



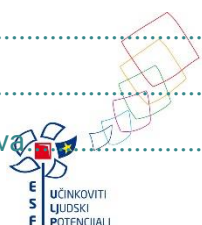
Uvod u Autodesk Fusion 360



Sadržaj

1.	Uvod	4
1.1.	Modeliranje pomoću značajki	6
1.2.	Sustavi za 3D CAD modeliranje	8
1.3.	Korisničko sučelje sustava Autodesk Fusion 360	8
1.4.	Osnove vrste modela u sustavu Autodesk Fusion 360	10
2.	Izrada skica za značajke modela	13
2.1.	Izrada skica.....	14
2.2.	Elementi skice	15
2.3.	Vježba 1: Elementi skice.....	19
2.4.	Relacijska ograničenja.....	23
2.5.	Vježba 2: Primjena relacijskih ograničenja	25
2.6.	Dimenzijska ograničenja	27
2.7.	Vježba 3: Primjena dimenzijskih ograničenja.....	31
2.8.	Dodatni aspekti izrade i uređivanja skica.....	33
3.	Izrada 3D značajki modela	37
3.1.	Linearno ekstrudiranje	39
3.2.	Vježba 4: Linearno ekstrudiranje vratila	42
3.3.	Vježba 5: Linearno ekstrudiranje poklopca ventila	47
3.4.	Ekstrudiranje oko osi	54
3.5.	Vježba 6: Ekstrudiranje profila brtve ventila oko osi	56
3.6.	Vježba 7: Ekstrudiranje profila kugle ventila oko osi.....	58
3.7.	Ekstrudiranje po putanji.....	62
3.8.	Vježba 8: Ekstrudiranje ručice profila po putanji	63
3.9.	Vježba 9: Ekstrudiranje prevlake ručice po putanji.....	70
3.10.	Ekstrudiranje povezivanjem profila.....	73
3.11.	Vježba 10: Ekstrudiranje ručnog kola ventila povezivanjem profila.....	74
3.12.	Izrada dodatnih značajki	79
3.12.1.	Izrada standardiziranih rupa	79
3.12.2.	Izrada zaobljenja i skošenja	80
3.12.3.	Izrada ljuski	81
3.12.4.	Izrada rebra	82
3.12.5.	Ostale specijalizirane značajke u CAD sustavu Fusion 360.....	82
3.12.6.	Značajka zrcaljenja.....	83
3.12.7.	Izrada obrazaca.....	84
3.12.8.	Izrada dodatne pomoćne geometrije.....	86
3.12.9.	Upotreba kratica.....	88
3.13.	Vježba 10: Modeliranje modela kućišta kuglastog ventila.....	89
3.14.	Vježba 11: Modeliranje dijela od lima	97
3.15.	Modeliranje pomoću površina	104

3.16.	Vježba 12: Modeliranje dijela pomoću površina	105
4.	Izrada računalnih modela sklopova	112
4.1.	Uvođenje modela dijelova	112
4.2.	Postavljanje relacijskih ograničenja između modela dijelova	114
4.3.	Ostali aspekti izrade modela sklopova u Fusionu	118
4.3.1.	Rad s grupama dijelova i podsklopovima	118
4.3.2.	Pozicioniranje komponenti bez postavljanja međusobnih odnosa	119
4.3.3.	Uvođenje modela standardnih komponenti i modela iz drugih CAD sustava	120
4.3.4.	Prikaz i pregledavanje modela sklopa	121
4.3.5.	Pohrana i izvoz modela sklopa	122
4.4.	Vježba 13: Modeliranje sklopa kuglastog ventila	123
4.5.	Vježba 14: Izrada fotorealističnih prikaza	136
4.6.	Vježba 15: Modeliranje dijelova u kontekstu sklopa	143
5.	Izrada tehničke dokumentacije	149
5.1.	Početak izrade tehničkog crteža	149
5.2.	Uvođenje oznaka u tehnički crtež	153
5.2.1.	Kotiranje	153
5.2.2.	Unos dodatnih oznaka	154
5.3.	Ostali aspekti izrade tehničkih crteža	156
5.3.1.	Podešavanje postavki izrade tehničke dokumentacije	156
5.3.2.	Unos dodatnih listova	157
5.3.3.	Izrada predloška okvira i zaglavlja	157
5.3.4.	Pohrana modela	158
5.4.	Vježba 16: Izrada radioničkog crteža	159
5.5.	Vježba 17: Izrada sklopnog crteža	172
6.	Zadatci za vježbu	180
6.1.	Zadatak 1: Skiciranje slova	180
6.2.	Zadatak 2: Skiciranje profila	184
6.3.	Zadatak 3: Modeliranje matice ventila	185
6.4.	Zadatak 4: Modeliranje okvira	186
6.5.	Zadatak 5: Modeliranje kuglaste brtve	187
6.6.	Zadatak 6: Modeliranje stapa	188
6.7.	Zadatak 7: Modeliranje cijevi	189
6.8.	Zadatak 8: Modeliranje odvijača	190
6.9.	Zadatak 9: Modeliranje dijela od lima	191
6.10.	Zadatak 10: Modeliranje sklopa	192
	Literatura	195
	Kazalo slika	196
	Kazalo tablica	199
	Popis ključnih pojmova	200





