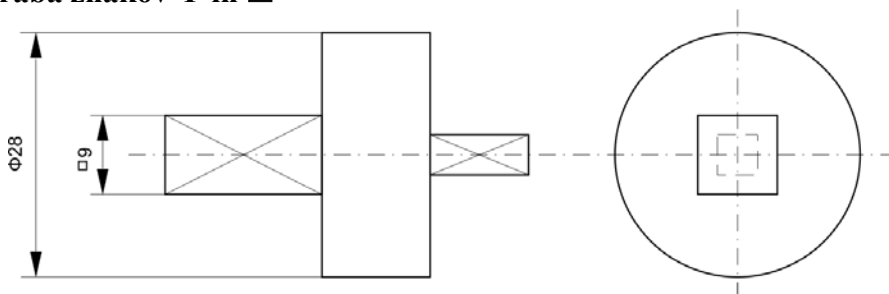


Slika 25: Zaporedne in vzporedne kote

Vir: Lasten

Pri zaporednem kotiranju so mere nanizane druga za drugo (slika 25). Zaporedno kotiranje uporabljamo pri konstrukcijah in raznih strojnih delih, pri katerih odstopanja pri posameznih merah nimajo posebnega vpliva. Pri vzporednem kotiranju kote izhajajo iz ene ali več nepremičnih ravnin.

2.10.2 Uporaba znakov Φ in \square

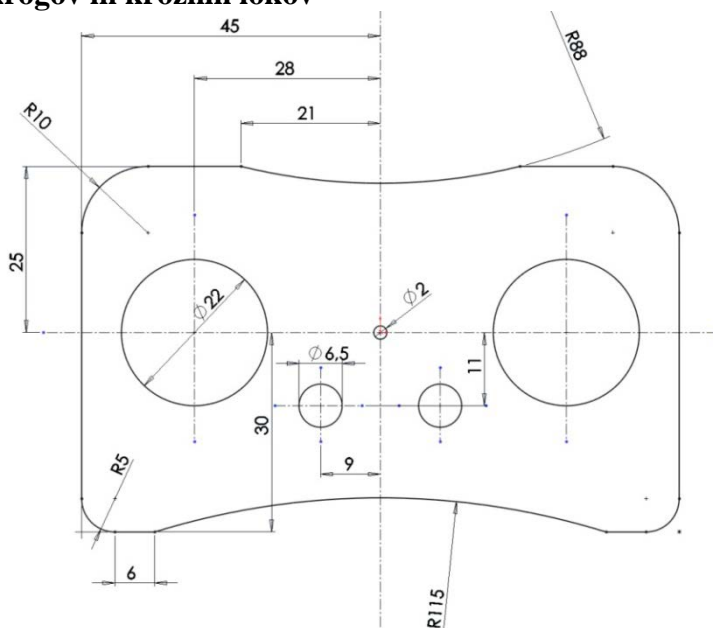


Slika 26: Uporaba znakov Φ in \square

Vir: Lasten

S pisanjem znaka Φ pred kotirno številko pojasnjujemo, da je kotirni rob projekcija valja, z znakom \square pa, da je kotirni rob projekcija kvadrata (slika 26). Dve diagonali, narisani s črto B, pojasnjujeta, da je ploskev ravna in pravokotne ali trapezaste oblike.

2.10.3 Kotiranje polmerov



Slika 27: Kotiranje polmerov

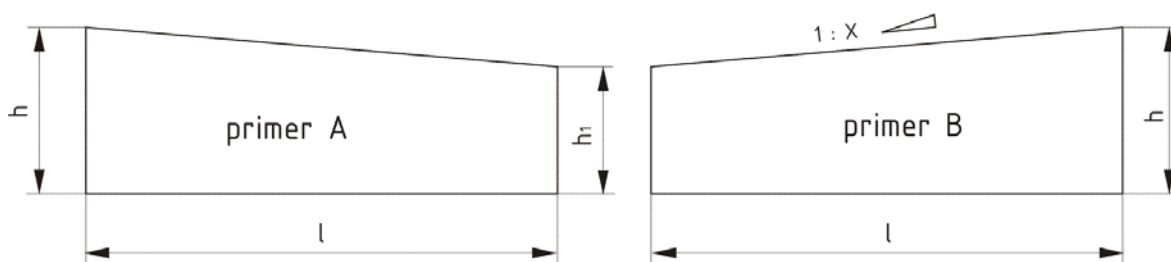
Vir: Lasten

Kroge kotiramo s koto znotraj kota in oznako za krog pred koto. pri manjših krogih si pomagamo z izvlečenjem pomožnih kotirnih črt. Polmere označujemo s črko **R**, ki jo postavljamo pred koto polmera. Če je središče loka na srednjici, toda zunaj risbe, potegnemo kratko kotirno črto v smeri proti središču, pred kotirno številko pa napišemo črko **R** (slika 27).

 Kotiranje krožnega loka označimo s črko **R**.

2.10.4 Kotiranje nagiba in konusa

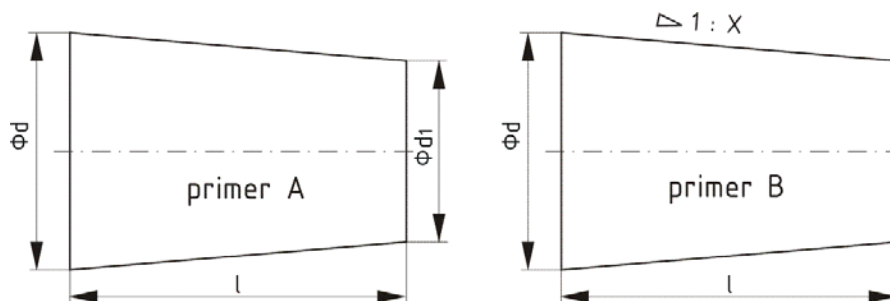
Nagib je nagnjenost ene ploskve proti drugi ploskvi in je podan z razmerjem: $\frac{1}{x} = \frac{h-h_1}{l}$ ali s kotom med nagnjenim robom in horizontalno linijo. Na risbi označimo nagib, tako, da nad nagnjeno ploskev napišemo znak v obliki trikotnika (slika 28 primer B). Druga možnost je, da kotiramo obe višini nagiba in njegovo dolžino (slika 28 primer A).



Slika 28: Dva načina kotiranja nagiba

Vir: Lasten

Konus je obojestranska zožitev. Konus pri predmetih z obliko presekanega stožca je podan z razmerjem: $\frac{1}{x} = \frac{d-d_1}{l}$. Nagib konusa označimo s posebnim znakom in ob njem napišemo nagibno razmerje (slika 29 primer B). Konus lahko kotiramo s podajanjem obeh premerov preseka in dolžine konusa (slika 29 primer A).



Slika 29: Dva načina kotiranja konusa v obliki presekanega stožca

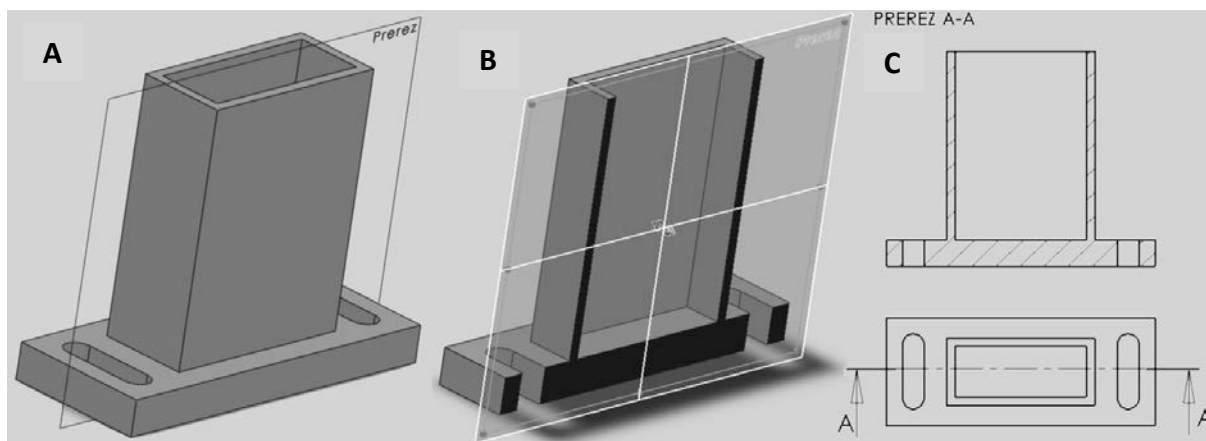
Vir: Lasten

 Nagib in konus lahko podamo z oznako in razmerjem.

2.11 PREREZI IN ŠRAFURE

Pri risanju votlih predmetov prikažemo notranje nevidne robove s tanko črtkano črto **F**. Pri predmetih zahtevnejših oblik postane takšna risba nepregledna in jo je težko v celoti pregledno kotirati. Zaradi tega prikažemo notranjost predmeta z namišljenim prerezom (slika 30 A, B), ki ga potem tudi ustrezno šrafiramo.

Geometrijske oblike notranjosti predmeta ne prikazujemo s črtkanimi, ampak s polnimi črtami **A**. Potek prereza označimo s črto **H** in puščicama, ki sta 1,5-krat daljši od kotirnih puščic in prikazujeta smer pogleda na namišljeno prerezan predmet (slika 30 C).



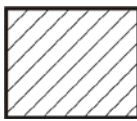
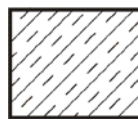
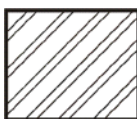
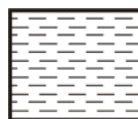

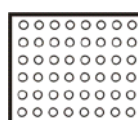
Slika 30: Prerez in šrafura

Vir: Lasten

 S prerezom prikažemo notranje oblike predmeta, ki od zunaj niso vidne.







Osnovno šrafuro rišemo s črto **B**, nagnjeno pod kotom 45° proti srednjici ali osi prerezanega predmeta. Razmik med črtami naj bo enakomeren in odvisen od velikosti šrafirane ploskve. Standard šrafiranja materialov v prerezu DIN 201, ki ga sedaj nadomešča SIST ISO 128-50, določa različne oblike šrafur (tabela 5). V gradbeništvu in arhitekturi se šrafira predvsem po standardu DIN 1356 (tabela 6). Material v prerezu na tehničnih risbah ločimo tudi z barvami (tabela 7). Standard dopušča, da z legendo v risbi pojasnimo šrafirane prezeze.

Tabela 5: Označevanje gradiva s šrafurami po SIST ISO 128-50 (DIN 201)

Šrafura	Material	Šrafura	Material
	osnovna šrafura		beton
	trde snovi		tekočine
	umetne snovi		plini

Vir: <http://www.georesolve.com/downloads/DIN-ISO128-50.pdf> (22. 10. 2010)

Tabela 6: Šrafure v gradbeništvu po DIN 1356

Šrafura	Material	Šrafura	Material
	nearmiran beton		jeklo
	armiran beton		termična ali zvočna izolacija
	omet		tesnilne mase

Vir: <http://www.europa-lehrmittel.de/leseprobe/791/41415-6.pdf> (01. 08. 2010)

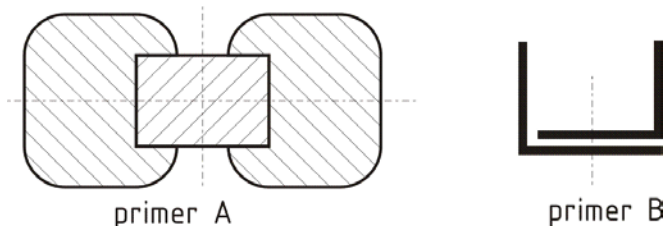
Tabela 7: Uporaba barv za ponazoritev materialov v gradbeništvu

Barva	Material	Barva	Material
svetlo zelena	nearmiran beton	rdečerjava	sestavni betonski elementi
siva	armiran beton	rumena	sestavni deli za odstranitev

Vir: <http://www.europa-lehrmittel.de/leseprobe/791/41415-6.pdf> (01. 08. 2010)

 Oblike šrafur določajo vrste materiala.

Gostoto šrafure prilagajamo glede na velikost prerezne ploskve. Po standardu SIST ISO 128-50 zelo tankih prerezov ne šrafiramo, ampak celoten prerez potemnimo s polno barvo (slika 31 primer B). Šrafure prerezov različnih delov, ki so v sklopu, ločimo z različnim nagibom in gostoto šrafure (slika 31 primer A) (ISO Standard Handbook, 2002).

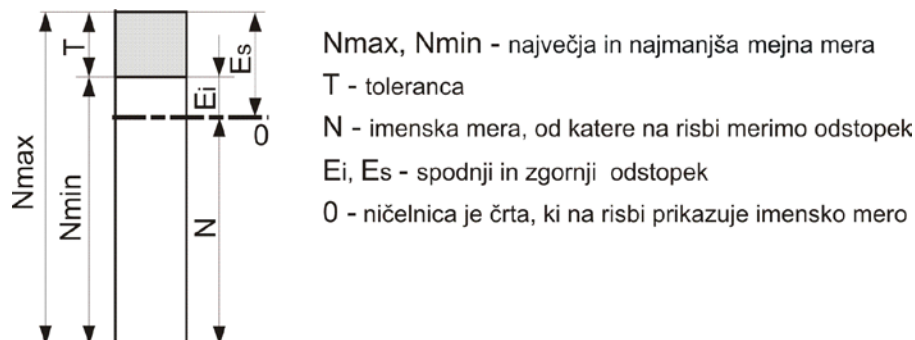


Slika 31: Šrafure različnih delov v sklopu in zelo tankih prerezov

Vir: Lasten

2.12 TOLERANCE

Konstruktivski sklopi so sestavljeni iz posameznih delov različnih oblik. Pri njihovi montaži v zaključeno celoto se pojavi vprašanje točnosti doseženih mer, oblik in medsebojnih položajev posameznih konturnih površin. Zaradi nepopolnosti v proizvodnji posameznih delov dejanske mere bolj ali manj odstopajo od zelenih mer. Absolutna točnost mer in oblik ni nujno potrebna za pravilno obratovanje stroja oz. sestavo konstrukcije. Nekatere mere in oblike dovoljujejo večja, druge manjša odstopanja. Izbira pravilne stopnje točnosti posameznih mer in oblik delov je naloga konstruktorja, ki mora uskladiti zahteve funkcionalnosti z ekonomičnostjo izdelave. Pri izbiri mora konstruktor upoštevati funkcijo, za katero je posamezni del namenjen, možnost izdelave, kontrole in montaže, ter tudi pogoje ekonomičnosti. Sistem toleranc dolžinskih mer je standardiziran po SIST ISO 286 in velja za dolžinske mere vseh strojnih delov in sklopov, razen delov z navoji, kotalne ležaje in zobnike (Glodež, 2005, str. 58). Osnovni pojmi pri toleranci dolžinskih mer so prikazani na sliki 32.

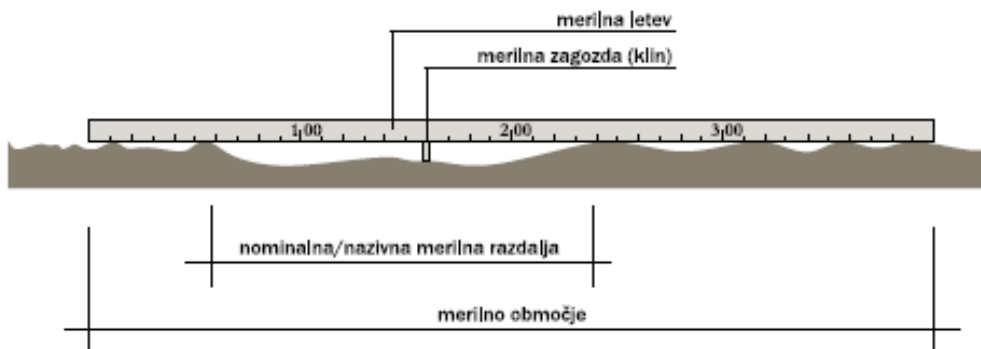


Slika 32: Velikosti za prikaz toleranc dolžinskih mer

Vir: Lasten

 Toleranca je odvoljeno odstopanje od natančne vrednosti.

Za kontrolo tolerančnih odstopanj uporabljamo različne merilne tehnike. Dopustne vrednosti tolerančnih odstopanj površin tlakov in sten so v gradbeništvu določene s standardi DIN 18201. Na sliki 33 je prikazan način merjenja tolerance odstopanja pri tlakih.

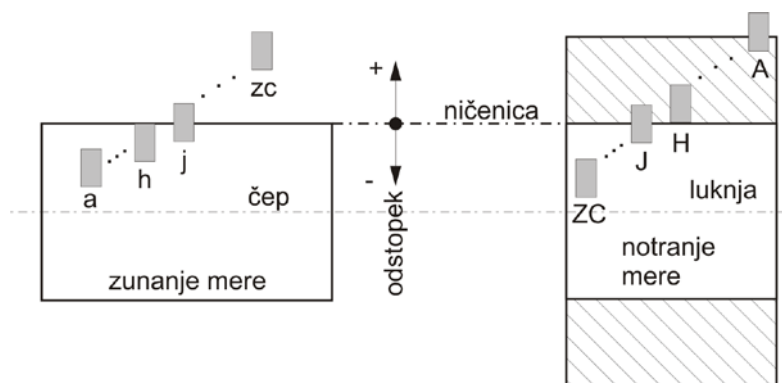


Slika 33: Način merjenja tolerance odstopanja pri estrihu

Vir: <http://www.korak.ws/clanki/polaganje-oblog--2-del.html> (20. 01. 2011)

2.12.1 Lega tolerančnega polja

Lega (+, -) tolerančnega polja (slika 34) je odvisna od ničelnice ali imenske mere (slika 32). Označena je s črkami. Za zunanje mere (čepe) so v rabi male črke od **a** do **zc**, medtem ko tolerance notranjih mer (luknje) označujemo z velikimi črkami od **A** do **ZC**.

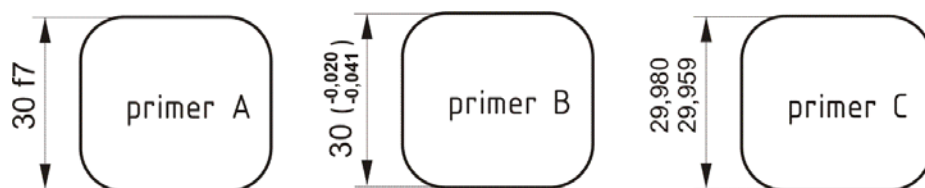


Slika 34: Lega tolerančnega polja

Vir: Lasten

2.12.2 Podajanje toleranc na risbah

Podajanje toleranc dolžinskih mer in kotov na tehniški risbi je standardizirano po SIST ISO 406. Tolerance dolžinskih mer lahko na tehnični risbi podamo na načine (slika 35): z označbo po tolerančnem sistemu ISO (primer A), z navedbo mejnih odstopkov (primer B) in z navedbo mejnih mer (primer C). Po tolerančnem sistemu ISO toleranco podamo tako, da za imensko mero navedemo lego tolerančnega polja in zahtevano IT-tolerančno stopnjo (slika 35 primer A). Ta način podajanja toleranc se uporablja predvsem pri delih, ki jih pri montaži sestavimo skupaj z drugim delom.