www.esf.hr



Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda.

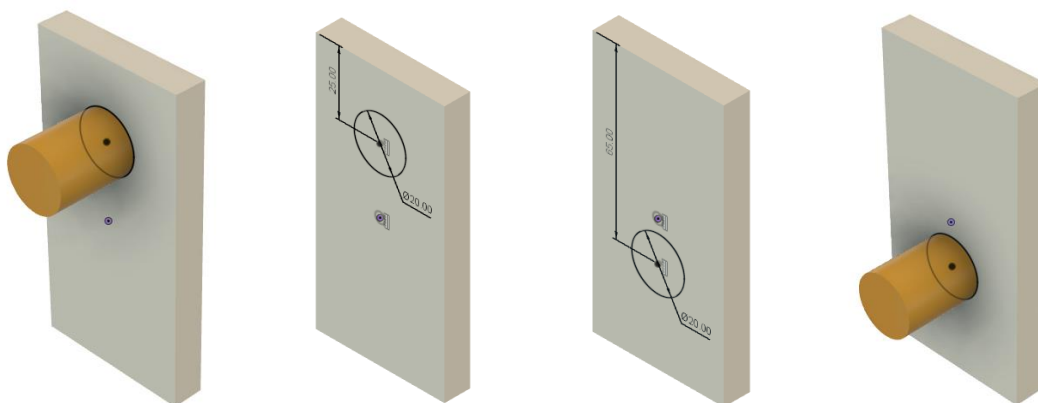
1. Uvod

Do prije nekoliko desetljeća, ključni alati inženjera bili su crtači pribor i vlastite ruke koje su koristili za izradu tehničkih crteža. Pojavom digitalne revolucije, ova tradicionalna praksa je nestala, jer su računala preuzela ulogu crtačkog pribora, a ručno izrađeni crteži postali su trodimenzionalni prikazi objekata na računalima, odnosno **3D modeli**. Izrada takvih modela naziva se **3D modeliranje** i obuhvaća izradu vizualnih prikaza objekata u digitalnom obliku, što omogućuje provođenje raznih inženjerskih zadataka poput analiza, vizualizacije proizvoda i izrade tehničke dokumentacije.

Za stvaranje 3D modela, osim računala, ključni su specijalizirani sustavi u obliku softvera. Ovi softveri omogućuju inženjerima postupno stvaranje digitalne kopije stvarnog ili zamišljenog objekta. Trodimenzionalni prikaz pruža mogućnost promjene perspektive na objektu, omogućujući inženjerima detaljno razrađivanje dijelova strojeva, vozila, konstrukcija i drugih objekata. Svaki inženjerski sektor fokusira se na specifične vrste objekata pa postoje značajne razlike između specijaliziranih softvera i zapisa koje inženjeri koriste u tim područjima. Na primjer, softveri za modeliranje u strojarstvu, robotici i sličnim područjima često su poznatiji kao **CAD sustavi** (od engl. *computer aided design*) ili programi za **konstruiranje pomoću računala**.

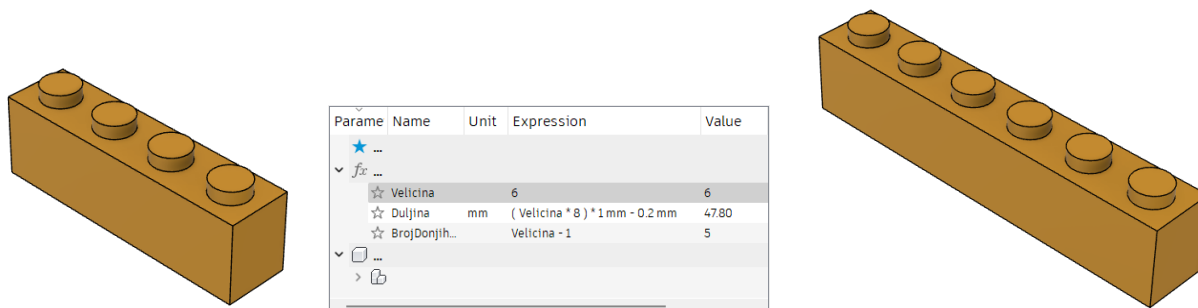
Razvoj CAD sustava datira iz 60-ih godina prošlog stoljeća, kada su prvi programi bili usmjereni na računalno podržano tehničko crtanje. No, ti su CAD sustavi i tada omogućavali korisnicima ne samo imitiranje ručnog crtanja na ekranima računala, već i jednostavno mijenjanje crteža i drugih vrsta modela koji opisuju geometriju objekata. Ključni principi koji su omogućili ove promjene su asocijativnost i parametrizacija.

Asocijativnost označava sposobnost povezivanja geometrijskih značajki elemenata unutar računalnih modela, osiguravajući promjene geometrijskih značajki na jednom dijelu koje automatski predstavljaju utjecaj i odražavaju se na promjene svih ostalih značajki povezanih dijelova. Na primjer, promjena dimenzija jednog dijela automatski će se reflektirati na sve druge dijelove povezane s njim.



Slika 1. Zbog asocijativnosti, promjena pozicije provrta u sklopu, rezultira automatskom promjenom pozicije zatika

Parametrizacija se odnosi na postavljanje numeričkih vrijednosti ili pravila koja definiraju karakteristike ili ponašanje elemenata računalnih modela poput dimenzija, udaljenosti, kutova ili ograničenja. To omogućuje stvaranje fleksibilnih modela koji se lako mogu mijenjati. Umjesto ručnog mijenjanja vrijednosti, korisnici postavljaju parametre koji automatski ažuriraju povezane dijelove modela, koristeći matematičke formule ili logičke uvjete za opis veza.



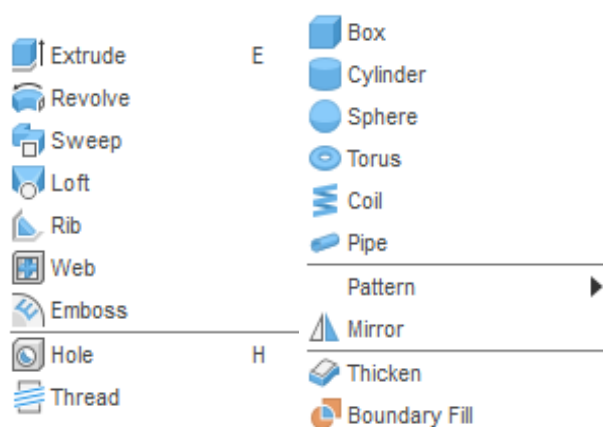
Slika 2. Zbog parametrizacije moguće je povezati različite parametre tako da se promjenom jednog parametra automatski prilagode vrijednosti ostalih parametara (npr. povezanost broja cilindara na Lego kockici i njezinih dimenzija)

Puni potencijal asocijativnosti i parametrizacije postao je posebno vidljiv pojavom novog pristupa modeliranju krajem 1980-ih, poznatog kao modeliranje pomoću značajki.

1.1. Modeliranje pomoću značajki

Modeliranje pomoću značajki je način oblikovanja pomoću računala koji koristi **značajke** kao osnovne gradivne elemente 3D geometrijskih modela. Ove značajke odražavaju geometrijske karakteristike objekata, od jednostavnih udubljenja ili ispupčenja do kompleksnijih šupljina, utora, zaobljenja ili navoja. Svaka značajka ima niz parametara poput dimenzija, kutova ili udaljenosti, koji se mogu prilagođavati kako bi se mijenjao oblik ili svojstva značajke.