Slika 35: Trije načini podajanja toleranc na risbah

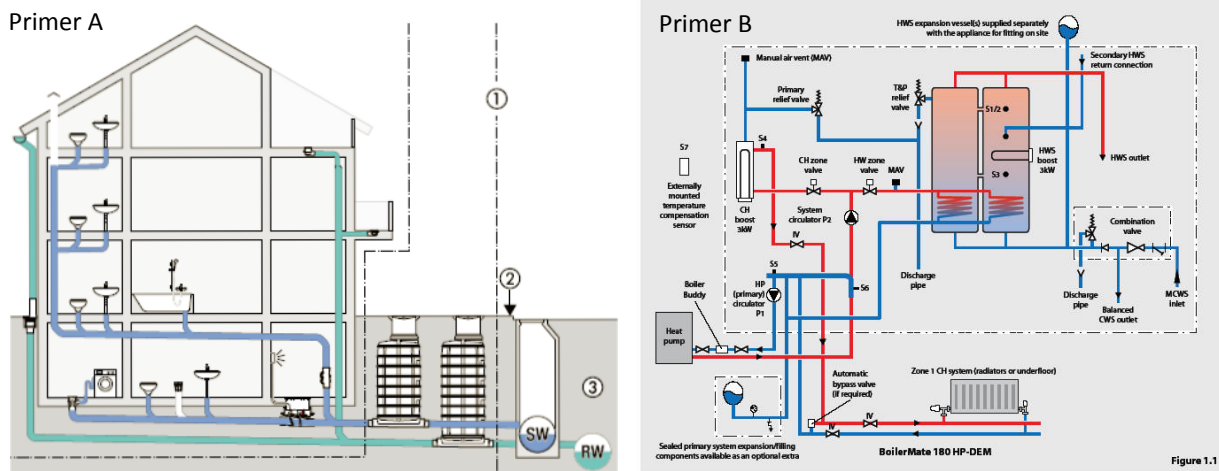
Vir: Lasten



Toleranca vpliva na medsebojno ujemanju sestavni delov.

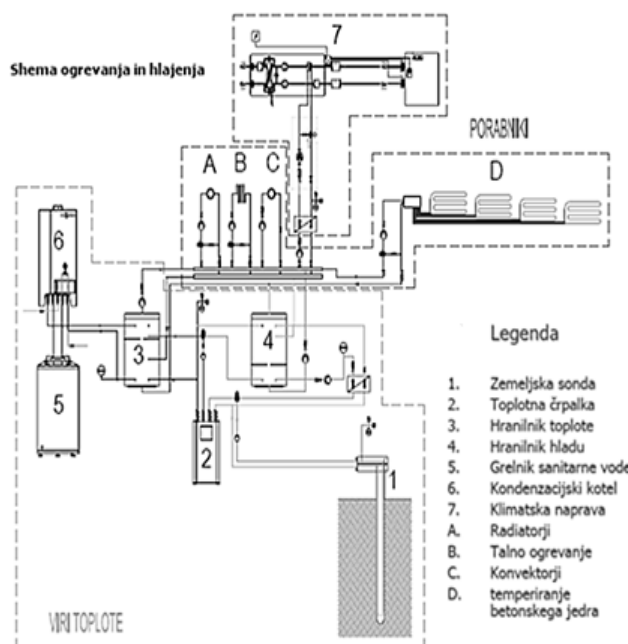
2.13 UPORABA GRAFIČNIH SIMBOLOV

Kadar so sklopi strojnih, energetske, gradbenih in drugih naprav risani v zelo zmanjšanem merilu od M 1 : 10 do M 1 : 100, zaradi obsežnosti prikazujemo posamezne sestavne dele v dispozijskih risbah v obliki simbolov (slika 36). V simbolnih shemah se lahko uporabljajo barvne ponazoritve. Pri inštalacijskem načrtu stavbe (slika 36 primer A) zelena barva ponazarja tok meteorne vode in modra odvod odpadnih voda po kanalizacijskem vodu. V drugem energetskem načrtu (slika 36 primer B) rdeča barva predstavlja dovod tople vode in modra odvod ohlajene vode centralnega ogrevanja.



Slika 36: Shematski barvni prikaz pretoka vode

Vir: <http://www.wve-kl.de/SEK/Abwasserentsorgung/Grundstuecksentwaesserung.html> (15. 11. 2010 in <http://www.eco-home-heating.co.uk/schematic/> (03. 10. 2010)



Slika 37: Grafični simboli v shemi ogrevanja in hlajenja

Vir: http://www.kostak.si/dokumenti/lead/predstavitev_bahc.ppt (10. 09. 2010)

Kadar na načrtu, risnem z grafičnimi simboli, niso uporabljeni standardni simboli za posamezne sestavne dele ali pa ne obstajajo, si pomagamo z dodajanjem legende v risbo (slika 37). Vsak element ustrezno označimo številčno ali črkovno in v legendi pojasnimo, kateri del predstavlja simbol ali njegovo funkcijo v sklopu.

 Grafični simboli poenostavljajo risanje tehnične dokumentacije.

 Povzetek

Tehnično risanje je standardiziran način prikazovanja elementov v naravi ali v idejni predstavi konstruktorja izdelka. Pravila risanja omogočajo enoznačno razumevanje načrta in možnost, da po tem načrtu izdelamo stvarni izdelek. Objekte rišemo s pomočjo projekciranja na ravnino. Z več projekcijskimi pogledi rešimo odsotnost tretje dimenzije. Pri najsodobnejšem načinu risanja s pomočjo računalniške tehnologije ustvarimo navidezne realistične podobe predmetov. S kotiranjem na risbi predstavimo potrebne dimenzije za snovno oblikovanje ali postavitev izdelka v določen sklop. Kadar imamo sklope elementov, ki opravljajo procesno funkcijo, lahko takšen tehniški kompleks prikažemo v obliki shematskega grafičnega risanja s simboli. Tehnično risanje je grafično komuniciranje; če želimo to komuniciranje obvladati, moramo poznati osnovna pravila in standarde na tem področju.

 Praktični primer: **uporaba standardnih števil**

Podjetje želi izdelovati žeblje v dolžini med 15 in 300 mm. Če upošteva pri dolžini žebeljev standardna števila in se odloči za vrsto **R5**, bo izdelovalo žeblje dolžin: **16 mm, 25 mm, 40 mm, 63 mm, 100 mm, 160 mm in 250 mm**. Če je sedem različnih dolžin premalo, si lahko izbere vrsto **R10**, pri kateri bo imelo na voljo še več različnih dolžin: **16 mm, 20 mm, 25 mm, 31,5 mm, 40 mm, 50 mm, 63 mm, 80 mm, 100 mm, 125 mm, 160 mm, 200 mm in 250 mm**. Seveda ni treba izbrati vseh dolžin.

 Vprašanja za utrjevanje znanja: **osnovni raven**

1. Kakšen je namen delavniške risbe?
2. Ali merilo 1 : 10 poveča sliko?
3. S kakšno črto rišemo srednjice in simetrale?
4. Katere aksometrične projekcije poznaš?
5. Skiciraj predmet v ortogonalni projekciji.
6. Nariši primer zaporednega in vzporednega kotiranja.
7. Kako podamo nagib in konus na tehniških risbah?
8. Zakaj uporabljamo prereze?
9. Kaj nam pove toleranca?
10. Kako lahko rišemo energetske in druge sklope?

 Vprašanja za utrjevanje znanja: **višja raven**

1. Kakšna je delitev risb po namenu?
2. Kdaj uporabljamo merilo za pomanjšanje in kdaj merilo za povečanje v tehniških risbah?
3. Kaj so standardna števila?
4. Skiciraj predmet v centralni projekciji z enim goriščem
5. Nariši nekaj primerov kotiranja krožnih lokov.
6. Izračunaj nagibno razmerje za konus s podatki $d = 75$, $d_1 = 45$ in $l = 10!$
7. Nariši nekaj standardiziranih oblik šrafur.
8. Kaj nam pove črkovna oznaka tolerančne lege?
9. Nariši shemo preprostega sklopa z uporabo simbolov, ki jih pojasniš v legendi.

3 RISANJE Z RAČUNALNIŠKIM ORODJEM - SOLIDWORKS

Impulz

- ✓ Teoretično znanje iz prejšnjega poglavja želite čim bolj produktivno uporabiti pri ustvarjanju novih tehniških risb. Potrebno je izbrati ustrezno programsko orodje! SolidWorks je ena od možnih izbir.
- ✓ SolidWorks je eno najbolj intuitivnih orodij za ustvarjanje tehniških risb in 3D modelov. Uporabniku omogoča hitro osvajanje osnovnih pravil računalniškega tehniškega risanja. Pred vami je možnost, da vstopite v svet tehničnega risanja z računalnikom relativno prijazno.

Do velike spremembe v risanju tehničnih risb je prišlo z uvajanjem računalniške tehnologije CAD (*Computer aided design*), ki je zamenjala klasičen ročni način (svinčnik, ravnila, risalna miza ...). Risanje postane produktivnejše, natančnejše in omogoča dvodimenzionalno (2D) ali tridimenzionalno (3D) upodabljanje oblik. Izrisani načrt se lahko direktno prenese na računalniško vodene stroje za oblikovanje (The Full Wiki, 2010). Med znane programe za CAD tehnologijo na različnih tehničnih področjih spadajo:

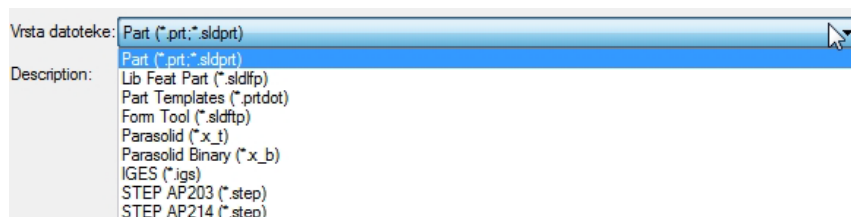
AutoCAD - http://usa.autodesk.com	CATIA - http://www.3ds.com/products/catia
Pro/ENGINEER - http://www.ptc.com	SCHEMATIC - http://www.pcschematic.com
SolidWorks - http://www.solidworks.com	ArchiCAD - http://www.graphisoft.com

Računalniška programska orodja za risanje so v neprestanem razvoju, ki je zelo povezan z vedno bolj zmogljivo strojno opremo. Mnogo funkcij (večplastnost risbe, mreže, debelina in barva črt, besedilo ...) CAD tehnologije je že standardizirano v ISO standardih in drugih nacionalnih standardih. Ena glavnih težav je medsebojna izmenjava datotek med različnimi CAD programi (Construct I.T., 2010).

3.1 OSNOVE RISARSKEGA PROGRAMA SOLIDWORKS 2009

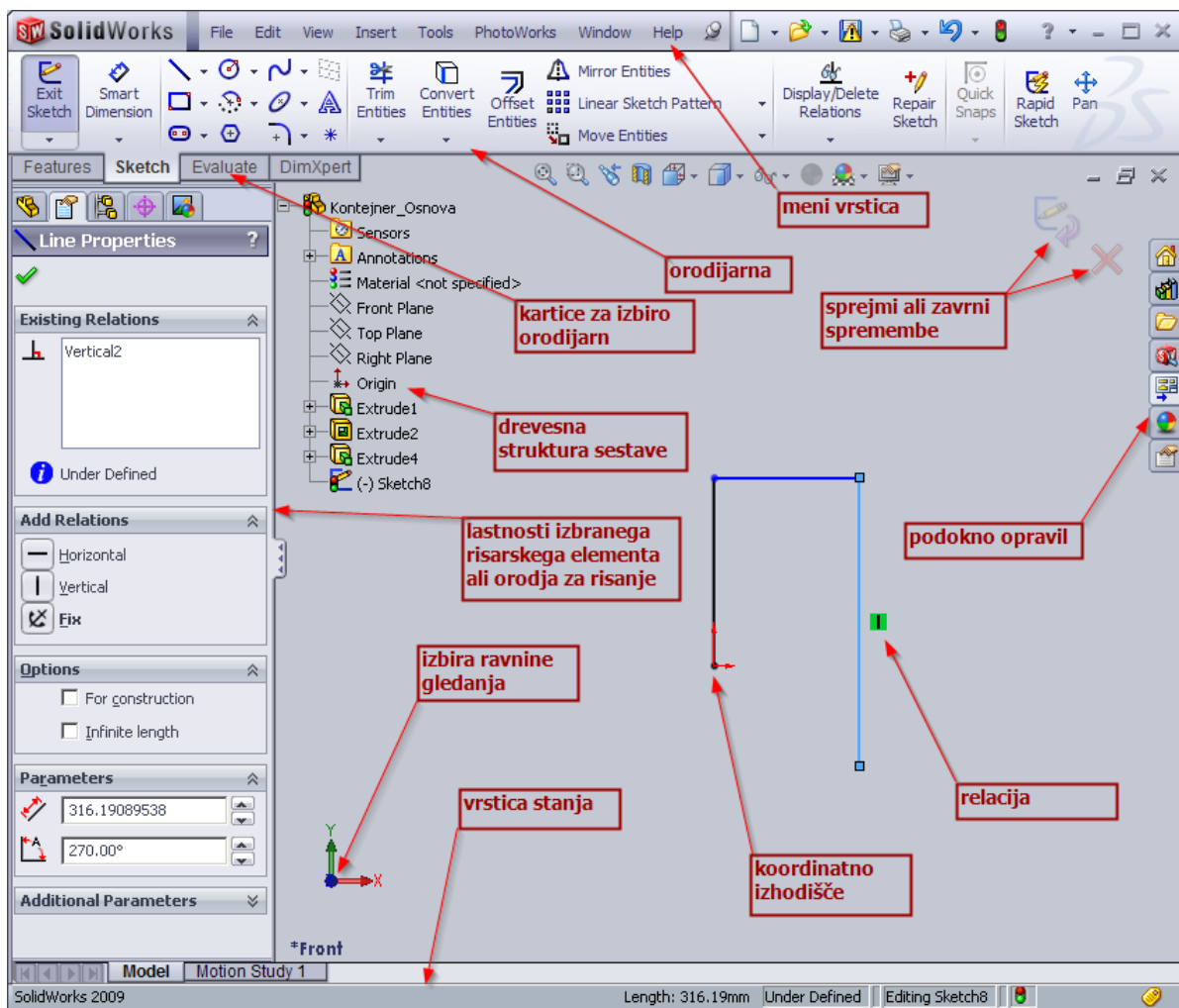
Računalniško orodje SolidWorks 2009 (slika 39) je proizvod ameriškega podjetja SolidWorks Corporation. Risarski program je namenjen projektiranju tehničnih modelov in simulaciji različnih procesov v tridimenzionalnem pogledu. Programu omogoča, da ga tehnični uporabniki relativno hitro obvladajo v osnovnih elementih konstruiranja in ustvarjanja tridimenzionalnih virtualnih objektov. Način ustvarjanja 3D modelov v SolidWorksu izhaja iz dvodimenzionalnih skic, ki jih nato z modelnimi orodji pretvori v 3D objekte. Program omogoča sestavo različnih sklopov, ustvarjanje kinematike gibanja teles, simulacijo obremenitev in še druge funkcije (SolidWorks Corp., 2010).

Prenos datotek med različnimi risarskimi programi je potreben zaradi izmenjave podatkov med podjetji, ki za risanje uporabljajo različna risarska orodja. Včasih lahko tudi znotraj podjetja uporabljajo različne risarske programe. Univerzalnega formata izmenjevalne datoteke, ki bi ohranil vse lastnosti risbe v drugem programu, ni. Prenosi so možni z večjimi ali manjšimi spremembami na načrtu. Kateri format je najboljši, preprosto ugotovimo z več različnimi poskusi. V programu SolidWorks imamo na voljo 26 formatov datotek. Format izberemo med prvim shranjevanje (slika 38) ali naknadno z ukazom **File->Save As**.



Slika 38: Grafični uporabniški vmesnik

Vir: Lasten

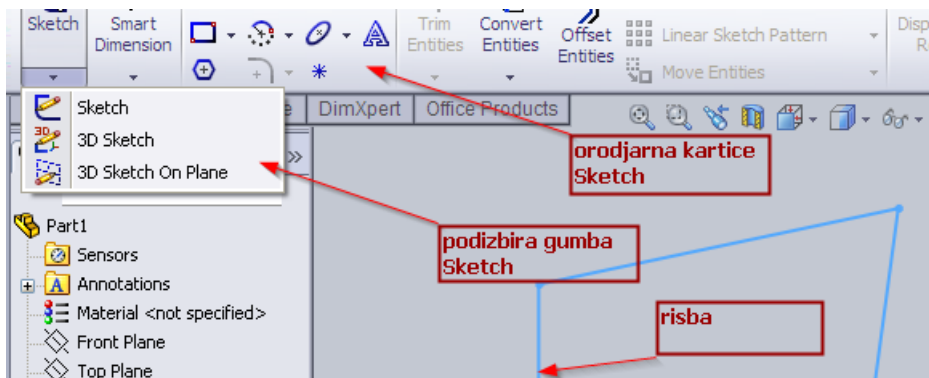


Slika 39: Grafični uporabniški vmesnik
Vir: Lasten

3.1.1 Skice – osnovni risarski gradnik

Skica je običajno dvodimenzionalna risba na ravnini, ki predstavlja začetek razvoja 3D predmeta v Solidworksu. Večino orodij za delo s skicami je na voljo v orodjarni, ki jo dobimo s pritiskom na kartico **Sketch**. Gumb **Sketch** nudi tudi možnost podizbire za risanje 3D skic in risanje na določeno ravnino.

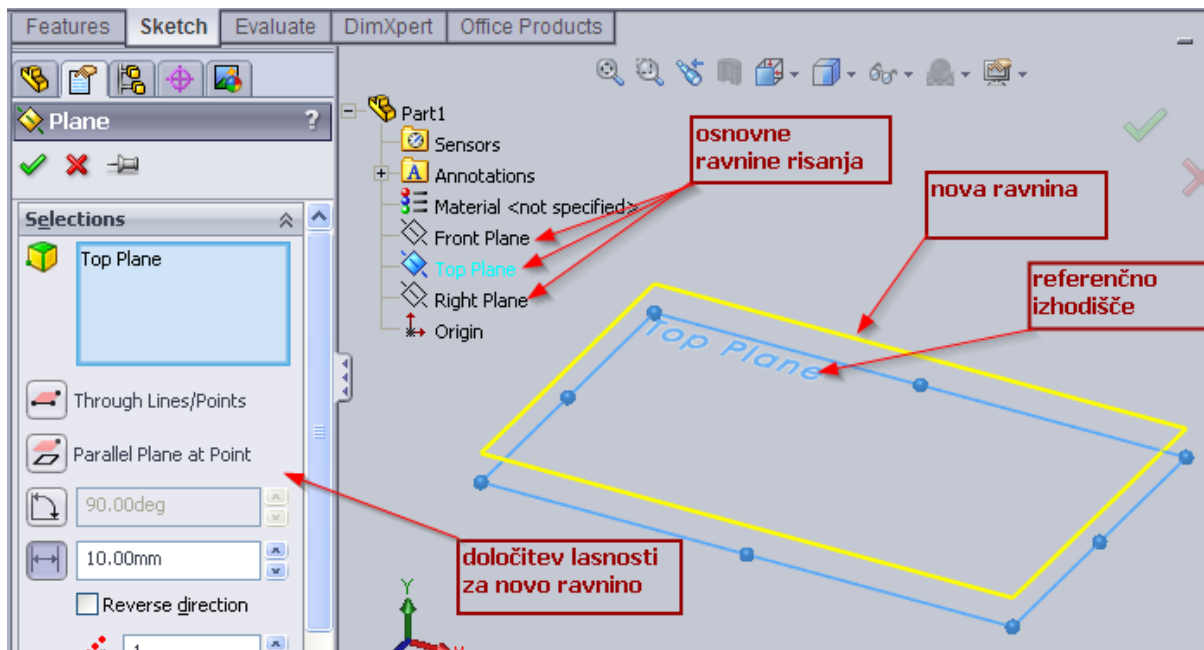
Več opcij za delo s skicami je na voljo v meniju **Tools->Sketch Entities** in **Tools->Sketch Tools**. Izdelavo skice začnemo s pritiskom na gumb **Sketch** ali izbiro opcije **Insert->Sketch** v meniju. Pred izbiro opcije ali po njej je potrebno izbrati ravnino, na kateri bomo risali skico.



Slika 40: Skica (*Sketch*)
Vir: Lasten

3.1.2 Ravnine in večplastnost

Za risanje skic so na voljo osnovne tri ravnine **Front**, **Top** in **Right**. Lahko pa dodajamo poljubno število novih ravnin preko ukaza **Insert->Reference Geometry->Plane**. Ravnina mora imeti referenčno izhodišče; to je lahko obstoječa ravnina, ploskev na modelu ali določeno število točk, črt oz. točk in črt. Ravnina dobi ime **Plane1**, ki ga lahko preimenujemo.

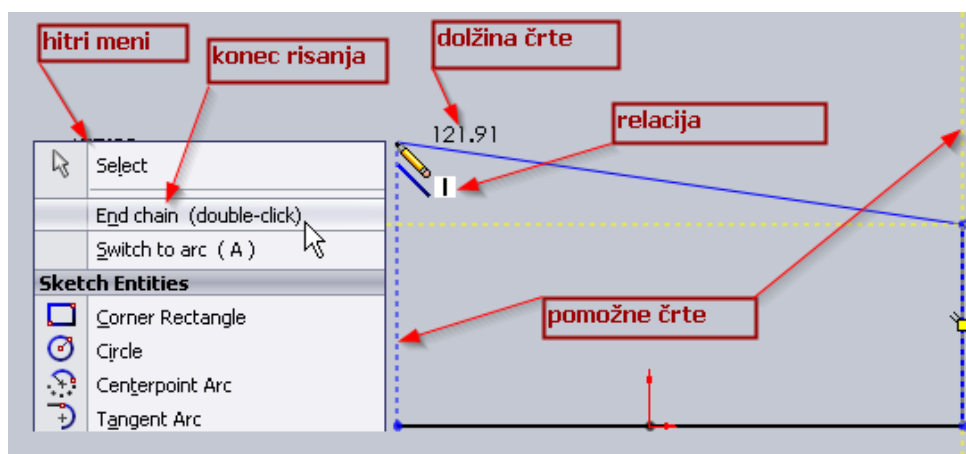


Slika 41: Ravnina (*Plane*)

Vir: Lasten

3.1.3 Črte

Črte rišemo s pritiskom na gumb **Line** ali izbiro **Tools->Sketch Entities->Line**. Z miško klikamo po ravnini in tako postavljamo začetke in konce med seboj povezanih črt. Risanje povezanih črt zaključimo z dvoklikom ali pritiskom na desni gumb (hitri meni) in izbiro opcije **End Chain**. Med risanjem se izpisuje dolžina črte, s črtkano črto pa se izrisujejo tudi pomožne črte, ki nakazujejo relacije med postavljenimi točkami in obstoječimi elementi; relacije so predstavljene tudi z ikonami. Po risanju lahko začetek in konec črte z miško premaknemo na drugo pozicijo.

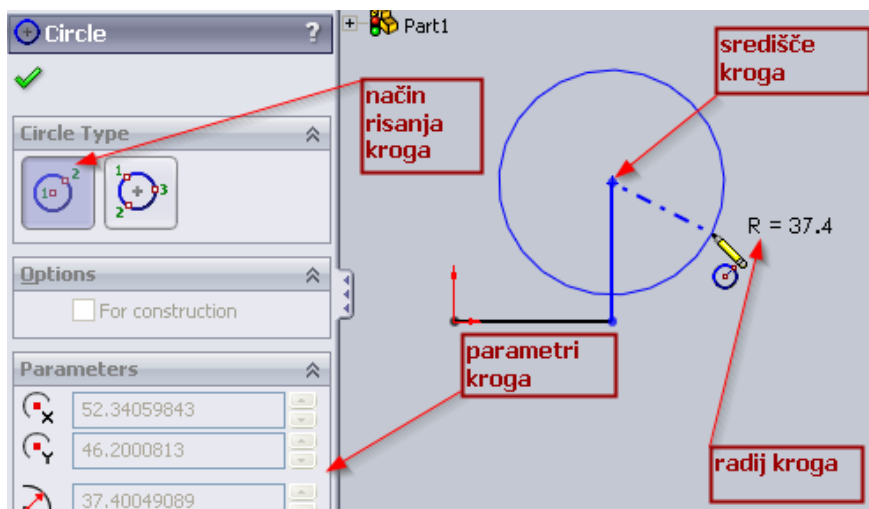


Slika 42: Črta (*Line*)

Vir: Lasten

3.1.4 Krogi in krožni loki

Kroge rišemo z orodjem *Circle* v orodni vrstici ali preko menija *Tools->Sketch Entities->Circle*. Na voljo imamo dva načina risanja kroga. V prvem podamo center in radij kroga, v drugem pa podamo tri točke na krožnici, ki definirajo krog. Risanje se zaključi, ko vnesemo vse potrebne podatke, ki definirajo krog.



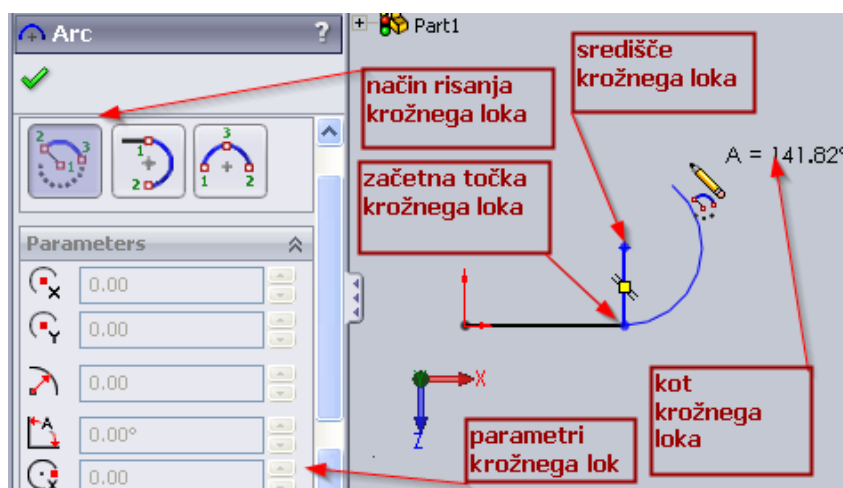
Slika 43: Krog (*Circle*)

Vir: Lasten

Risanje krožnih lokov je možno na tri načine *Tools->Sketch Entities*):

- *centerpoint arc*: določimo središče, radij in kot oz. podamo dve točki na krožnici
- *tangent arc*: lok nadaljujemo kot tangento na obstoječi element, določimo še radij in končno točko
- *point arc*: lok določimo s tremi točkami.

Risanje končamo s pritiskom na tipko *Esc* na tipkovnici ali izberemo hitri meni z izbiro *Select*. Konce loka lahko premikamo z miško tudi po končanem risanju.

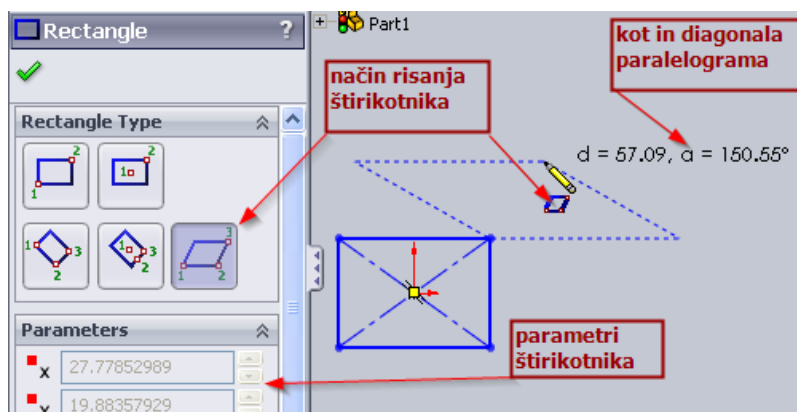


Slika 44: Krožni lok (*Arc*)

Vir: Lasten

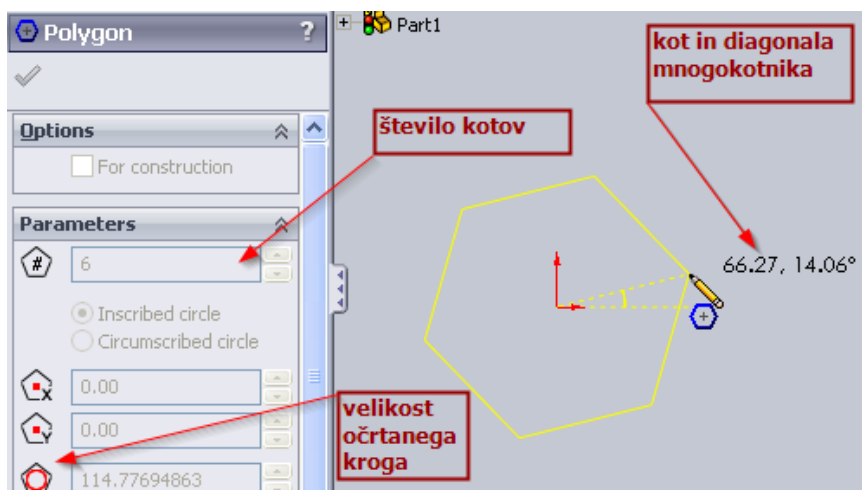
3.1.5 Štirikotnik in mnogokotniki

Štirikotnik ustvarjamo z orodjem v meniju *Tools->Sketch Entities->Rectangle*. Pri risanju paralelogramov določimo dve ali tri točki, odvisno od načina risanja (slika 45). Dimenzije pravokotnika natančno določimo z vnosom podatkov za **X** in **Y** v okno *Parameters* ali s kotiranjem.

Slika 45: Štirikotnik (*Rectangle*)

Vir: Lasten

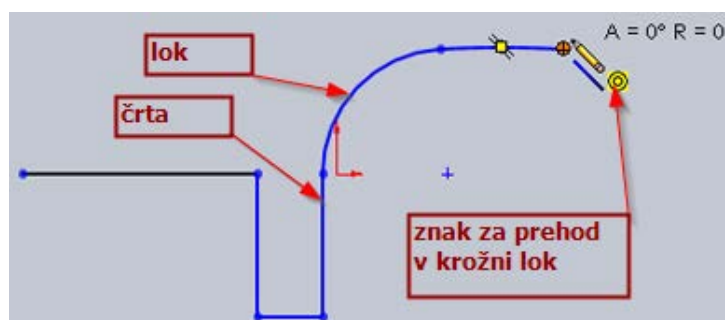
Mnogokotnik narišemo z orodjem v meniju **Tools->Sketch Entities->Polygon**. Pred risanjem določimo število kotov mnogokotnika (slika 46). Za določitev mnogokotnika moramo podati še njegovo diagonalo in kot, s katerim usmerimo lik.

Slika 46: Mnogokotnik (*Polygon*)

Vir: Lasten

3.1.6 Črte in loki

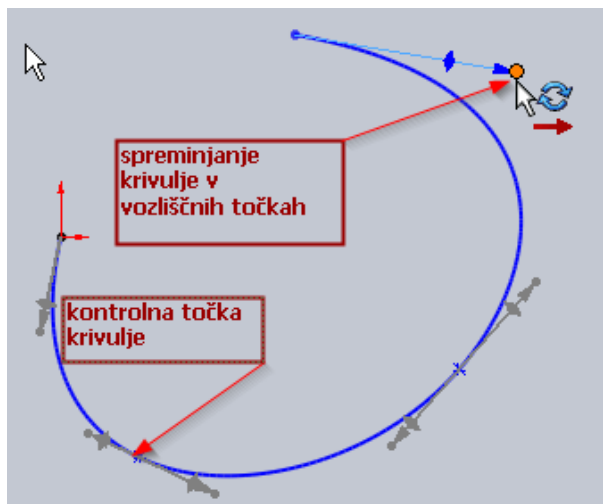
Pri risanju črt lahko med črte enostavno postavljamo tudi loki. Ko želimo med zaporedje črt vstaviti lok, se z miško zapeljemo v smer, kamor naj se lok nadaljuje (tangenta ali pravokotnica na trenutno črto), nato se vrnemo nazaj na točko kjer smo končali risanje zadnje črte. Ob točki se nato prikaže znak za risanje loka in v izbrani smeri lahko narišemo lok. Po loku lahko risanje nadaljujemo z novimi črtami oz. ponovimo postopek in narišemo še en lok. Med obema načinoma risanja črte ali loka, lahko preklapljava tudi s tipkovnico (*tipka A*).

Slika 47: Krožni lok (*Arc*)

Vir: Lasten

3.1.7 Krivulje

Z orodjem *Spline* rišemo krivulje. V orodni vrstici ali preko menija *Tools->Sketch Entities->Spline* aktiviramo postopek. S kazalcem miške postavljamo kontrolne točke segmentov krivulje, podobno kot pri črtah. Točke na krivuljah lahko uporabljamo pri naknadnem spreminjanju krivulj. V kontrolnih točkah spreminjamo orientacijo tangente (puščice) ali položaje točk (oranžne točke).

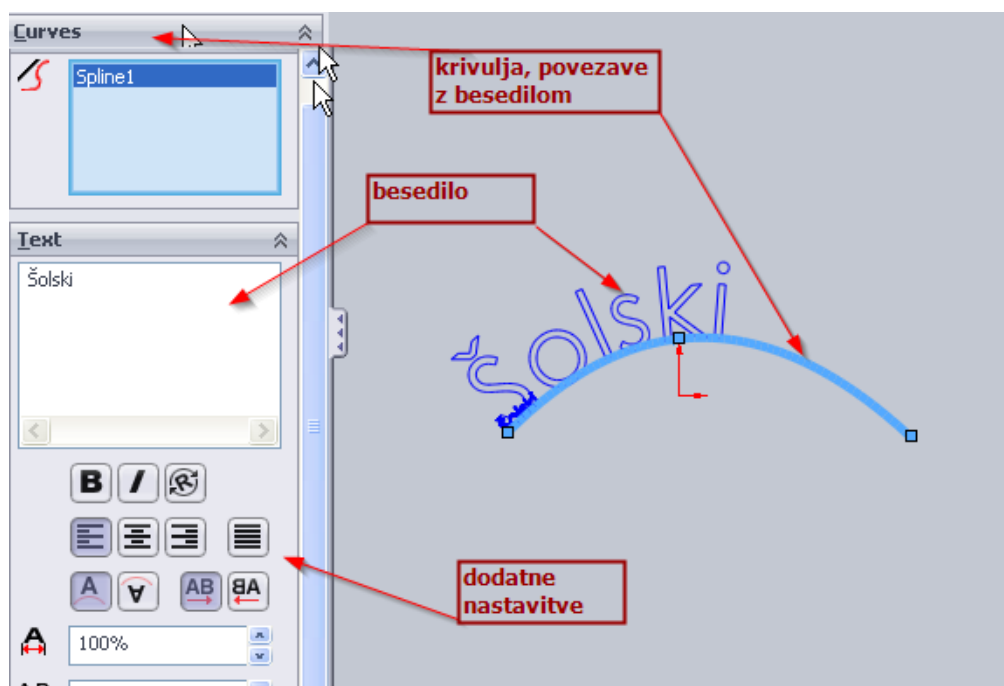


Slika 48: Krivulje (*Spline*)

Vir: Lasten

3.1.8 Besedilo

Tekst ali besedilo vstavljamo z orodjem *Tools->Sketch Entities->Text*. Besedilo vpišemo v polje *Text* v oknu z lastnostmi. Postavimo ga prosto v prostor ali ga vežemo na risarski element (črto, krivuljo ...). Če ga vežemo, kliknemo polje *Curves* v oknu z lastnostmi. Nato pokažemo na risarski element (*Spline1*) na katerega bomo vezali besedilo. Po potrebi spremenimo še ostale lastnosti: krepki tisk, položaj na vezanem elementu ... Vnos zaključimo s pritiskom na zeleno kljukico v oknu z lastnostmi.

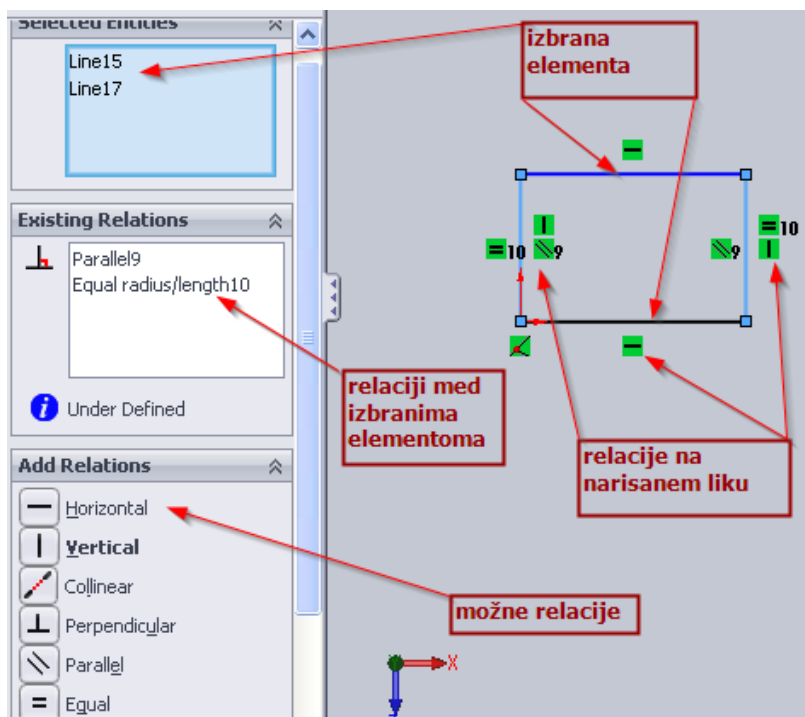


Slika 49: Besedilo (*Text*)

Vir: Lasten

3.1.9 Relacije med narisanimi elementi

Med narisanimi elementi, kot so črte, krogi in krivulje ..., lahko že med samim risanjem in tudi po njem postavljamo relacije. Relacije določajo odnose med elementi, ki se ohranjajo, tudi če elemente naknadno spreminjamo s premikanjem, spreminjanjem velikosti ali z drugimi spremembami. Poznamo več vrst relacij, vsaka vrsta je predstavljena s svojo oznako, ki je vidna ob narisnem elementu. Relacija lahko velja za cel element (npr. črto) ali pa le za del elementa (npr. začetno točko črte).



Slika 50: Relacije (*Relations*)

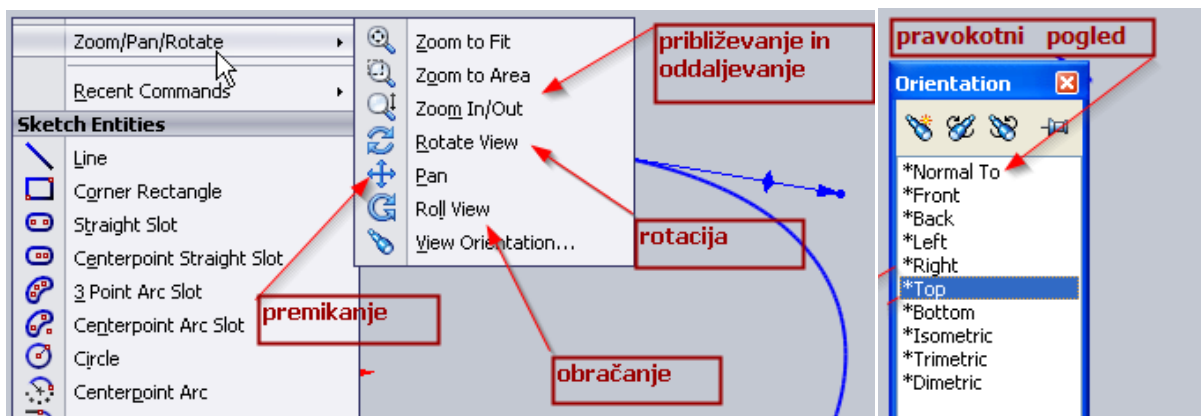
Vir: Lasten

Relacije posameznega elementa lahko vidimo v polju **Existing Relations**, kjer jih lahko pregledujemo, brišemo s **tipko Delete** ali dodajamo nove, ki so na voljo v **Add Relations**. Prikazujejo se le tiste relacije, ki so možne za trenutno izbrane elemente. Relacije so prav tako izbrisane na sami skici, kjer jih lahko izberemo s klikom in brišemo s **tipko Delete**. Če želimo videti vse relacije v skici, zberemo meni **Tools->Relations->Display/Delete**, ki nam v oknu z lastnostmi prikaži vse relacije. Če ne želimo prikazovanja relacij ob narisnem elementu, uporabimo ukaz **View->Sketch Relations**.