Parametrizacija značajki omogućuje inženjerima jednostavno mijenjanje i prilagođavanje modela. Promjenom parametara, geometrija modela se automatski ažurira, olakšavajući eksperimentiranje s različitim oblicima i dimenzijama. Zbog asocijativnosti značajki, promjene na jednoj značajki automatski se prenose na sve ostale ovisne o njoj, omogućavajući brzo ažuriranje cijelog modela.

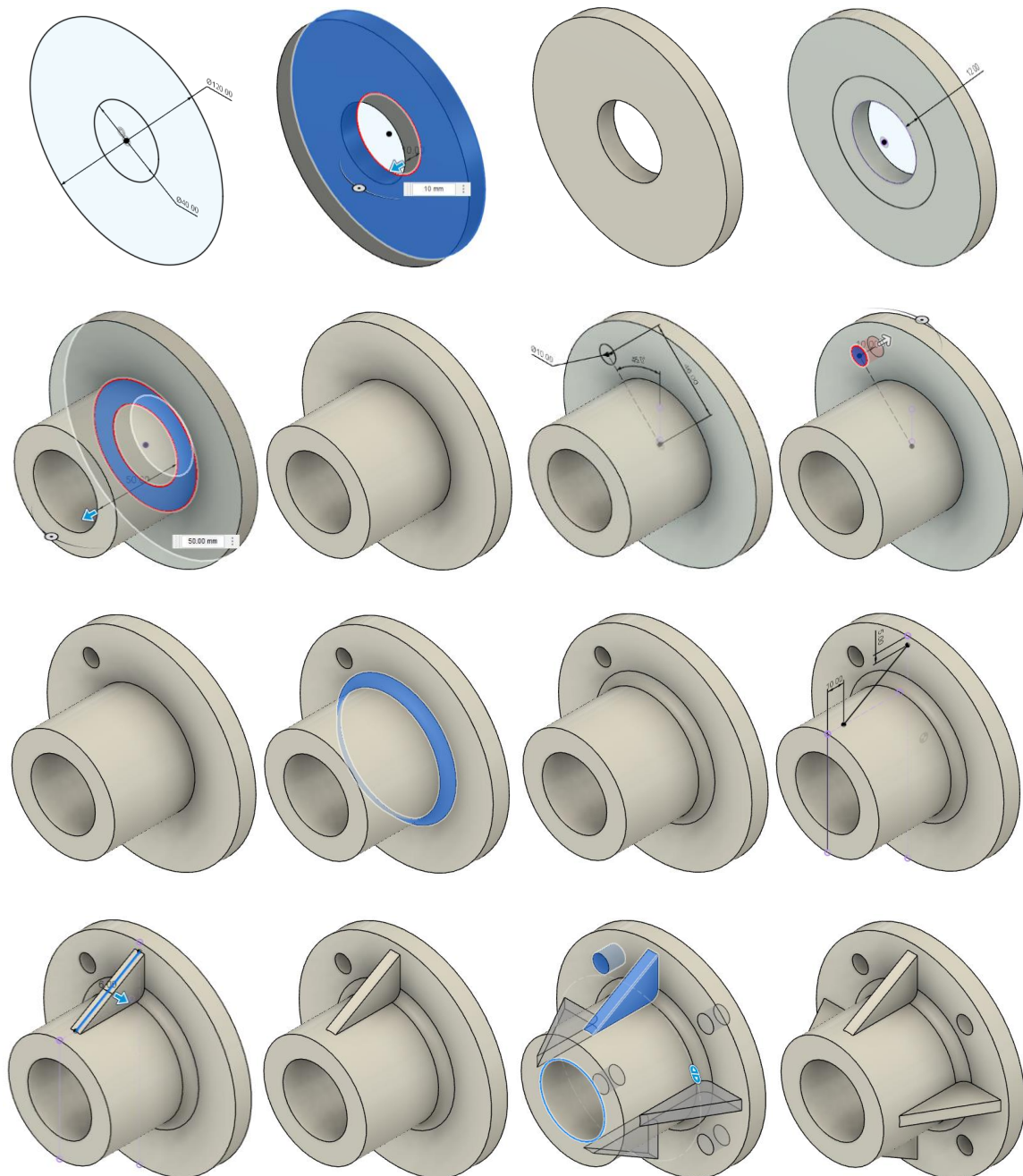


Slika 3. Primjer nekih od mnogobrojnih značajki koje podržava 3D CAD sustav Fusion