3.1.10 Vidno polje, približevanje, rotacija in pogledi

Pogled na skico v oknu programa SolidWorks lahko premikamo s pritiskom na **tipki Ctrl** plus **puščica**. Premikanje skice v vidnem polju dosežemo tudi z ukazom **Pan**, ki ga najdemo v hitrem meniju pod **Zoom/Pan/Rotate**. Oddaljevanje in približevanje skice napravimo z rotacijo kolesčka na miški ali preko ukaza v hitrem meniju **Zoom/Pan/Rotate->Zoom In/Out**. Ob tem ukazu držimo levi gumb miške in se z njo pomikamo naprej in nazaj (povečanje ali pomanjšanje). Ukaz **Zoom to Fit** prikaže celo risbo znotraj programskega okna.

Pogled lahko rotiramo z držanjem kolesčka in premikanjem miške. Podobno kot v prejšnjem primeru lahko to možnost dosežemo preko hitrega menija. V tem načinu ni potrebno držati kolesčka miške. S pritiskom na tipko preslednico (**Space**) dobimo orientacijsko okno **Orientation**, v katerem lahko izberemo prednastavljene **Front, Back, Left, Top** Izbira **Normal To** postavi pogled v smer normale (pravokotnice) na izbrani predmet oz. ravnino, na kateri delamo.



Slika 51: Vidno polje (Zoom/Pan/Rotate)

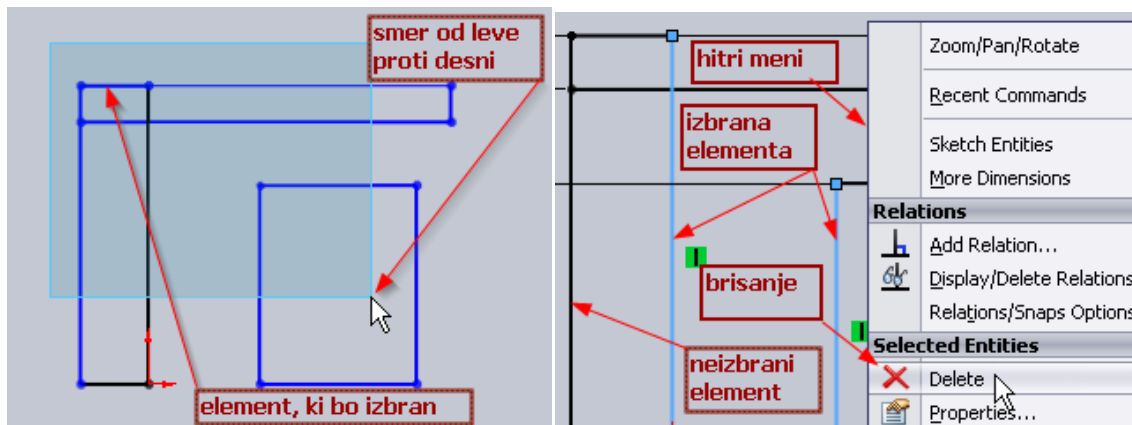
Vir: Lasten

3.1.11 Izbira in brisanje elementov

Če želimo elemente izbirati, moramo pred tem zaključiti uporabo trenutnega orodja, najlaže s pritiskom na tipko *Esc* na tipkovnici. Narisane elemente lahko izbiramo s pritiskom na levi miškin gumb in vlečenjem. Pri tem je važno, v katero smer vlečemo miško:

- vlečenje od leve proti desni izbere vse elemente, ki so v celoti znotraj pravokotnika, ki ga določimo z vlečenjem;
- vlečenje od desne proti levi izbere vse elemente, ki so (čeprav le delno) znotraj pravokotnika; elemente lahko izbiramo tudi s klikanjem: če ob klikanju držimo tipko *Shift* ali *Ctrl*, lahko s klikanjem izberemo več elementov.

Izbrane elemente lahko brišemo s tipko *Delete*. Druga možnost: na izbranem elementu kliknemo desno tipko na miški, da pokličemo hitri meni. Iz menija izberemo ukaz *Delete*. Kot ostala programska orodja ima tudi SolidWork možnost razveljavljanja ukazov preko menija *Edit->Undo* in ponovno uveljavljanje razveljavljenega ukaza *Edit->Redo*.

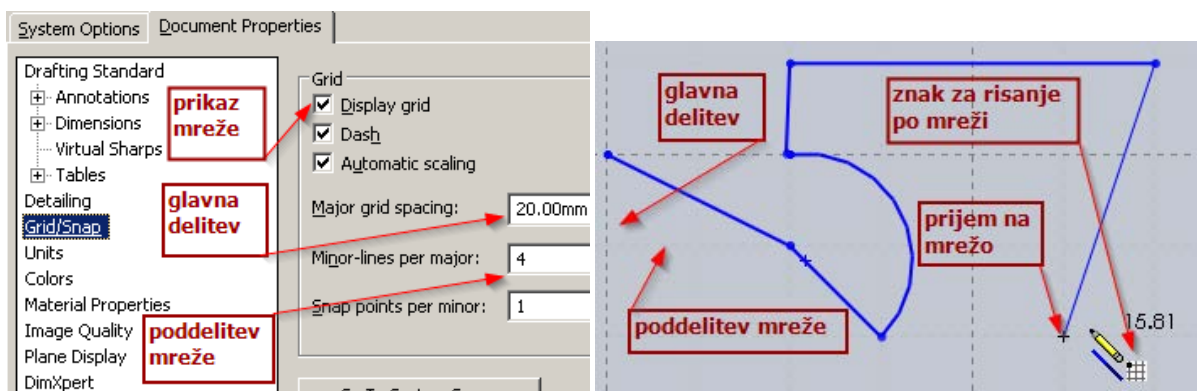


Slika 52: Izbira in brisanje

Vir: Lasten

3.1.12 Mreža in prijemanje na značilne točke (Grid, Snap)

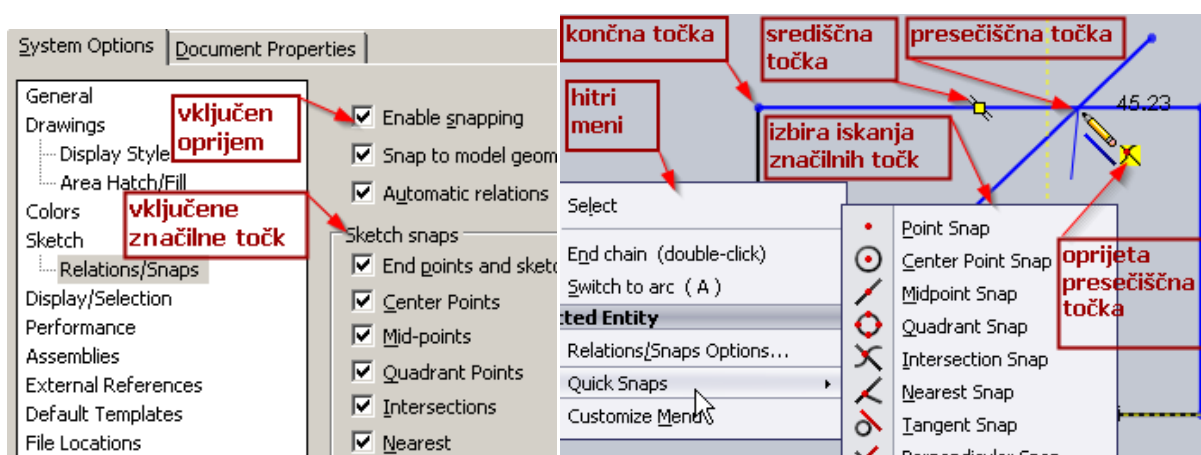
Pri risanju si lahko nastavimo mrežo, ki omejuje postavljanje točk le na določene položaje. Mrežo nastavljamo z menijem *Tools->Options* na zavihku *Document Properties*, izberemo *Grid/Snap*. Z *Display grid* vklopimo prikaz mreže, z *Major grid spacing* in *Minor-lines per major* nastavimo njeno gostoto in razdelitev. Nastavitve na sliki pomenijo, da bo glavna delitev mreže na 20 mm, vsak razdelek pa bo razdeljen še na 4 poddelitve, kar pomeni drobno delitev mreže na 5 mm. Pritisk na gumb *Go To System Snaps* nas prestavi v zavihek *System Options* v izbor *Sketch Relations/Snaps*.



Slika 53: Mreža (Grid)

Vir: Lasten

Opcija **Enable snapping** določa, ali bo prijetanje aktivno ali ne. Opcije **Sketch snaps** določajo oprijeme na značilne točke elementov: **End points** - končne točke, **Center points** - središče krogov in elips, **Mid-points** – središče elementa, **Intersection** – presečiščna točka, **Quadro Points** – štiri 90 stopinjske točke na krožnici, **Nearest** – najbližja točka ...



Slika 54: Prijemanje (Snap)

Vir: Lasten

Med risanjem se na že narisanih elementih pojavljajo značilne točke kamor lahko postavimo začetno ali končno točko risanege elementa. Preko hitrega menija z ukazom **Quick Snaps** vključimo iskanje oprijema za točno določeno značilno točko.

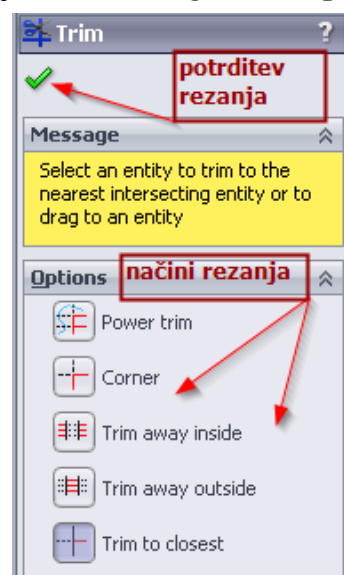
3.2 OSNOVNE OPERACIJE NAD SKICAMI

3.2.1 Rezanje (Trim)

Z orodjem za rezanje odrežemo oz. skrajšamo dele elementov v skicah. Orodje za rezanje izberemo v meniju **Tools->Sketch Tools->Trim**. V oknu z lastnostmi nato izberemo med več načini rezanja. Med seboj se razlikujejo po pogojih rezanja (slika 55).

Pomen opcij je sledeč:

- **Power trim**: omogoča, da s krivuljo obrišemo vse elemente, ki jih želimo odrezati.
- **Corner**: če se dva elementa križata, ju odreže tako, da tvorita kot.
- **Trim away inside**: omogoča izbiro dveh mejnih elementov, nato ostale elemente poreže tako, da pusti le

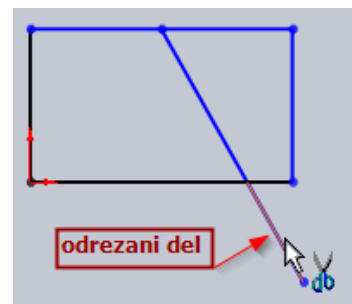


Slika 55: Rezanje (Trim)

Vir: Lasten

- dele zunaj mejnih elementov.
- **Trim away outside:** omogoča izbiro dveh mejnih elementov, nato ostale elemente poreže tako, da pusti le dele znotraj mejnih elementov.
 - **Trim to closest:** odreže izbrani element do prve meje s sosednjim elementom.

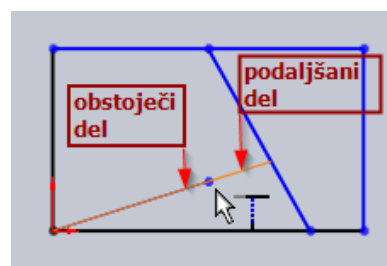
Največkrat se uporablja opcija **Trim to closest**, ki odreže del elementa do prvega presečišča z drugim elementom (slika 56). Ob izbiri te opcije lahko nato klikamo na dele elementov, ki jih želimo odrezati. Z rdečo barvo se pred rezanjem izriše tisti del elementa, ki bo odrezan. Po rezanju orodje ostane aktivno, če pa želimo zaključiti rezanje, lahko npr. pritisnemo **tipko Esc**.



Slika 56: Rezanje do prve meje
Vir: Lasten

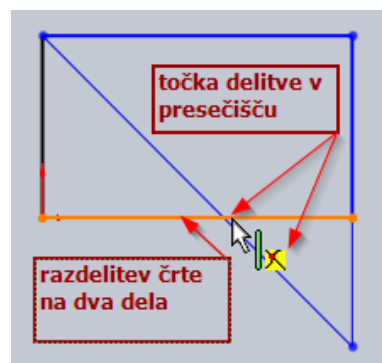
3.2.2 Podaljševanje (*Extend*) in razcepljanje (*Split*)

Z orodjem za podaljševanje lahko podaljšujemo elemente do prvega presečišča z drugimi elementi (slika 57). Orodje za podaljševanje izberemo v meniju **Tools->Sketch Tools->Extend**. Po izbiri orodja kazalec premaknemo nad element, ki ga želimo podaljšati; možen rezultat bo obarvan z rdečo. Element je podaljšan, ko izbiri potrdimo s klikom. Podaljšan del elementa postane celota, s tem se spremenijo lastnosti (dolžina elementa, značilne točke na njem ...).



Slika 57: Podaljševanje (*Extend*)
Vir: Lasten

Z orodjem za razcepljanje razdelimo element na več samostojnih elementov. Za razcepljanje izberemo v meniju **Tools->Sketch Tools->Split Entities**. Po izbiri orodja kazalec miške premaknemo nad element, ki ga želimo razcepiti (slika 58). Pokažemo točko, kjer ga želimo razdeliti in ob kliku bo element razdeljen na dva dela. Če želimo element deliti še na več delov, pokažemo na elementu še več razcepitvenih točk.



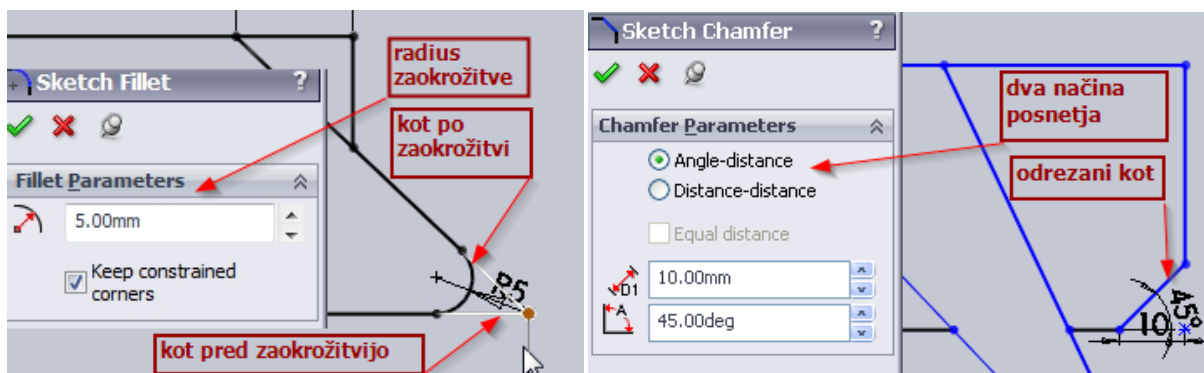
Slika 58: Razcepitev (*Split*)
Vir: Lasten

3.2.3 Zaokroževanje (*Fillet*) in posnemanje robov (*Chamfer*)

Ostre robove zaokrožimo z orodjem **Tools->Sketch Tools->Fillet**. Po izbiri orodja ali pred njo pokažemo kot ali dva elementa, med katerima želimo imeti zaokrožen rob. Vnesemo še radij zaokrožitve in potrdimo nastavitve na zeleni kljukici v oknu z lastnostmi orodja (slika 59). Če je radij zaokrožitve prevelik, se ob kazalcu miške izpiše opozorilni trak.

Posnetje ostrih robov napravimo z orodjem **Tools->Sketch Tools->Chamfer**. Po izbiri orodja ali pred njo izberemo oglišče, ki naj postane rezan rob, ali dva elementa, med katerima želimo rezan rob (slika 59). Na voljo imamo dve možnosti: določitev roba s kotom in dolžino od oglišča ali z dvema dolžinama od oglišča. Vnesemo ustrezne parametre in potrdimo z zeleno kljukico v oknu z lastnostmi. Tudi v tem primeru nas program opozori, če so nastavljene vrednosti v koloziji z narisanim predmetom.

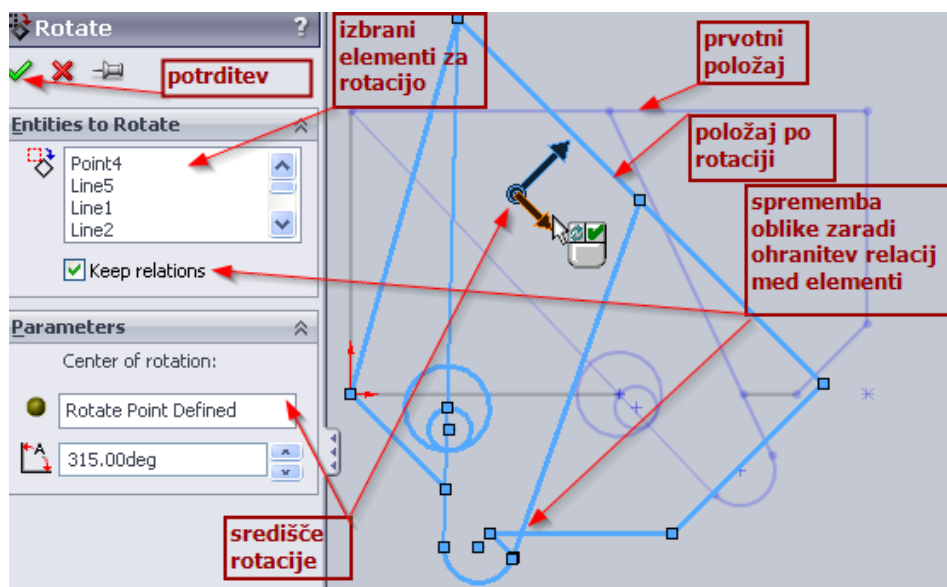
 Poznavanje različni orodij za risanje, omogoča večjo ustvarjalnost in produktivnost.

Slika 59: Zaokroževanje in posnemanje robov (*Fillet*, *Chamfer*)

Vir: Lasten

3.2.4 Rotacija in spreminjanje velikosti

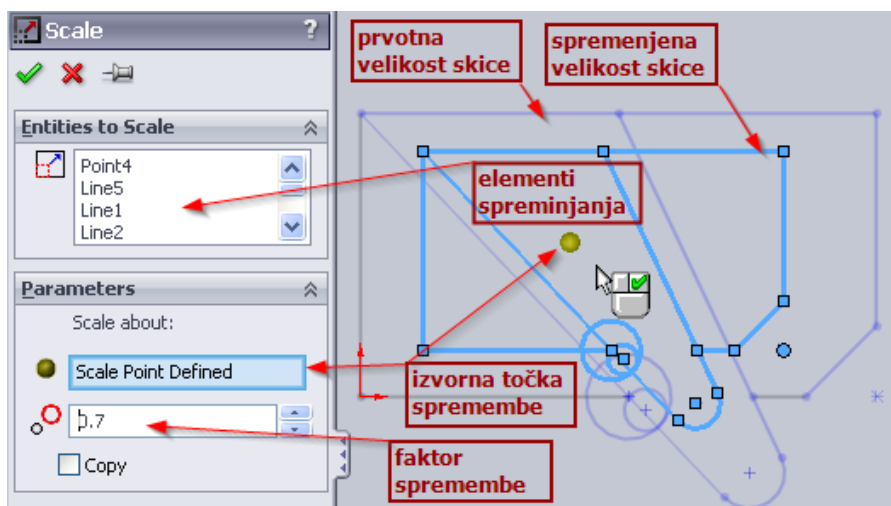
Z orodjem *Tools->Sketch Tools->Rotate* lahko rotiramo enega ali več elementov okoli poljubne točke (slika 60). Po izbiri orodja v polju *Entities to rotate* izberemo elemente za rotacijo, v polju *Center of rotation* določimo center rotacije in v polje *A* vpišemo kot rotacije. Pozitiven kot je nasproten smeri urinega kazalca. Opcija *Copy* pomeni, da bo izdelana kopija originalnih elementov. Vključitev *Keep relations* ob vrtenju ohranja relacije med elementi, saj lahko povzroči spremembo oblike po rotaciji. Rotacija se izvede, ko nastavljene parametre potrdimo z zeleno kljukico.



Slika 60: Rotacija (Rotate)

Vir: Lasten

Z orodjem *Tools->Sketch Tools->Scale* lahko spremenimo velikost enega ali več elementov (slika 61). Po izbiri orodja v polju *Entities to Scale* izberemo elemente, ki jih želimo povečati ali zmanjšati. V polju *Scale about* določimo izvorno točko povečevanja in v polje *Scale factor* vpišemo količnik spremembe. Vrednost, ki je večja od ene, elemente povečuje, manjša vrednost od ene pa jih zmanjša. Opcija *Copy* pomeni, da bo izdelana kopija originalnih elementov. Ko smo zadovoljni z rezultatom, pritisnemo na kljukico v oknu z lastnostmi.



Slika 61: Spreminjanje velikosti (Scale)

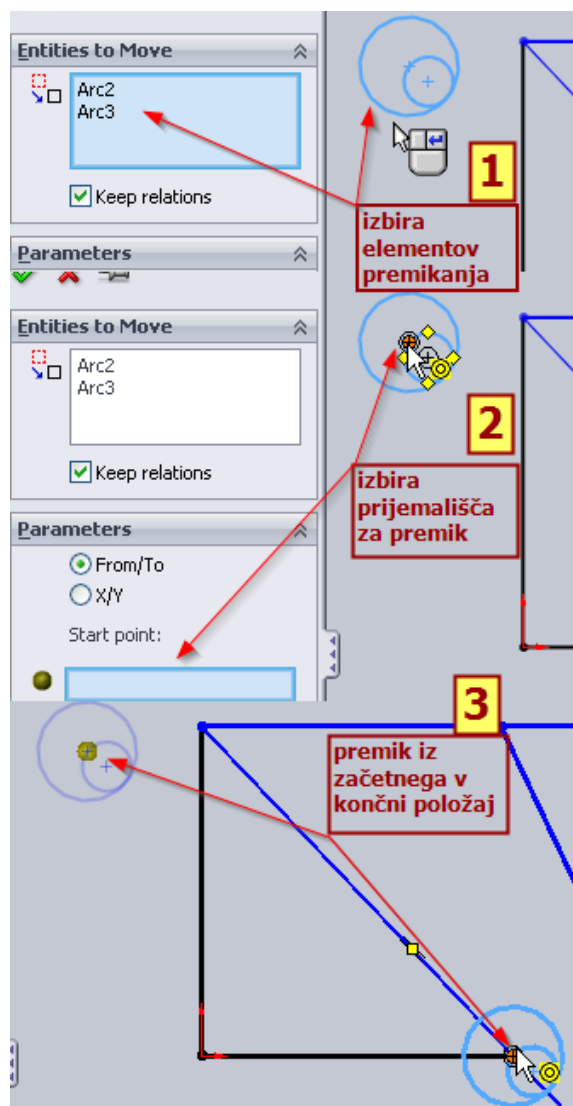
Vir: Lasten

3.2.5 Premikanje in kopiranje

Elemente skice lahko kopiramo na standarden Windows način z izbiro operacij **Edit->Cut**, **Copy** in jih nato prilepimo z ukazom **Paste**. Pred izvedbo te operacije moramo elemente izbrati. Prilepljeni elementi se postavijo na položaj miškinega kazalca v oknu.

Druga možnost je uporaba orodja v meniju **Tools->Sketch Tools->Move** ali **Copy**, s katerima lahko določimo dodatne parametre pri premikanju in kopiranju (slika 62). Ob izbiri orodja **Tools->Sketch Tools->Move** lahko v polju **Entities to move** izberemo elemente, ki jih želimo premakniti. Premik določimo z relativnim odklikom **X/Y** od trenutnega položaja ali s točko premika **Start point**. Po določitvi začetne točke premikanja z miško pokažemo novo lokacijo te točke.

Ob premiku lahko še določimo ali se ob tem ohranijo relacije med elementi **Keep relations**. Enake možnosti ima orodje **Tools->Sketch Tools->Copy**. V tem primeru dobimo na risbi podvojene elemente na pokazane končnem položaju.



Slika 62: Premikanje elementa

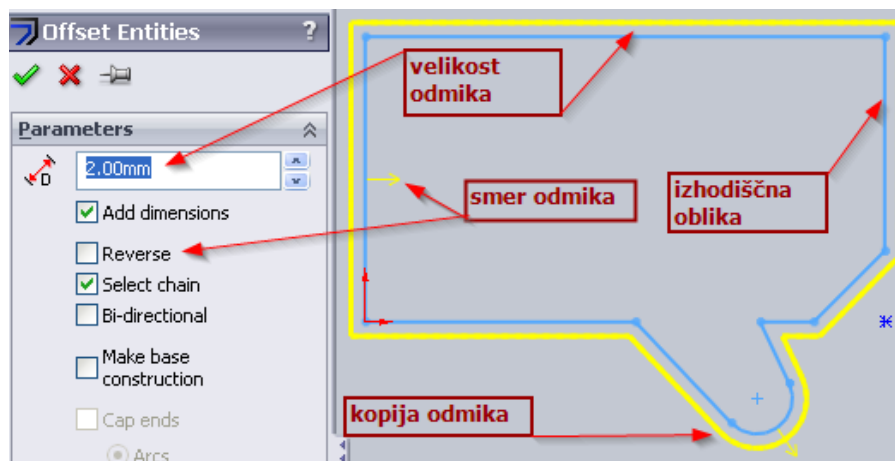
Vir: Lasten

3.2.6 Kopija z odklikom (Offset)

Kopijo predmeta, ki je postavljena na določeni razdalji glede na izbrani predmet, napravimo z orodjem **Tools->Sketch Tools->Offset**. Če spreminjamo predmet, se spreminja tudi njegova

kopija. Pred izbiro orodja ali po njej lahko izberemo element, ki ga kopiramo, in po potrebi nastavimo ustrezne parametre (slika 63). Najpomembnejši parametri so:

- **D:** velikost odmika od elementa;
- **Reverse:** smer kopije glede na element;
- **Select chain:** če je opcija izbrana, bo narejena kopija cele verige predmetov, če je element del te verige; sicer bo izbrana le kopija izbranega elementa;
- **Bi-directional:** kopija v obe smeri - če je izbrana ta opcija, lahko s **Cap ends** določamo, ali se bosta konca narejenih kopij stikala in kako.

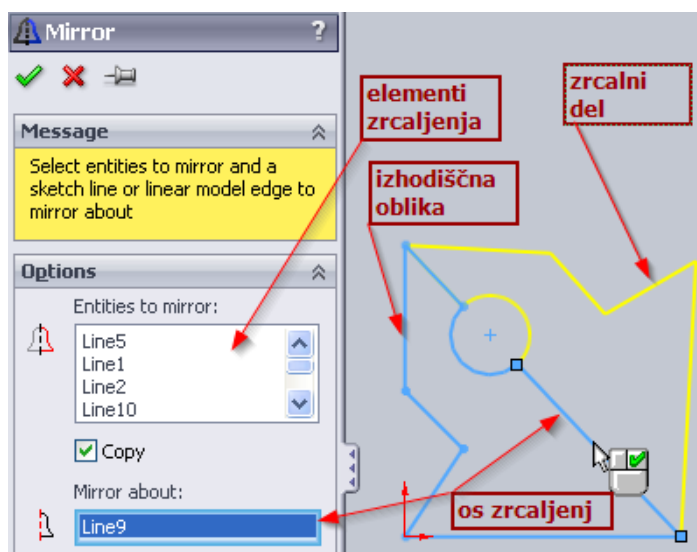


Slika 63: Kopija z odkom (Offset)

Vir: Lasten

3.2.7 Zrcaljenje (*Mirror*)

Risanje simetričnih likov pospešimo z orodjem **Tools->Sketch Tools->Mirror**. Napravimo zrcalno kopijo ali premik predmeta preko poljubne zrcalne osi. Če spreminjamo predmet, se spreminja tudi njegova zrcalna kopija. Po izbiri orodja najprej izberemo vse elemente, ki jih želimo zrcaliti **Entities to mirror**, nato v polje **Mirror about** izberemo os zrcaljenja. Os zrcaljenja je lahko poljubna črta v risbi. Opcija **Copy** pomeni, da je zrcalna oblika kopije originala, če pa opcija ni vključena, se napravi zrcaljenje z originalno obliko (slika 64). Ko izberemo os se izriše zrcalna kopija v rumeni barvi; če je prikaz ustrezen, to potrdimo s klikom na zeleno puščico.



Slika 64: Zrcaljenje (*Mirror*)

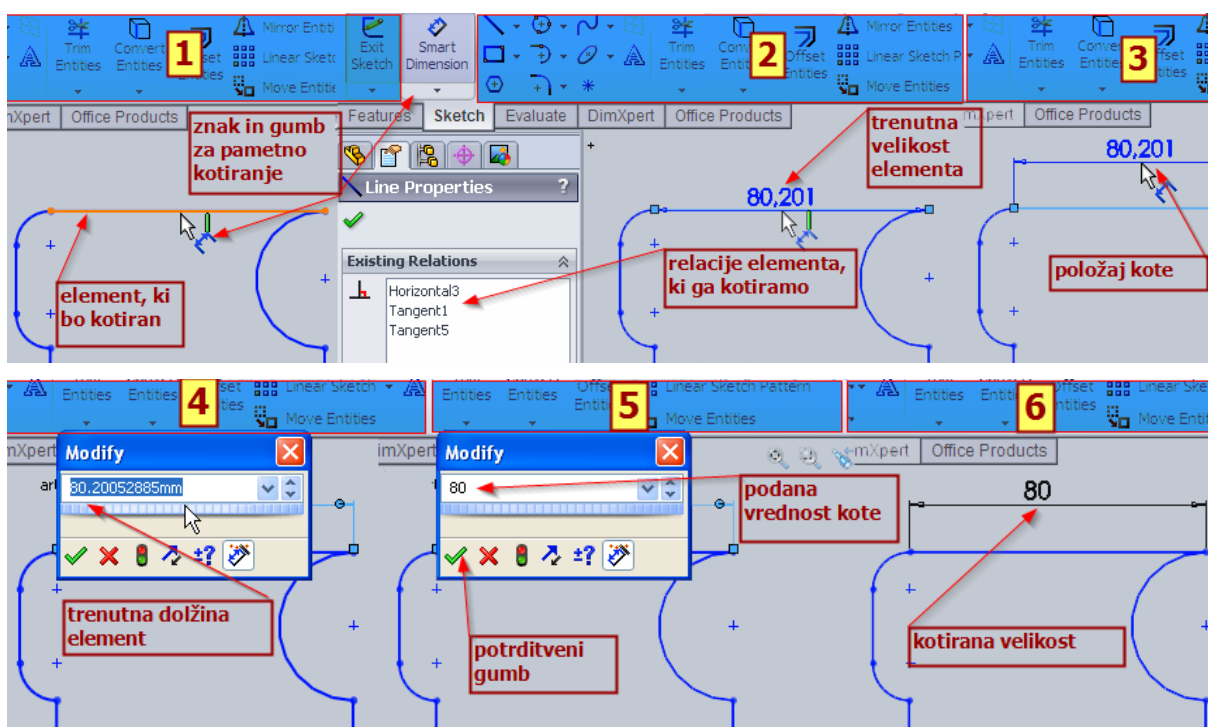
Vir: Lasten

3.3 KOTIRANJE

Elemente v skici lahko kotiramo z orodji za kotiranje. Pomembno je vedeti, da ko element kotiramo, je njegova velikost določena. Element se obarva črno, kar pomeni, da je določen. Takšnega elementa ne moremo več poljubno spreminjati z vlečenjem z miško. Element lahko spreminjamo le s spreminjanjem vrednosti kote z dvoklikom na koto in vpisom nove vrednosti.

3.3.1 »Pametno« kotiranje (*Smart Dimension*)

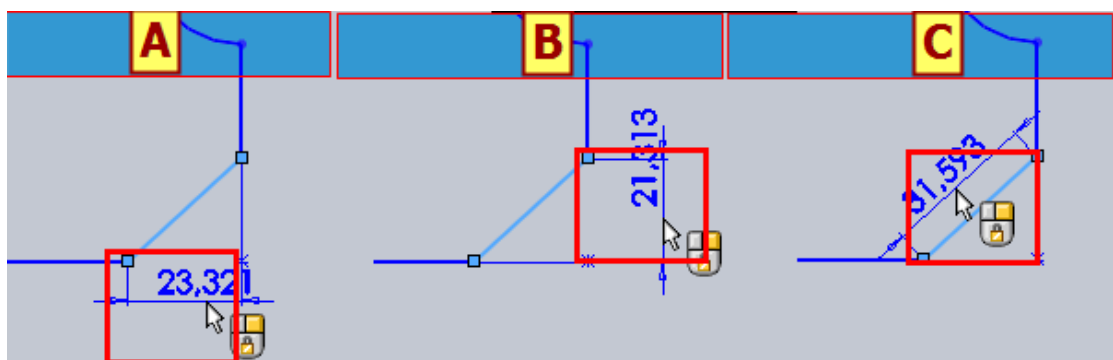
Večji del opravil pri kotiranju lahko izvajamo preko orodja za »pametno« kotiranje v meniju **Tools->Dimensions->Smart Dimension**. Orodje prilagaja vrsto kote (horizontalna, vertikalna, poševna ...) tipu elementa, ki ga kotiramo. Po izbiri orodja enostavno kliknemo na element, ki ga želimo kotirati. Pokažemo položaj kote in položaj napisa kotirane vrednosti. V pogovornem oknu lahko popravimo trenutno prikazano vrednost kote. Kotiranje končamo s klikom na potrditveno zeleno kljukico (slika 65).



Slika 65: Postopek kotiranja dolžine daljice

Vir: Lasten

3.3.2 Kotiranje poševnih črt in kotiranje točk



Slika 66: Kotiranje poševnih črt

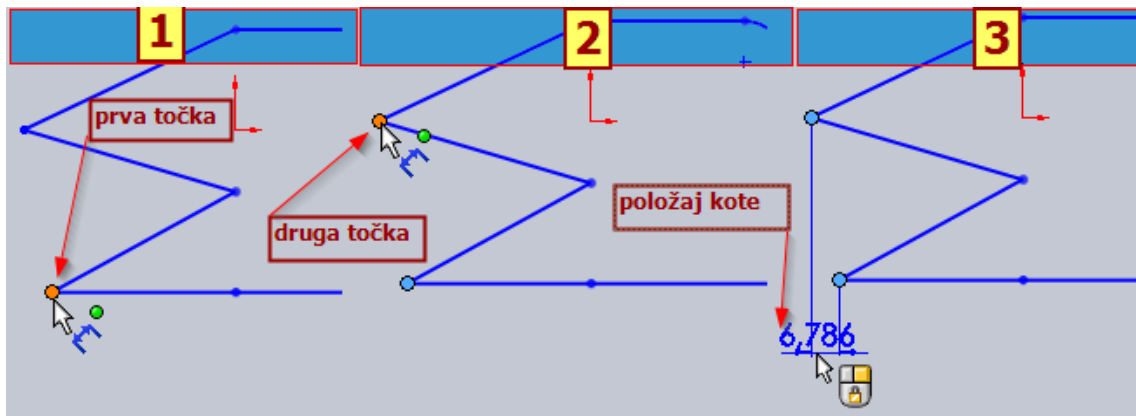
Vir: Lasten

Pri kotiranju poševnih črt lahko s položajem miške določimo (slika 66), ali želimo kotirati:

- A - v vodoravni smeri - kazalec miške pod horizontalno črto,
- B - v navpični smeri - kazalec miške desno od vertikalne črte ali
- C - vzporedno s črto - kazalec miške ob poševni črti.

Pokažemo položaj kote in položaj napisa kotirane vrednosti. Popravimo ali potrdimo trenutno prikazano vrednost kote. Kotiranje končamo s klikom na potrditveno zeleno kljukico.

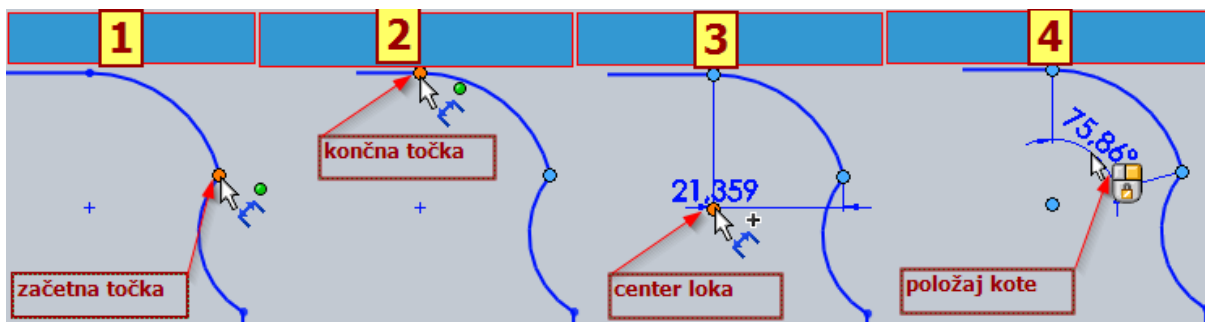
Razdaljo med točkama kotiramo z izbiro obeh točk. Položaja kote določimo kot pri kotiranju poševnih črt (slika 67).



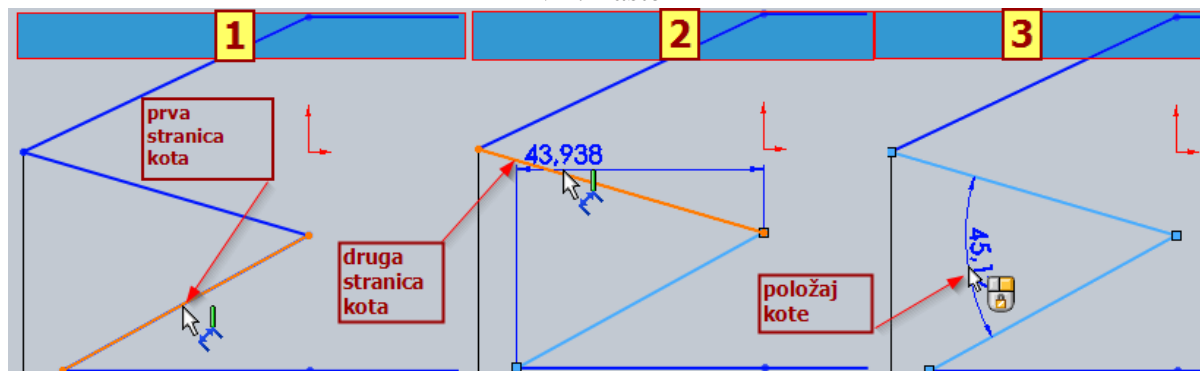
Slika 67: Kotiranje razdalje med dvema točkama
Vir: Lasten

3.3.3 Kotiranje krogov, lokov in kotov med črtami

Privzeta nastavitvev SolidWorksa je, da ob kliku na krog avtomatsko kotira premer kroga in doda oznako za krog Φ . Pri kliku na krožni lok kotira radij loka in doda oznako R . Če želimo kotirati kot loka z orodjem *Smart Dimension*, najprej izberemo začetno točko loka, nato končno točko loka, sledi center loka in na koncu še položaj kote (slika 68).