Modeliranje pomoću značajki uključuje stvaranje dvodimenzionalnih značajki oblika (skica) koje se

zatim koriste za izvlačenje trodimenzionalnih značajki. Svaka značajka ili element modela može poslužiti kao osnova za nove značajke poput ravnina, skica ili 3D elemenata. Osim toga, značajke su primjenjive za iskorištavanje simetrije objekta ili ponavljajućih obrazaca, kao što su kružno raspoređeni provrti.

Ova metoda modeliranja često se uspoređuje sa slaganjem Lego kockica, omogućujući kreiranje različitih 3D oblika spajanjem značajki. No, važno je paziti na redoslijed dodavanja značajki kako bi se osigurala fleksibilnost 3D modela pri promjeni parametara.

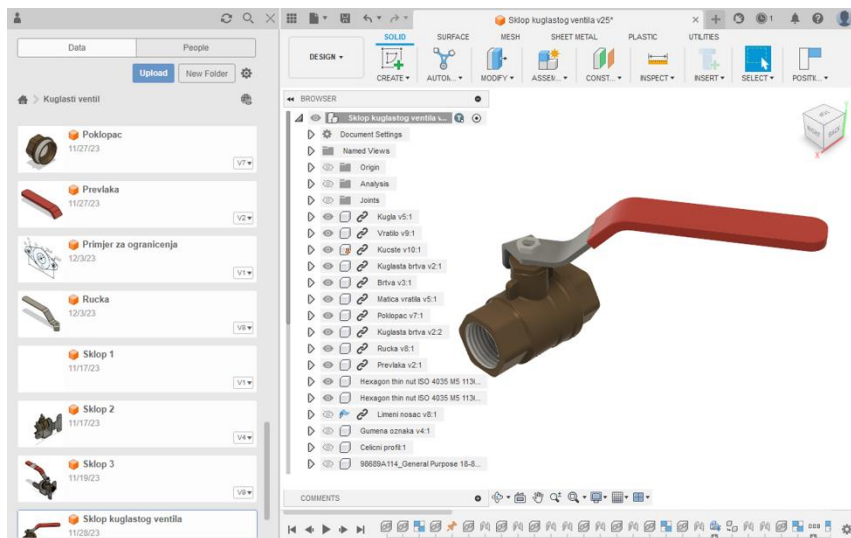


Slika 4. Naizmjeničnim dodavanjem značajki postepeno se gradi 3D model

1.2. Sustavi za 3D CAD modeliranje

Razni proizvođači nude CAD sustave s različitim alatima za konstruiranje, inženjersku analizu i tehničko crtanje. Tvrtke poput Autodesk, Dassault Systèmes, PTC-a i Siemens, nude CAD sustave prilagođene različitim industrijama. Napredniji i skuplji sustavi poput CATIA-e, Creo-a i NX-a koriste se za kompleksnije proizvode kao što su automobili i zrakoplovi, dok su Fusion 360, Inventor, SolidWorks, Solid Edge i Onshape pristupačniji i jednostavniji sustavi koji zadovoljavaju potrebe manjih tvrtki.

Primjerice, Autodesk nudi AutoCAD, Inventor, TinkerCAD i Fusion 360. Fusion 360, koji se detaljnije opisuje u ovom priručniku, koristi tehnologiju oblaka, što omogućuje rad na projektima s bilo kojeg mjesta s internetskom vezom. Fusion 360 je orijentiran prema manjim timovima i *startup* tvrtkama, a nudi i pristupačniji pretplatnički model.