Slika 68: Kotiranje kota krožnega loka
Vir: Lasten

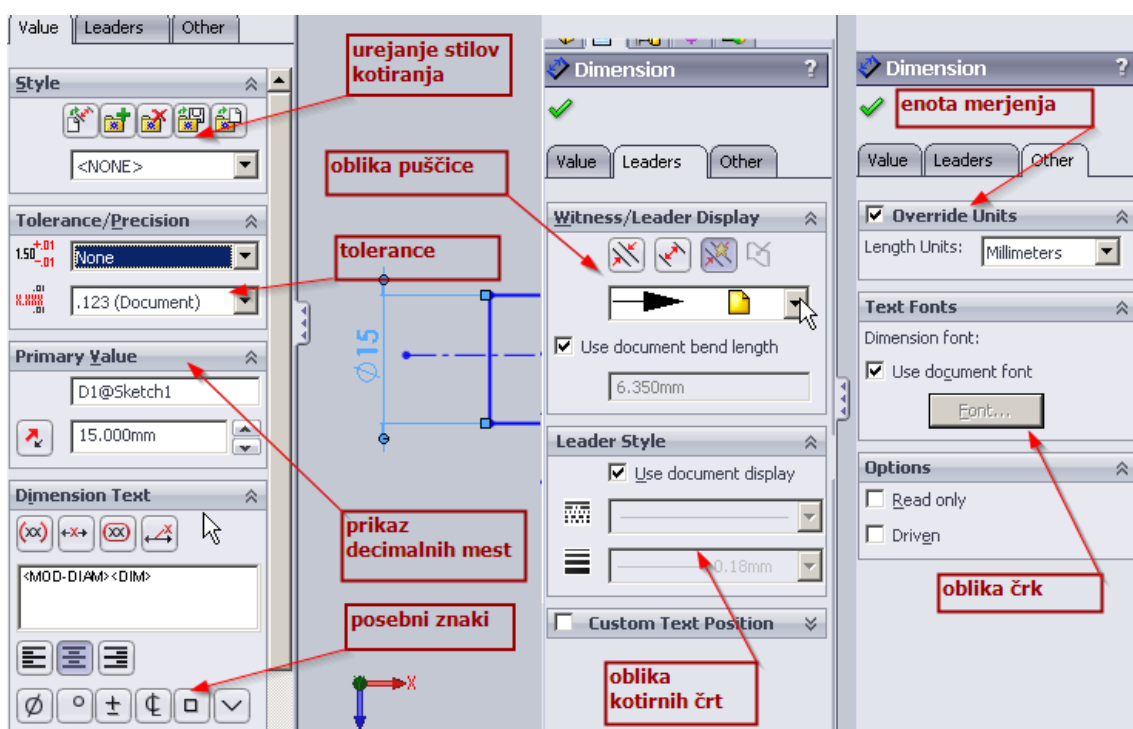


Slika 69: Kotiranje kota med stranicama
Vir: Lasten

Kadar želimo kotirati kot med dvema stranicama (slika 69), izberemo najprej prvo stranico, ki oklepa kot, nato še drugo in na koncu določimo položaj kote. Ob vrednosti se samodejno izpiše znak za stopinje.

3.3.4 Lastnosti kot in uporaba stila kotiranja

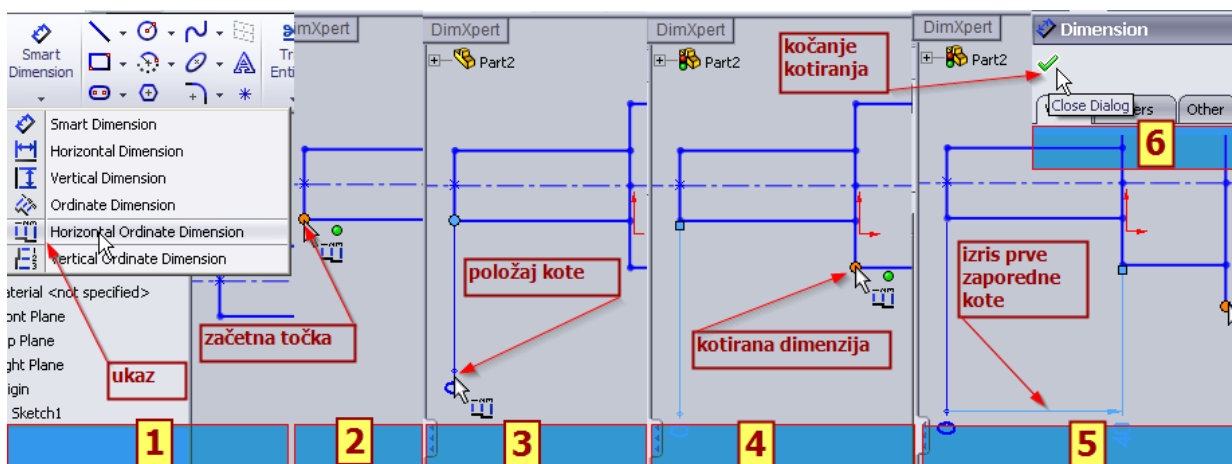
Ob izbiri kote se v oknu z lastnostmi izpišejo trenutne nastavitve prikazovanja kote. Hkrati s tem dobimo tudi možnost, da spremenimo vse te lastnosti (slika 70). V zavihku **Value** spreminjamo stile, položaj besedila glede na kotirne črte, prikaz števila decimalnih mest, posebne znake, tolerance ... V zavihku **Leaders** spreminjamo obliko puščic in kotirnih črt ter v zavihku **Other** še pisavo. Na novo spremenjene lastnosti kote shranimo kot predlogo **Style**. Svoje stile kotiranja poimenujemo in jih kasneje uveljavimo v drugih risbah. Če določene stila ne potrebujemo več, ga preprosto odstranimo.



Slika 70: Lastnosti kot in uporaba stila kotiranja

Vir: Lasten

3.3.5 Zaporedne kote



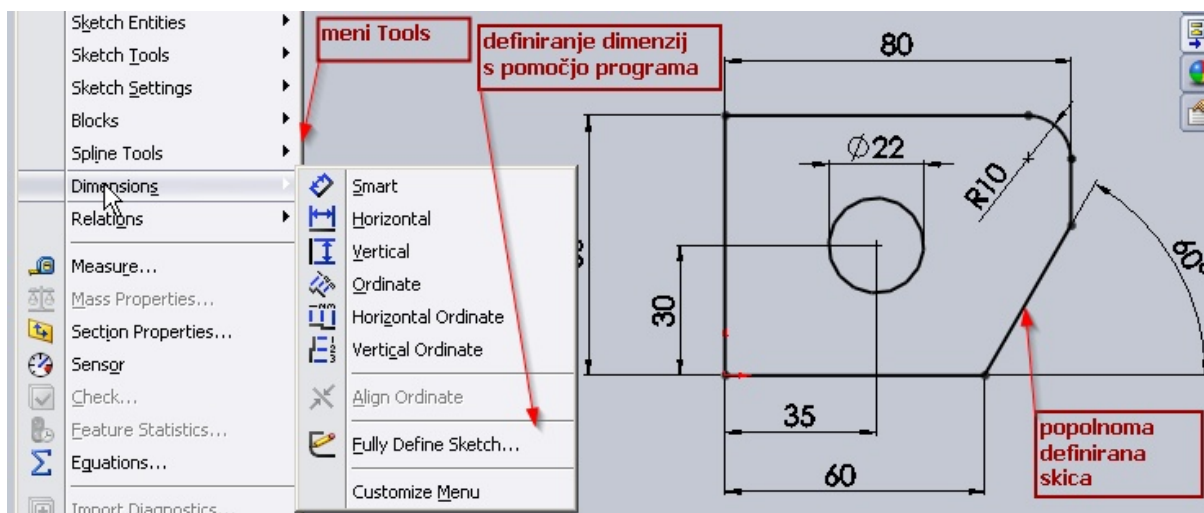
Slika 71: Zaporedne kote

Vir: Lasten

Če želimo skico kotirati z naraščajočim zaporedjem kot, lahko to storimo z orodji **Tools**->**Dimensions**->**Horizontal Ordinate** ali **Vertical Ordinate**. Po izbiri orodja izberemo začetno točko kotiranja in položaj kote, nato pa lahko izbiramo nadaljnje točke in kote se bodo postavljale avtomatsko (slika 71). Zaporedno kotiranje zaključimo s pritiskom na zeleno kljukico v oknu z lastnostmi.

3.3.6 Popolno definirana skica

Če so s kotami in relacijami med elementi določene vse veličine v skici, je takšna skica popolnoma definirana. Popolno definirane skice se v Solidworksu obarvajo črno. Če nam ročno ne uspe podati vseh kot ali ustreznih relacij med elementi skice, da bi bila skica povsem definirana, si pomagamo z ukazom **Tools**->**Dimensions**->**Fully Define Sketch ...**, ki računsko določi in postavi vse potrebne kote za popolno definiranje skice (slika 72).

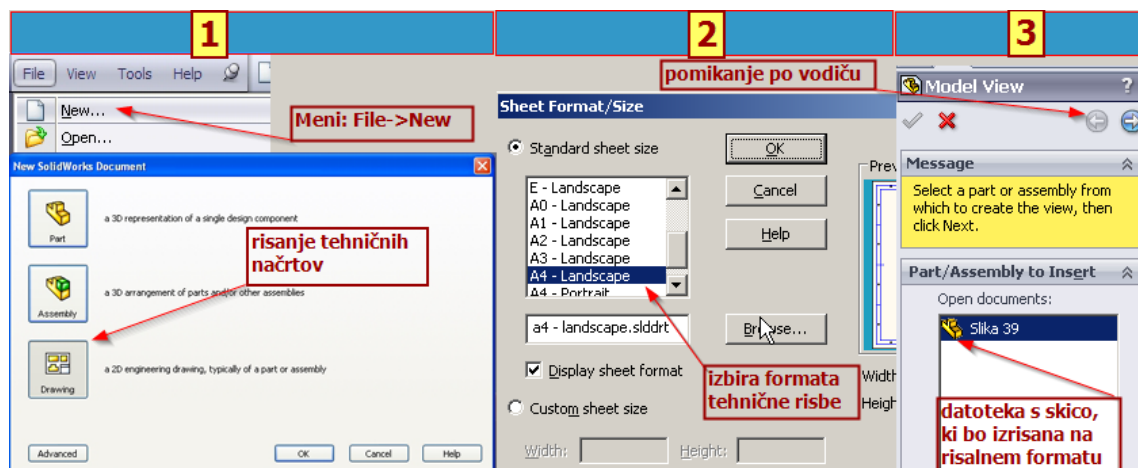


Slika 72: Definiranje skice

Vir: Lasten

3.3.7 Tehniški prikaz risbe

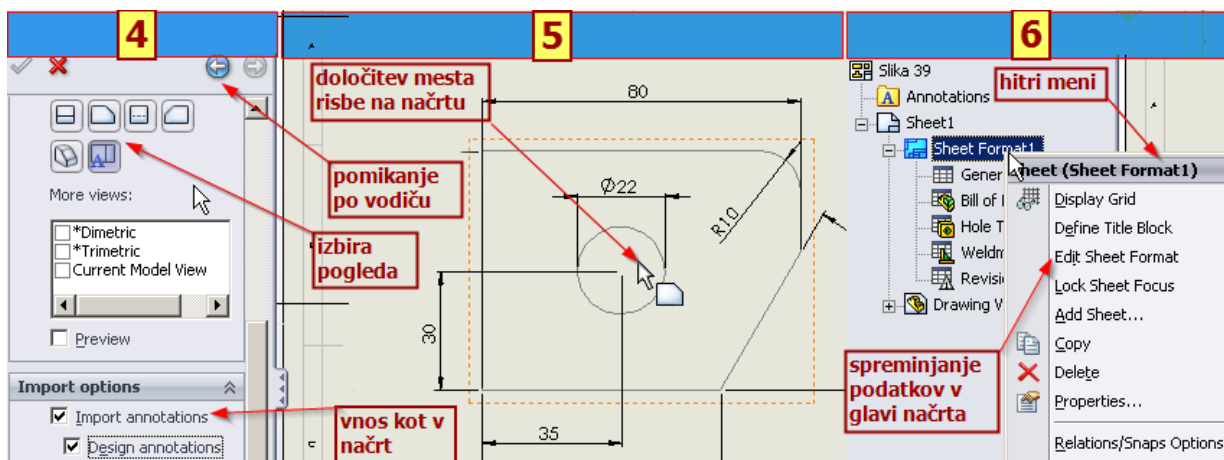
Tehnično komuniciranje zahteva, da risbo opremimo še s podatki, ki jih napišemo v glavo risbe - **Title**. Risbo postavimo na ustrezen standardiziran format A4, A3 ... in jo tako pripravimo za izpis na papir. Za vse to ima program že vnaprej pripravljene formate in forme, ki jih samo dopolnimo s svojimi podatki ali po potrebi korigiramo že obstoječe nastavitve. Preko ukaza **File**->**New** sledimo vodiču za spreminjanje in potrjevanje potrebnih podatkov pred izrisom izdelka (slika 73).



Slika 73: Prvi del postopka tehniškega prikaza risbe

Vir: Lasten

Po osnovnih nastavitvah za izris, določimo v nadaljevanju pogled na izdelek in vključimo po potrebi vnos kot, ki smo jih postavili med risanjem. Sledi določitev mesta risbe na izbranem formatu papirja za izris, in če želimo, določimo še položaj ostalih pogledov. Z uporabo hitrega menija na drevesni veji *Sheet Format->Edit Sheet Format* odpremo možnost izpolnjevanje glave tehniške risbe (slika 74).

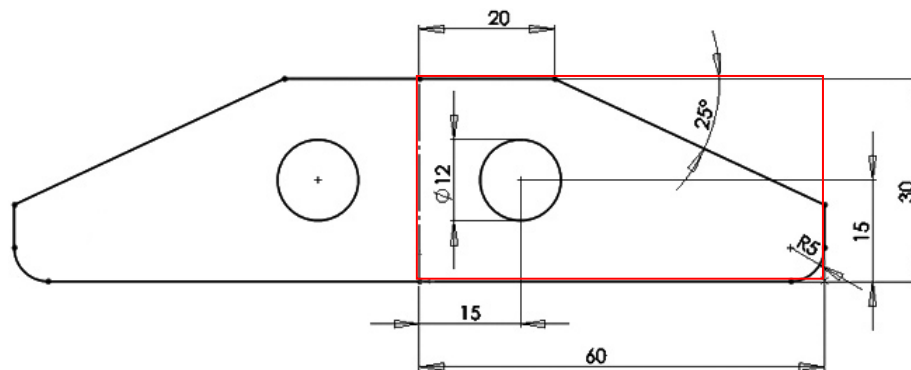


Slika 74: Drugi del postopka tehniškega prikaza risbe

Vir: Lasten

3.4 KRATEK VODIČ RISANJA S SOLIDWORKSOM

Danes je v navadi učenje računalniških programov s pomočjo slikovnih ali video vodičev. Ta način je običajno bistveno cenejši od demonstracijskega dela v specializiranih učilnicah. Naš primer slikovnega vodiča prikazuje postopek risanja podložne plošče (slika 75). Kako pristopimo k risanju je odvisno od našega znanja in razumevanja oblike izdelka. Postopkov risanja je lahko več, pravilni pa je tisti, ki pripelje do ustrezno izrisanega načrta.



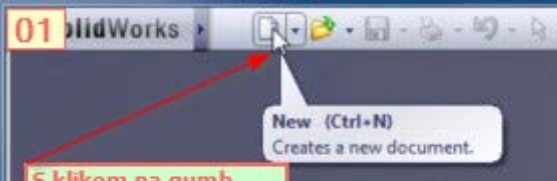
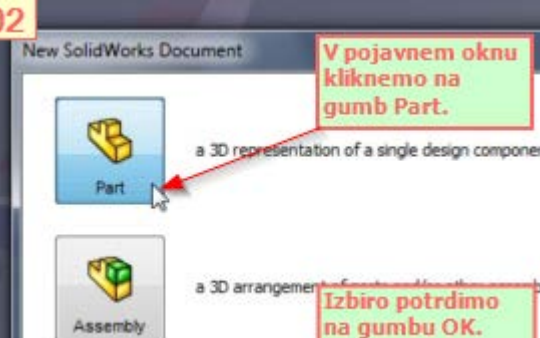

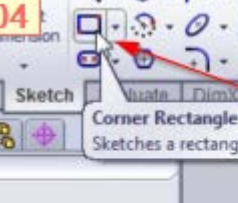


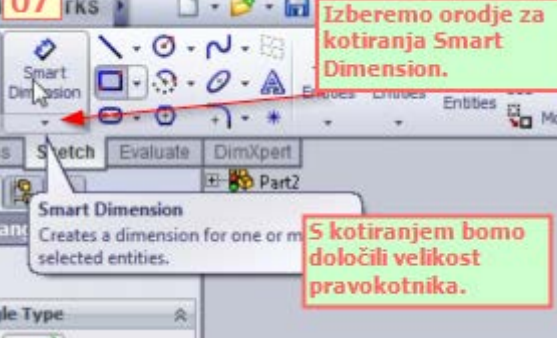


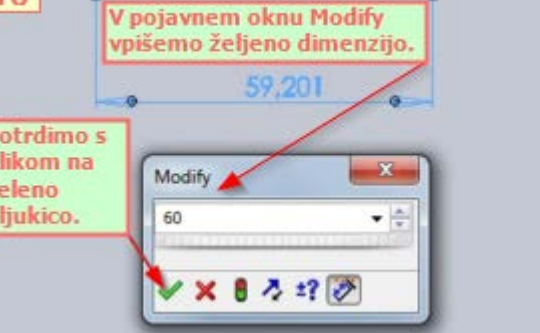
Slika 75: Risba Podložne plošče

Vir: Lasten

Vodič risanja se začne z risanjem pravokotnika (slika 75) (rdeče obarvan), ki predstavlja desno polovico risbe. Pravokotniku se poševno odreže desni zgornji vogal in zaokroži desni spodnji vogal. Sledi risanje kroga na desni strani simetralne črte. Vsak narisan element se kotira sproti. Izkoristi se simetričnost lika, tako da se preko leve stranice pravokotnika zrcali desna oblika. Levo stranico pravokotnika spremenimo v simetralo. Izdelek je narisan in pripravljen za nadaljnjo uporabo kot osnova za 3D prikaz ali za izris na tehnični načrt.



Vodič prikazuje samo enega od več možnih postopkov risanja podložne plošče.