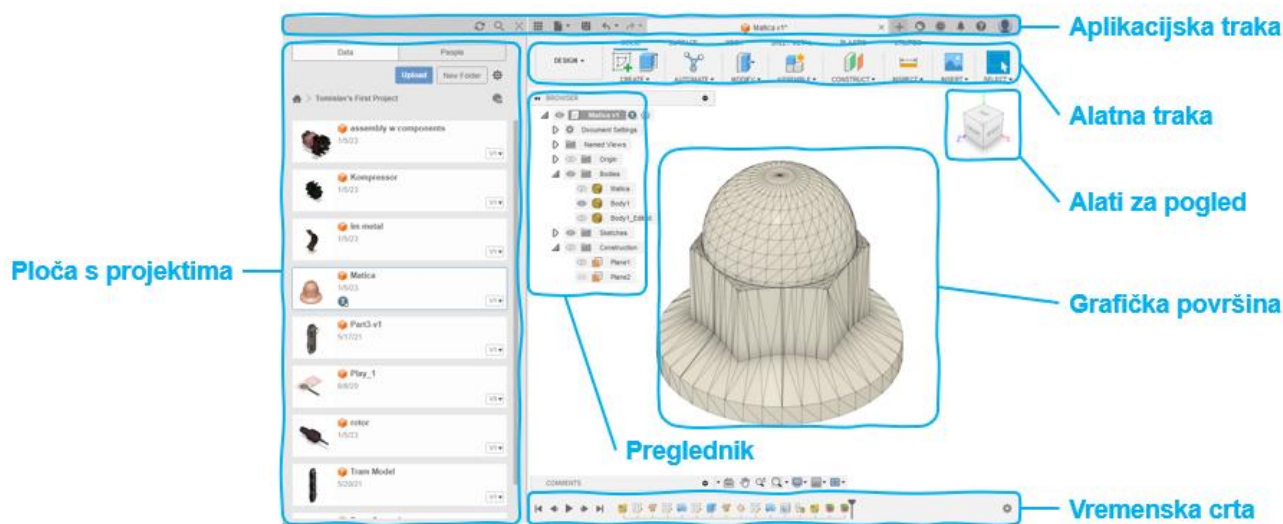


Slika 5. Prikaz CAD sustava Fusion 360

Unatoč mnogobrojnim 3D CAD sustavima, kada korisnik nauči modelirati pomoću značajki u jednom sustavu, može relativno lako prijeći na druge sustave. Razmjena podataka između različitih 3D CAD sustava ključna je za suradnju među timovima. Kako izvornu datoteku modela iz jednog sustava obično nije moguće otvoriti u drugom sustavu, za razmjenu podataka koriste se neutralni formati poput STEP-a, IGES-a i STL-a. STEP podržava prijenos kompleksnih modela dijelova i sklopova, dok IGES i STL nude manje detaljne informacije ili se koriste za prijenos trokutaste mreže površine modela, kakva se koristi pri 3D printanju ili virtualnoj stvarnosti.

1.3. Korisničko sučelje sustava Autodesk Fusion 360

Različiti 3D CAD sustavi često dijele slične elemente korisničkog sučelja. Glavni element je **grafička površina**, odnosno prikaz modela, a ima dvije ključne funkcije. Prva omogućuje interakciju s modelom, poput označavanja, dodavanja i brisanja značajki. Druga funkcija je omogućiti korisniku promjenu pogleda na model ili tehnički crtež, koristeći operacije poput rotacije, pomicanja ili približavanja (*zoom*). Specijalizirani **alati za pogled** često su smješteni u blizini grafičke površine te uključuju indikator smjera glavnih osi (osi x, y, z) i glavne ravnine (ravnina xy, yz i zx).