<p>01 SolidWorks</p>  <p>New (Ctrl+N) Creates a new document.</p> <p>S klikom na gumb New odpremo nov dokument za risanje.</p> <p>Lahko kliknemo tudi meni File > New.</p>	<p>02 New SolidWorks Document</p>  <p>V pojavnem oknu kliknemo na gumb Part.</p> <p>Izbiro potrdimo na gumbu OK.</p>
<p>03 Sketch</p>  <p>S klikom na gumb Sketch v pojavnem oknu aktiviramo risanje v tej ravnini.</p> <p>Izberemo ravnino Top Plane, v kateri bomo risali.</p>	<p>04 Corner Rectangle</p>  <p>Corner Rectangle Sketches a rectangle.</p> <p>Izberemo orodje za risanje Corner Rectangle.</p> <p>Pravokotnik bomo narisali tako, da bomo podali dve točki - nasprotni oglišči.</p>
<p>05 Plane</p>  <p>Na ravnini Top Plane pokažemo prvo točko pravokotnika v koordinatnem izhodišču.</p>	<p>06 x = 59.2, y = 30.33</p>  <p>Velikost pravokotnika je poljubna.</p> <p>Orodje izklopimo s pritiskom na tipko Esc na tipkovnici.</p>
<p>07 Smart Dimension</p>  <p>Smart Dimension Creates a dimension for one or more selected entities.</p> <p>Izberemo orodje za kotiranje Smart Dimension.</p> <p>S kotiranjem bomo določili velikost pravokotnika.</p>	<p>08</p>  <p>Kliknemo na stranico, ki ji bomo s kotiranjem določili dimenzijo.</p>
<p>09</p>  <p>Po kliku se prikaže kota s trenutno vrednostjo dimenzije. Pokažemo položaj kote.</p>	<p>10</p>  <p>V pojavnem oknu Modify vpišemo željeno dimenzijo.</p> <p>Potrdimo s klikom na zeleno kljukico.</p>


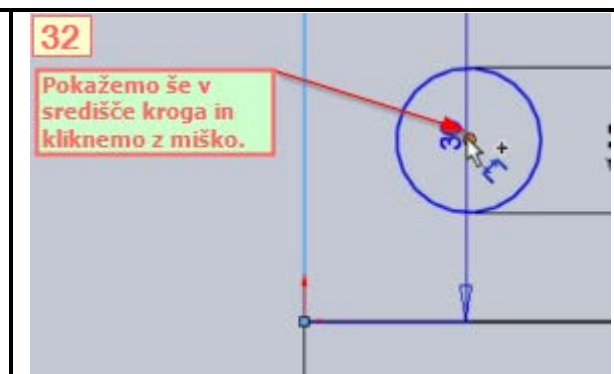





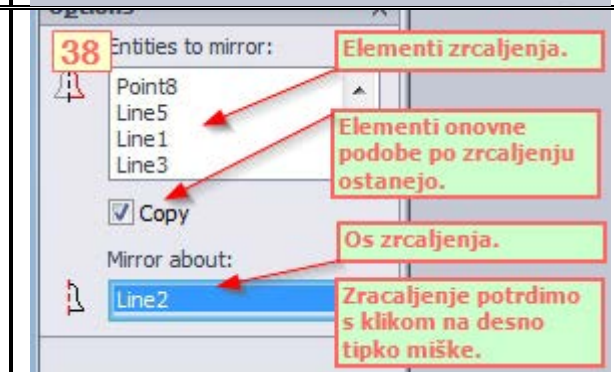


Vir: Lasten

<p>11 Postopek kotiranja ponovimo za levo vertikano stranico.</p> <p>Izberemo levo stranico, ker bo desna odrezana.</p> <p>Koto prenesemo na desno stran.</p> <p>Pravokotnik je definiran.</p>	<p>12</p> <p>Izberemo orodje Line za risanje črt.</p> <p>Narisali bomo poševnico.</p>
<p>13</p> <p>Pokažemo prvo točko daljice na gornji horizontalni stranici pravokotnika.</p> <p>Pazimo, da je horizontalna stranica pravokotnika oranžno obrvana ob kliku za prvo točko.</p>	<p>14</p> <p>Pokažemo drugo točko daljice na desni vertikalni stranici.</p> <p>Pazimo, da je stranica pravokotnika oranžno obrvana ob kliku za drugo točko.</p>
<p>15</p> <p>Izberemo rodje Trim s katerim bomo odrezali odvečne dele strenic pravokotnika</p>	<p>16 V nastavitvah Options nastavimo Trim to closest.</p> <p>Pokažemo na desno stran zgornje horizontalne stranice.</p> <p>Kliknemo, ko se odrezani del obarva rdeče.</p>
<p>17</p> <p>Pokažemo na zgornji del desne vertikalne stranice.</p> <p>Odrezani del se obarva v rdeče. Kliknemo!</p> <p>Dobili smo poševno odrezan vogal pravokotnika.</p>	<p>18</p> <p>Kotiramo odmik poševnice od leve stranice pravokotnika, tako da pokažemo na preostali del odrezane stranice.</p>
<p>19</p> <p>Kotiramo kot nagiba, da definiramo nagib.</p> <p>Pokažemo na horizontalno odrezano stranico pravokotnika.</p>	<p>20</p> <p>Pokažemo še na drugo stranico, ki oklepa kot nagiba.</p>

Vir: Lasten

<p>21</p> <p>Določimo položaj kote in vpišemo zahtevano vrednost kota.</p>	<p>22</p> <p>Izberemo orodje Sketch Fillet.</p> <p>Z orodjem za zaokrožitev, bomo zaokrožili oglišče.</p>
<p>23</p> <p>V oknu z lastnostmi orodja nastavimo radij zaokrožitve.</p>	<p>24</p> <p>Pokažemo na levo spodnje oglišče.</p> <p>Ko se pojavi oranžni krogec, kliknemo z miško.</p>
<p>25</p> <p>Oglišče se zaokroži in samodejno kotira.</p> <p>Zaorožitev potrdimo s klikom na zeleno kljukico v oknu z lastnostmi orodja.</p>	<p>26</p> <p>Izberemo orodje Circle za risanje krogov. Krog definiramo s središčem in radiusom.</p> <p>S krogom bomo narisali krožno izvrtino na izdelku.</p>
<p>27</p> <p>Z orodjem se pomaknemo na približno mesto središča kroga.</p> <p>Kliknemo z miško.</p>	<p>28</p> <p>Od središča povlečemo za razdaljo polmerakroga.</p> <p>Kliknemo z miško.</p>
<p>29</p> <p>Izberemo orodje za kotiranje.</p> <p>Kotiramo dimenzijo kroga, tako da kliknemo na krožnico, ki se pred tem obarva oranžno.</p>	<p>30</p> <p>Pokažemo položaj kote in nato vpišemo premer kroga.</p>

Vir: Lasten

<p>31</p> <p>Kotiramo oddaljenost središča kroga od leve stranice.</p> <p>Pokažemo na levo stranico in kliknemo z miško</p> 	<p>32</p> <p>Pokažemo še v središče kroga in kliknemo z miško.</p> 
<p>33</p> <p>Pokažemo položaj kote pod spodnjo stranico in vpišemo vrednost.</p> <p>18,746</p> <p>60</p> 	<p>34</p> <p>Postopek ponovimo za horizontalno oddaljenost.</p> <p>Položaj središča kroga je definiran.</p> 
<p>35</p> <p>Mirror Entities</p> <p>Mirrors selected entities about a ce</p> <p>Z zrcaljenjem narašemo simetrični drugi del izdelka.</p> <p>Izberemo orodje za zrcaljenje - Mirror Entities.</p> 	<p>36</p> <p>Izbira elementov zrcaljenja.</p> <p>Kliknemo levo zgoraj.</p> <p>Večamo moder okvir, da objavemo elemente.</p> <p>Spustimo in kliknemo desno tipko na miški.</p> 
<p>37</p> <p>S klikom pokažemo os zrcaljenja. Leva stranica pravokotnika.</p> <p>Pojavi se zrcalna podoba.</p> 	<p>38</p> <p>Entities to mirror:</p> <p>Point8</p> <p>Line5</p> <p>Line1</p> <p>Line3</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Copy</p> <p>Mirror about:</p> <p>Line2</p> <p>Elementi zrcaljenja.</p> <p>Elementi onovne podobe po zrcaljenju ostanejo.</p> <p>Os zrcaljenja.</p> <p>Zrcaljenje potrdimo s klikom na desno tipko miške.</p> 
<p>39</p> <p>Podoba po zrcaljenju.</p> <p>Črta zrcaljenja je sedaj odveč.</p> 	<p>40</p> <p>Črto bomo spremenili v konstrukcijsko črto - središčnico.</p> <p>S kazalčen miške kliknemo na črto.</p> 

Vir: Lasten

41 V oknu Line Properties z lastnostmi izbranega elementa postavimo kljukico za For construction.

42 Črta se iz polne oblike spremeni v središčnico.
Črta predstavlja simetralo izdelka.

43 Risanje načrta zaključimo s klikom na gumb.
Urejevalnik risanja se zapre.

44 Narisani element se vidi v drevesni strukturi izdelka.
Za ponovno urejanje kliknemo na Sketch1 in izberemo Edit Sketch.

45 a 3D arrangement of parts and/or other assemblies
a 2D engineering drawing, typically of a part or assembly
Narisani izdelek bomo prikazali na tehničnem načrtu.
V orodni vrstici kliknemo gumb New.
V pogovornem oknu izberemo Drawing in nato kliknemo OK.

46 Izberemo ustrezno dimenzijo in orientacijo tehniške risbe A4-Ležeče (A4-Landscape).

47 Izberemo izdelek in kliknemo na gumb Next.
Izriše se okvir in glava tehniške risbe.

48 Izberemo vrsto projekcije - Top.
V izbiri Import options izberemo: Import annotations in Desing annotations, da v načrt prenese vse postavljene kote.

49 Pokažemo mesto predmeta na risbi in potrdimo s klikom miške.

50 Postavitev potrdimo v oknu Projected View.
Po potrebi izpolnimo glavo risbe.

Vir: Lasten

Povzetek

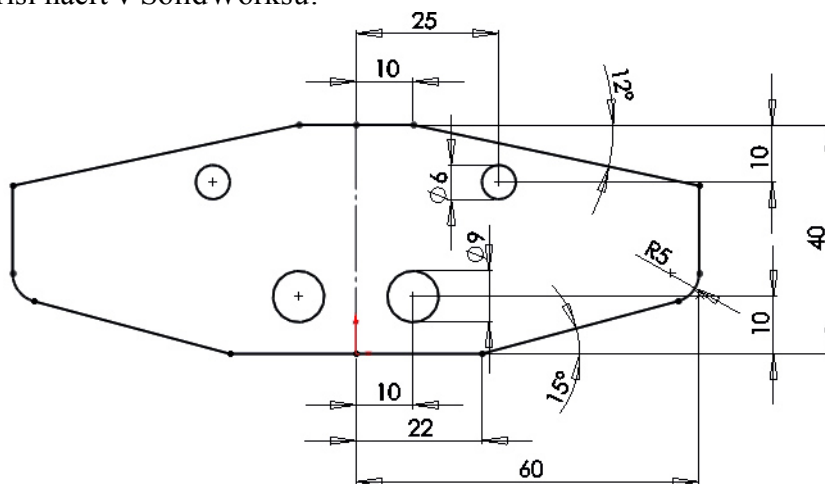
V poglavju so predstavljena najosnovnejša znanja uporabe računalniškega orodja SolidWorks. Risanje elementarnih grafičnih podob: črta, krog, pravokotnik, krivulja ..., predstavljajo uvodni del. Ob risanju je potrebno skice dopolnjevati ali popraviti že narisano. To omogočajo orodja za zaokrožitev, rezanje, podaljšanje, zrcaljenje ... Naslednja faza v risanju je kotiranje narisanih dimenzij skice in na koncu še tehnični prikaz narisane. Z usvojenim znanjem lahko pričenmo risati preproste tehnične načrte. Obsežnost programa SolidWorks je zelo velika, zato ga osvajamo postopno s praktičnim risanjem in uporabo obsežnejšega opisa v različnih literaturah ali preko vodičev v svetovnem spletu.

Praktični primer: Risanje tehničnih načrtov

Čeprav je v osnovi SolidWorks namenjen predvsem modeliranju tehničnih ali kakršnihkoli oblik, ga lahko uporabimo tudi kot orodje za dvodimenzionalni tehniško risanje s pomočjo računalnika. Njegova prednost je, da ga je enostavno usvojiti v osnovnem rokovanju in da omogoča zelo obsežno nadaljnjo uporabo na višji ravni (modeliranje, kinematika, obremenitev, simulacija ...), na kateri izkoristimo njegov dejanski potencial.

Vaja za utrjevanje znanja: osnovna raven

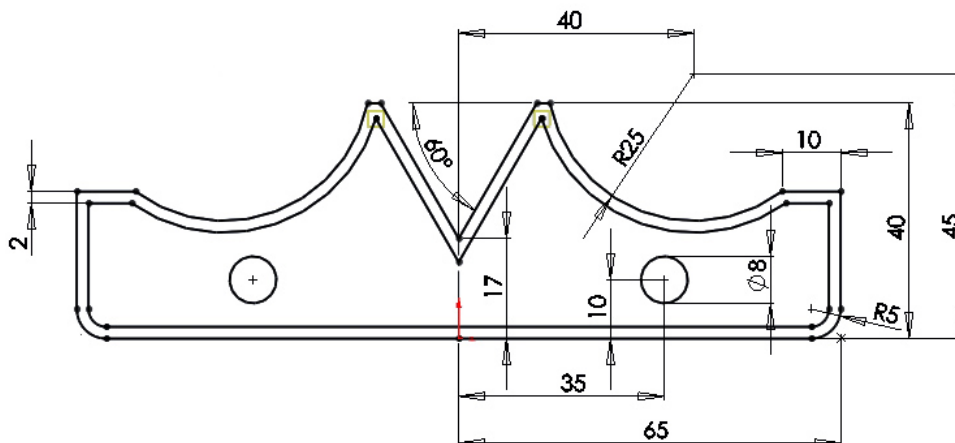
1. Nariši načrt v SolidWorksu!



Vir: Lasten

Vaja za utrjevanje znanja: višja raven

1. Nariši načrt v SolidWorks-u!



Vir: Lasten

4 DOKUMENTIRANJE

Impulz

- ✓ V podjetju želijo pridobiti nov prostor za razvoj. Nalogo so zaupali vam. Ali veste kakšno dokumentacijo boste morali pridobiti?
- ✓ Pogosto slišimo pojma dokumenti in dokumentiranje. Običajno pomislimo na kupe papirjev in če smo zavedni, tudi na drevesa. Kako lahko s pomočjo informacijske tehnologije rešimo mnogo dreves in kljub temu dokumentiramo pomembne podatke?

Dokumentiranje prispeva k enostavnemu razumevanju danih rešitev v vsakdanjem življenju. Izhaja že iz pradavnine, ko je človek poskušal določena stanja dokumentirati in jih ohraniti uporabne tudi za daljše časovno obdobje. Dokumentiranje je s časom postalo obvezen del tehničnih in drugih procesov v družbi. Danes predstavlja dokumentiranje velik informacijski izziv za sodobna podjetja.

Dokumentiranje je proces, s katerim evidentiramo dogodke ali zabeležimo različne predmete v posebno opisno formo. Dokumenti so lahko v klasični papirnati obliki ali v digitalni obliki. Dokumentiranje je sistemski pristop vsake organizacije v javnem ali zasebnem sektorju, k vodenju oz. ustvarjanju dokumentov o svojem delovanju. Vodenje in ohranjanje dokumentov je v nekaterih primerih obvezno tudi po zakonu.

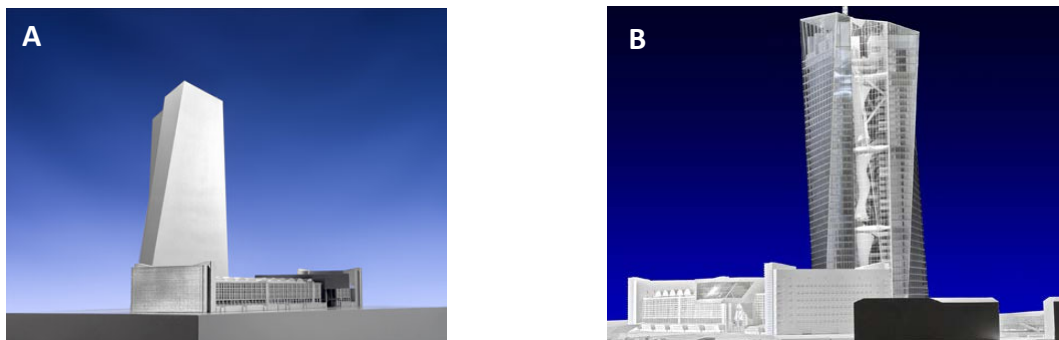
 Dokumentiranje omogoča sledenje dogodkom in trajnejši hranbi rešitev.

4.1 PROJEKTNA DOKUMENTACIJA

O projektni dokumentaciji govorimo, ko dokumenti vsebujejo zapis zelo različnih podatkov o izvedbi določenega projekta. Projektna dokumentacija je v nekaterih primerih tudi zakonsko pogojena s sprejetjem Zakona o graditvi objektov, ki je bil dopolnjen z novelo leta 2007, v juniju leta 2008 pa je bil sprejet Pravilnik o projektni dokumentaciji. Po tem zakonu je projektna dokumentacija definirana kot sistematično urejen sestav načrtov oziroma tehničnih opisov in poročil, izračunov, risb in drugih prilog, s katerimi se določijo lokacijske, funkcionalne, oblikovne in tehnične značilnosti nameravane gradnje (INGRA, 2010). Projektna dokumentacija obsega (Pravilnik o projektni, 2008):

- **Idejna zasnova (IDZ):** je uvodni del projektne dokumentacije, katere namen je pridobitev projektnih pogojev oziroma soglasij za priključitev pristojnih soglasodajalcev. Vsebuje tudi lokacijske podatke in dokazno dokumentacijo.
- **Idejni projekt (IDP):** je sistematično urejen sestav takšnih načrtov, na osnovi katerih je investitorju omogočeno, da se odloči o najustreznejši varianti nameravane gradnje. Namen IDP je izbor najustreznejše variante nameravanega objekta oziroma načina izvedbe del. Na sliki 76A vidimo v idejnem projektu prikazano zgradbo Evropske centralne banke (The European Central Bank).
- **Projekt za pridobitev gradbenega (PGD) dovoljenja:** je sistematično urejen sestav takšnih načrtov, na osnovi katerih je pristojnemu organu omogočeno, da presodi vse okoliščine, ki so pomembne za izdajo gradbenega dovoljenja. Njegov namen je torej le pridobitev gradbenega dovoljenja, zato je njegova vsebina v primeru enostanovanjskih objektov zelo skopa in za gradnjo objekta ne zadostuje. Namen PGD je, da investitor ta projekt uporabi kot osnovo, ki upravnemu organu dokazuje, da so izpolnjeni vsi formalni pogoji, za izdajo gradbenega dovoljenja. Za izvajanje gradnje pa je potreben projekt za izvedbo. Na sliki 76B je prikaz objekta Evropske centralne banke v fazi pridobivanja gradbenega dovoljenja. Prikaz je bližji dejanskemu videzu.

 Dokumentacija je lahko zakonsko določena.



Slika 76: Prikaz v idejnem projektu in v projektu za pridobitev gradbenega dovoljenja
Vir: <http://www.ecb.int/ecb/premises/planning/preliminary/html/index.sl.html/> (06. 02. 2011)

- **Projekt za izvedbo (PZI):** je projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja, dopolnjen s podrobnimi načrti, na osnovi katerih se v skladu s pogoji iz gradbenega dovoljenja gradnja lahko izvede. PZI je torej namenjen izvedbi gradnje in tudi zakonodaja določa, da se morajo dela izvajati po projektu za izvedbo. Ves čas gradnje pa je potrebno tudi zagotoviti, da je na gradbišču na vpogled vsaj en izvod gradbenega dovoljenja ter vsaj tisti del projekta za izvedbo, ki je potreben glede na trenutno stanje izvajanja gradnje.
- **Projekt izvedenih del (PID):** je projekt za izvedbo, dopolnjen s prikazom vseh morebitnih odstopanj izvedenih del od projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja in projekta za izvedbo. Spremembe in dopolnitve morajo biti na posamezni risbi jasno vrisane in označene. Njegov namen je pridobitev uporabnega dovoljenja.

Posamezen projekt sestavljajo (Pravilnik o projektni, 2008):

- **Vodilna mapa:** vključuje lokacijske podatke, izkaze in kopije pridobljenih soglasij ter soglasij za priključitev. Med podatke vodilne mape sodijo opisi ali grafični prikazi lege objekta na zemljišču, njegova velikost, namembnost, oblikovanje, odmiki, dostopi in intervencijske površine, vplivi nameravane gradnje na okolje, če je to zahtevano.
- **Načrti:** vsebujejo sistematično urejene sestave grafičnih prikazov in opisov, s katerimi se določijo lokacijske, funkcionalne, oblikovne in tehnične značilnosti nameravane gradnje in s pomočjo katerih je mogoče skupaj z drugimi predpisanimi sestavinami dokazati, da bo nameravana gradnja skladna s prostorskimi akti, da bo izpolnjevala bistvene zahteve ter da bodo za objekt, za katerega je to določeno s posebnimi predpisi, zagotovljen neoviran dostop, vstop in uporaba brez grajenih ovir.
- **Elaborati:** vsebujejo študije, zasnove, strokovne ocene, geodetske načrte, konservatorske načrte ter druge tehnične dokumente v zvezi z gradnjo kadar so zaradi posebnosti posamezne vrste objekta ali lokacije, na kateri se objekt gradi, potrebni in jih zahtevajo posebni predpisi, s katerimi se dokazuje izpolnjevanje predpisanih bistvenih zahtev.

4.2 TEHNIČNA DOKUMENTACIJA

Tehnična dokumentacija predstavlja dokumente na katerih so informacije povezane s tehnološkimi postopki za praktično izvedbo. V to dokumentacijo običajno prištevamo: različne tehniške načrte, skice, posnetke stanja, preračune, opise delovnih postopkov ali faz izvedbe, popise sestavnih elementov, evidence dela ... Vsi ti dokumenti so pomoč pri izvajanju in kasnejši analizi izvedbe določenega projekta (Transcom, 2011).

Pri gradbeni dokumentaciji je tehnična dokumentacija sistematično urejen sestav listin, slikovnega gradiva, načrtov in besedil oziroma drugih sestavin, kot so jamstva, spričevala, potrdila, sezname, sheme, navodila in podobne sestavine, ki določajo pravila za uporabo oziroma obratovanje in vzdrževanje (Zakona o graditvi objektov, 2002).

Tehnična dokumentacija je namenjena evidentiranju obstoječega stanja in za pomoč uporabniku pri vzdrževanju. Zakon o gradnji objektov razvršča tehnično dokumentacijo na:

- **Projekt izvedenih del:** je projekt za izvedbo, dopolnjen s prikazom vseh izvedenih del in morebitnih sprememb v vseh delih projekta za izvedbo, ki so nastale med gradnjo, na podlagi katerega je mogoče na tehničnem pregledu ugotoviti, ali je zgrajeni oziroma rekonstruirani objekt v skladu z gradbenim dovoljenjem.
- **Projekt za vzdrževanje in obratovanje:** objekta je sistematično urejen zbir slikovnega gradiva, načrtov in besedil v obliki jamstev, potrdil, seznamov, shem, navodil in podobnih sestavin, ki določajo pravila za uporabo oziroma obratovanje in vzdrževanje zgrajenega oziroma rekonstruiranega objekta in vgrajenih inštalacij oziroma tehnoloških naprav, na osnovi katerih je vsakokratnemu lastniku objekta omogočeno objekt ustrezno vzdrževati.
- **Projekt za vpis v uradne evidence:** je dokumentacija, na osnovi katere je investitorju oziroma lastniku objekta omogočeno, da se zemljiška parcela, na kateri stoji objekt, evidentira v zemljiškem katastru oziroma če gre za stavbo, tudi v katastru stavb in da se objekti gospodarske javne infrastrukture evidentirajo v katastru gospodarske javne infrastrukture.

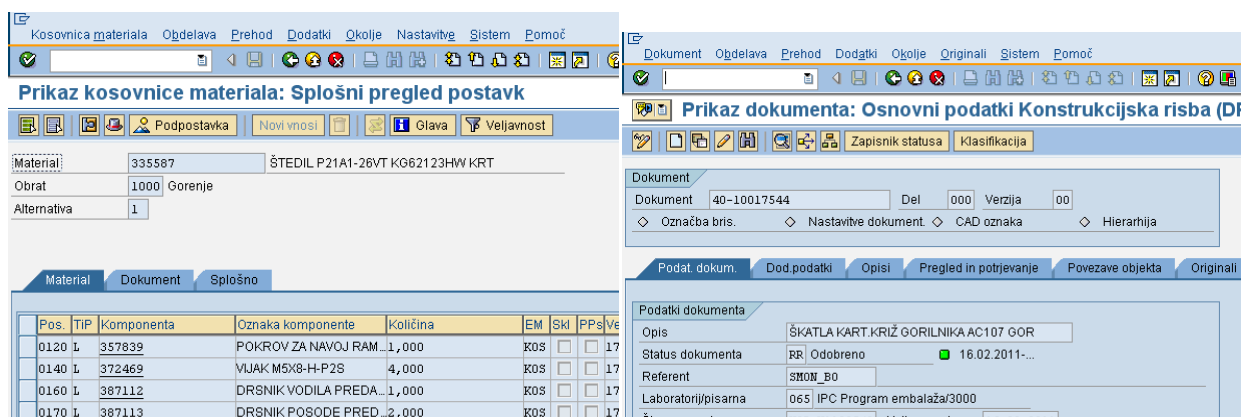
 Tehnična dokumentacija so risbe, preračuni, navodila, postopki, popisi stanja...

4.3 UPRAVLJANJE IN SHRANJEVANJE DOKUMENTACIJE

4.3.1 Upravljanje dokumentacije

Upravljanje dokumentacije (*Document management system*) je sistem, ki organizirano skrbi za pretok dokumentov v poslovnem procesu (*Workflow*). Zaradi ogromnih količin podatkov, ki jih sodobna podjetja želijo dokumentirati in zelo hitro prenašati med delovnimi mesti, se vse več dokumentacije ustvarja v elektronski obliki. Da bi bilo upravljanje z dokumenti v organizaciji učinkovito, se danes poslužujejo specializirana računalniška orodja kot so: SAP - <http://www.sap.com> ali Microsoft Dynamics - <http://www.microsoft.com/dynamics>.

Upravljanje dokumentov je danes tako obsežno in zapleteno, da so računalniška orodja sestavljena modularno po posameznih poslovnih sklopih, kot so finance, kadrovanje, proizvodni proces, računovodstvo, strateško odločanje ... Zaradi zahtevnosti in visokih cen računalniških orodij se manjša podjetja odločajo za manj zmogljive rešitve ali pa uporabljajo svoj sistem upravljanja dokumentov (ATR.SIS, 2011).



Slika 77: Primer grafičnega vmesnika sistema SAP v podjetju Gorenje, d. d.

Vir: Gorenje, d. d.

Prehod na popolno elektronsko upravljanje dokumentacije v organizaciji je običajno izveden postopoma. Sistem se najprej uvede za posamezno poslovno funkcijo ali za določeno zaokroženo enoto podjetja. Pred uvedbo se analizira obstoječe stanje upravljanja dokumentacije v podjetju. Potrebno je izobraževanje uporabnikov in spremeniti določene navade pri ravnanju z dokumentacijo ter posodobiti in prilagoditi računalniško strojno

opremo. Takšen način uvajanja SAP sistema v podjetju Gorenje, d. d., je trajal nekaj let, da sedaj zaposleni dokumentacijo upravljajo preko tega sistema (slika 77).

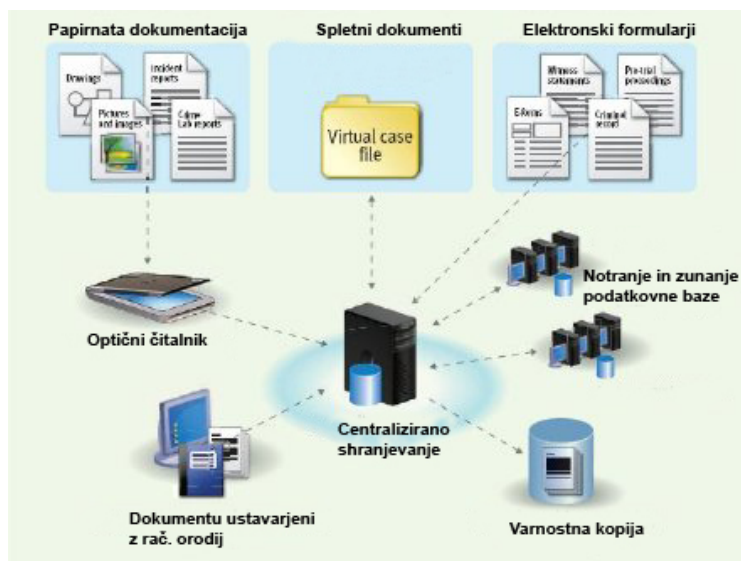
 Upravljanje dokumentacije je obsežna in zapletena naloga.

4.3.2 Shranjevanje dokumentacije

Shranjevanje dokumentacije je v poslovnem procesu obveznost in tudi nujnost, da je ta lahko uspešen in se prilagaja nenehnim spremembam na trgu. Zelo malo dokumentov je ustvarjenih za enkratno uporabo. Pri shranjevanju dokumentov mislimo na trajno shrambo, ki bo omogočala dosegljivost dokumenta tudi čez nekaj let. Pri takšnem shranjevanju je potrebno izdelati sistem označevanja dokumentov in omogočiti enostavno najdbo dokumenta.

Papirnata dokumentacija shranjujemo v mape, ki jih ustrezno označimo in sortiramo v različne omare in police. Kljub vse večji poplavi elektronskih dokumentov moramo še vedno predvideti nekaj prostora za shranjevanje klasične dokumentacije. A še tako pregledno shranjena papirnata dokumentacija je za iskanje veliko bolj zamudna in nepregledna v primerjavi z elektronsko dokumentacijo.

Elektronski način shranjevanja (*Enterprise content management*) je povezan z zahtevnim znanjem, kako shraniti različne elektronske dokumente, da bodo varni in hitro dosegljivi, ko jih ponovno potrebujemo. V svetu je znana neprofitna organizacija AIIM (*Association for Information and Image Management*), ki razvija znanje o učinkoviti elektronski shrambi dokumentov. Osnovni princip shranjevanja je zajemanje dokumentov v različni obliki in jih shraniti centralizirano (slika 78) in hkrati še ustvarjati varnostno kopijo elektronskega arhiva (SynTek, 2010).

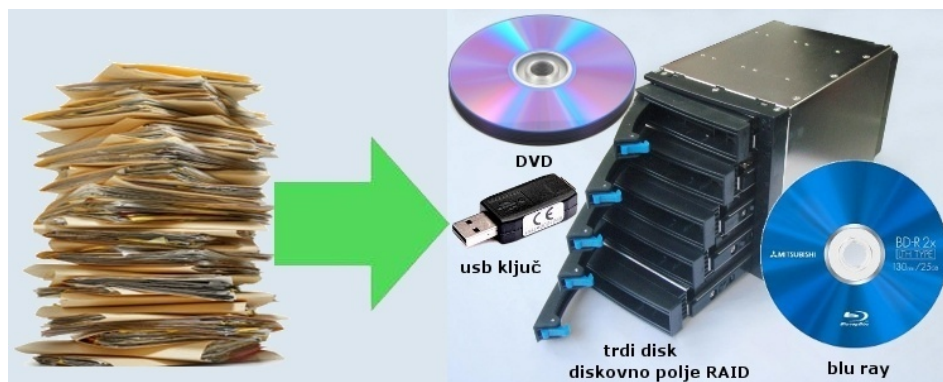


Slika 78: Sistem centraliziranega shranjevanja dokumentov
Vir: <http://www.syntek.com.vn/giaiphap.html> (06. 02. 2011)

Ena od mnogih težav elektronskega shranjevanja so dokumenti v obliki datotek, ustvarjeni z različnimi računalniškimi orodji: preglednice, prezentacije, urejevalniki besedil, grafika in druge računalniške aplikacije, ki shranjujejo izdelke v različne formate datotek. Pri shranjevanju takšnih dokumentov je potrebno zagotoviti, da bodo dokumenti ob kasnejši rabi pravilno prebrani. To pomeni, da morajo orodja, s katerimi smo ustvarili datoteke, implementirati v sistem shranjevanja ali pa datoteko pretvoriti v bolj splošen datotečni format.

4.3.3 Dokumentiranje in ekologija

Dokumentiranje predstavlja veliko ekološko vprašanje. Pri papirnati dokumentaciji se porabi na tisoče ton papirja in ogromne količine različnega črnila ali barvila za zapis. Racionalna uporaba papirja pomeni, da poskušamo podatke dokumentirati obojestransko. Zmanjšamo robove na strani in uporabimo tako velik črkovni zapis, da bo branje neutrujajoče, izkoristek papirja pa zadovoljiv. Nakup črnila in papirja opravimo v večjih količinah in tako zmanjšamo pogost transport. Pred tiskanjem preverimo tiskalnik, da preprečimo neuspešno tiskanje, ki povzroči trošenje papirja (Landfill, 2011).



Slika 79: Iz papirnate v elektronsko obliko dokumentiranja

Vir: Lasten

Prehod v elektronsko obliko dokumentiranja pomeni bistveno zmanjšanje porabe papirja, črnila in drugih pripomočkov, ki služijo papirnatemu načinu dokumentiranja. V ekološkem smislu to pomeni napredek. Toda tudi pri elektronskem dokumentiranju ekološko obremenjujemo okolje. Papirnati medij za shranjevanje različnih dokumentov zamenjujejo elektronski mediji (slika 79). Proizvodnja teh medijev prav tako vpliva na okoljska vprašanja. Uporaba elektronskega dokumentiranja povečuje število računalniških enot in omrežnih povezav. Zaradi tega se poveča poraba električne energije.

Ne glede na način dokumentiranja, moramo v ekološkem smislu vedno ravnati racionalno. Racionalno dokumentiranje pomeni, da dokumentiramo in shranjujemo tisto dokumentacijo, ki jo je po zakonu obvezno imeti in shraniti. Pri ostalem dokumentiranju pa moramo strokovno-kritično oceniti, kaj je smiselno dokumentirati in shranjevati za kasnejšo uporabo. Nekritično dokumentiranje "vsega povprek" ustvarja ogromne količine podatkov, ki tudi v elektronski obliki obremenjujejo okolje in povzročajo podjetju dodatne stroške poslovanja.



Dokumentiranje povzroča okoljske probleme.

 Povzetek

Dokumentiranje je zelo obsežna in zapletena naloga organizacije, da dokumentira svoj poslovni proces. Pri tem mora upoštevati zakonske predpise o dokumentiranju in shranjevanju dokumentacije. Projektna dokumentacija predstavlja natančen zakonski predpis dokumentiranja, ki ga moramo upoštevati pri gradnji objektov. Večino dokumentacije ustvarja podjetje za lastne potrebe, da bi poslovni proces deloval nemoteno. Z dokumentiranjem beležimo dogodke, stanja in različne rešitve v obliki načrtov, preračunov ali opisov postopkov. Za trajno shranjevanje dokumentacije uporabljamo medije papir ali različne elektronske nosilce zapisa (trdi disk, DVD, USB ključ, Blu ray ...). Dokumentiranje postaja naloga informacijske tehnologije, ki poleg strojne in programske opreme zahteva tudi usposobljene uporabnike. Ekološka vprašanja dokumentiranja so prisotna tako za papirnato kot elektronsko obliko. V prvem primeru gre za porabo velikih količin papirja, črnila in drugih pripomočkov, v drugem primeru se troši veliko električne energije in surovin za izdelavo elektronskih medijev. Dokumentiranje zahteva racionalno obnašanje pri ustvarjanju in shranjevanju dokumentov.

 Praktični primer: **Oznaka CE**

Oznaka CE je kratica francoske besedne zveze *Conformité Européene* (evropska skladnost). Z oznako CE, ki jo najdemo na proizvodu, proizvajalec izjavlja, da ta proizvod izpolnjuje bistvene zahteve za varnost, zdravje in varovanje okolja, ki jih določa evropska regulativa oz. večina tako-imenovanih direktiv za proizvode. Preden sme proizvajalec opremiti svoj izdelek z oznako CE, predpisi v EU (direktive) od njega zahtevajo, da izdelava tehnično dokumentacijo - tehnični spis (*Technical File*). Z njo priskrbi in zagotovi informacije o razvoju, proizvodnji in uporabi (delovanju) proizvoda. S tehnično mapo dokazuje skladnost svojega izdelka z vsemi predpisi, ki se nanašajo na ta izdelek.

 Vaja za utrjevanje znanja: **osnovna raven**

1. Kakšen je namen dokumentiranja?
2. Kakšni sta lahko obliki dokumentiranja?
3. Kaj je projektna dokumentacija?
4. Naštej sestavo projektne dokumentacije.
5. Kaj je tehnična dokumentacija?
6. Opiši sistem upravljanja dokumentacije.
7. Kakšna ekološka vprašanja povzročata dokumentiranje?

 Vaja za utrjevanje znanja: **višja raven**

1. Opiši, kaj vsebuje Projekt za pridobitev gradbenega (PGD) dovoljenja.
2. Iz česa je sestavljena posamezna projektna dokumentacija?
3. Kako razvršča tehnično dokumentacijo Zakon o graditvi objektov (ZGO)?
4. Namen in prednosti centraliziranega upravljanja dokumentov.
5. Kakšni so ekološki vplivi pri elektronskem dokumentiranju?

5 LITERATURA

- ATR.SIS, *Upravljanje in arhiviranje dokumentov* (online). 2010. (citirano 12. 01. 2011). Dostopno na naslovu: http://www.atr.si/sl/Dokumentni_sistemi/.
- Bahč d. o. o., *Obnovljivi viri energije v poslovni stavbi* (online). 2010. (citirano 10. 09. 2010). Dostopno na naslovu: http://www.kostak.si/dokumenti/lead/predstavitev_bahc.ppt.
- Construct I.T., *Develop Your CAD Standards* (online). 2010. (citirano 21. 05. 2010). Dostopno na naslovu: *Develop Your CAD Standards*: <http://www.construct-it.org.uk/pages/CSAND/Develop%20Your%20CAD%20Standards.pdf>.
- Eco Home Heating, *Schematic Central Heating* (online). 2010. (citirano 03. 10. 2010). Dostopno na naslovu: <http://www.eco-home-heating.co.uk/schematic/>.
- Elmar Brusius, *Regenwasser* (online). 2010. (citirano 22. 06. 2010). Dostopno na naslovu: http://www.ebrusius.de/html/body_regenwasser1.html.
- GeoResolve, *Schraffuren* (online). 2010. (citirano 22. 10. 2010). Dostopno na naslovu: <http://www.georesolve.com/downloads/DIN-ISO128-50.pdf>.
- Glodež, S., *Tehnično risanje*. Ljubljana: TZS, 2005.
- INGRA, *Vrste projektne dokumentacije* (online). 2010. (citirano 12. 06. 2010). Dostopno na naslovu: <http://www.ingra.si/o-projektne-dokumentaciji>.
- International Organization for Standardization, *ISO Standard Handbook*. Technical Drawing Vol. 1., Ženeva: ISO, 2002.
- Landfill, D., *Document Management Practices that are Cost-Effective and Eco-Friendly* (online). 2011. (citirano 11. 03. 2011). Dostopno na naslovu: http://aiim.typepad.com/aiim_blog/2009/07/8-document-management-practices-that-are-costeffective-and-ecofriendly.html.
- Lombard, M., *SolidWorks 2009 Bible*, Indianapolis. Wiley Publishing, 2009.
- Marolt, M. in Bohak, C., *SolidWorks od začetka*, Univerza v Ljubljani, 2007
- Nikolič, J. Š., *Kdaj je lahko standard del tehničnega predpisa?* (online). 2010. (citirano 12. 06. 2010). Dostopno na naslovu: <http://www.sist.si/slo/z2/0511kdaj.pdf>.
- Pravilnik o projektne dokumentaciji. *Uradni list Republike Slovenije*, 55 (2008). str. 5965.
- Prebil, I., *Tehnična dokumentacija*. Ljubljana: TZS, 1995.
- SolidWorks Corp., *Why SolidWorks?* (online). 2010. (citirano 15. 03. 2010). Dostopno na naslovu: <http://www.solidworks.com/sw/3d-software-solid-modeling.htm>.
- Sterle, B., Sklicevanje na standarde. *Elektro novice*, 2005, št. 3, str. 22 - 23.
- SynTek, *Enterprise Content Management* (online). 2010. (citirano 24. 12. 2010). Dostopno na naslovu: <http://www.syntek.com.vn/giaiphap.html>.
- The Full Wiki, *Technical drawing* (online). 2010. (citirano 15. 06. 2010). Dostopno na naslovu: http://www.thefullwiki.org/Technical_drawing.
- Transcom, *What is "technical documentation"?* (online). 2011. (citirano 12. 02 2011). Dostopno na naslovu: <http://www.transcom.de/transcom/en/technische-dokumentation.htm>.
- Verlage Europa-Lehrmittel, *Bautechnik Technisches Zeichnen* (online). 2010. (citirano 01. 08. 2010). Dostopno na naslovu: <http://www.europa-lehrmittel.de/leseprobe/791/41415-6.pdf>.
- Walsh, I., *What is Technical Communication?* (online). 2010. (citirano 15. 01. 2010). Dostopno na naslovu: <http://www.klariti.com/technical-writing/What-is-Technical-Communication.shtml>.

WordIQ., Preferred numbers. 2010. (citirano 14. 04. 2010). Dostopno na naslovu:
http://www.wordiq.com/definition/Preferred_numbers.

Zakon o spremembah in dopolnitvah Zakona o graditvi objektov. *Uradni list Republike Slovenije*, 126 (2007). str. 18714.

Zakon o standardizaciji. *Uradni list Republike Slovenije*, 59 (1999). str. 7541.

Zakon o tehničnih zahtevah za proizvode in o ugotavljanju skladnosti. *Uradni list Republike Slovenije*, 59 (1999). str. 7545.

Zakon o graditvi objektov. *Uradni list Republike Slovenije*, 110 (2002). str. 13084.

Projekt **Impletum**

Uvajanje novih izobraževalnih programov na področju višjega strokovnega izobraževanja v obdobju 2008–11

Konzorcijski partnerji:



Operacijo delno financira Evropska unija iz Evropskega socialnega sklada ter Ministrstvo RS za šolstvo in šport. Operacija se izvaja v okviru Operativnega programa razvoja človeških virov za obdobje 2007–2013, razvojne prioritete Razvoj človeških virov in vseživljenjskega učenja in prednostne usmeritve Izboljšanje kakovosti in učinkovitosti sistemov izobraževanja in usposabljanja.