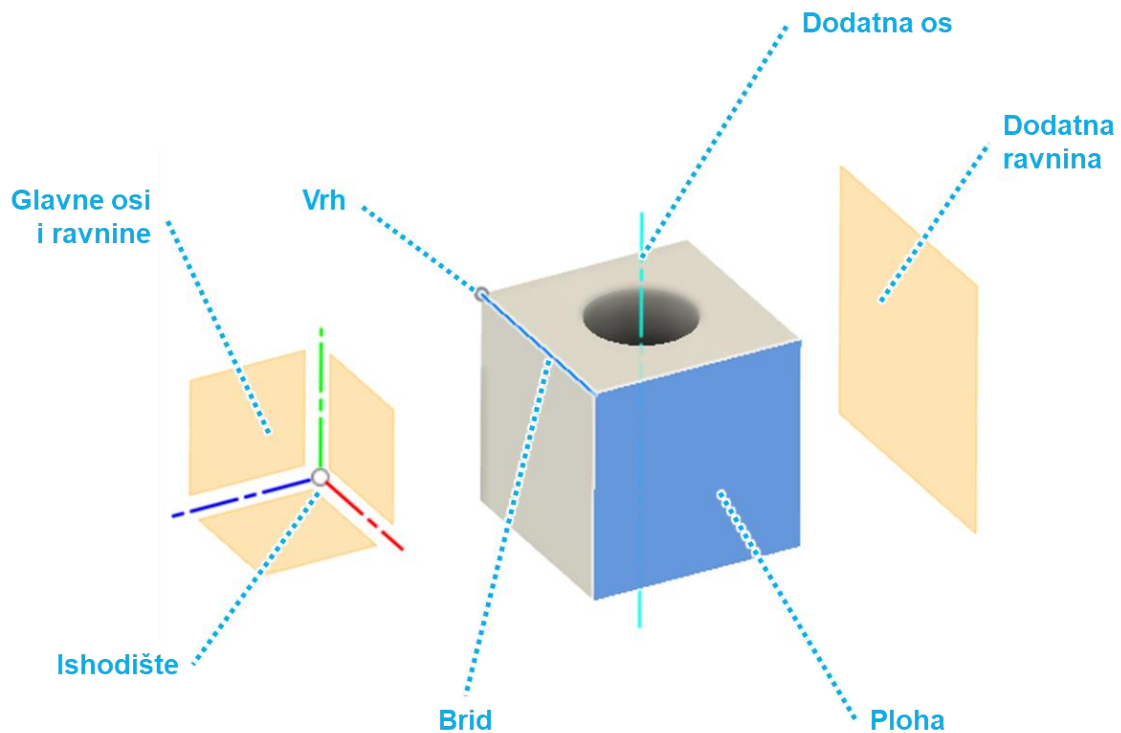
Slika 6. Primjer rasporeda elemenata korisničkog sučelja u sustavu Fusion

U sustavu Fusion 360, takav upravitelj značajki je podijeljen na dva dijela – **preglednik** i **vremensku crtu**. U pregledniku se nalaze sve informacije vezane uz ravnine, skice, komponente i sklopove te predstavlja strukturu dokumenta. Također, služi i za podešavanje vidljivosti pojedinih objekata modela. Vremenska crta prikazuje redoslijed skica i značajki koje su kreirane u određenom CAD modelu te omogućuje pristup i modificiranje prethodno provedenim operacijama. Svi alati za modeliranje obično su grupirani prema vrstama značajki u tzv. **alatnoj traci**. U Fusionu su grupe alata za modeliranje pomoću **jezičaka** podijeljene na alate za skiciranje (*Sketch*), alate za značajke (*Solid*), alate za modeliranje površinama (*Surface*) itd. Sve općenite funkcije sustava, poput onih za otvaranje i pohranjivanje modela, upravljanje postavkama i sl., nalaze se u **aplikacijskoj traci**. Fusion također ima **ploču s projektima** kojoj je glavna svrha omogućiti upravljanje i organizaciju projektima i datotekama.

U prostoru za modeliranje nalazi se trodimenzionalni prostor opisan **glavnim osima i ravninama**. Osim njih, moguće je postaviti dodatne ravnine i osi različitih pozicija i orijentacija. Ravnine se često koriste kao podloga za skice, dok se osi koriste za jednostavno pozicioniranje značajki modela, za izradu rotaciono simetričnih značajki ili za kružne obrasce.

Svako kruto tijelo u prostoru modeliranja je zatvoreno **plohama** (engl. *face*), s **bridovima** (engl. *edge*) na spojevima ploha te **vrhovima** (engl. *vertex*) u točkama gdje se bridovi spajaju. Razumijevanje ovih elemenata važno je za modeliranje pomoću značajki.

Uz modeliranje krutim tijelima, Fusion 360 kombinira i modeliranje površinama. Za razliku od ravnina, **površine** su često zakrivljene u prostoru i često se koriste za modeliranje vanjske geometrije proizvoda, kod kojih su poželjni zakrivljeni oblici, poput automobila i zrakoplova. Modeliranje površinama zahtijeva više znanja i bolje vještine 3D modeliranja te se stoga obično uči nakon što je usvojeno osnovno modeliranje krutim tijelima.



Slika 7. Prikaz osnovnih elemenata 3D modela i prostora modeliranja

1.4. Osnove vrste modela u sustavu Autodesk Fusion 360

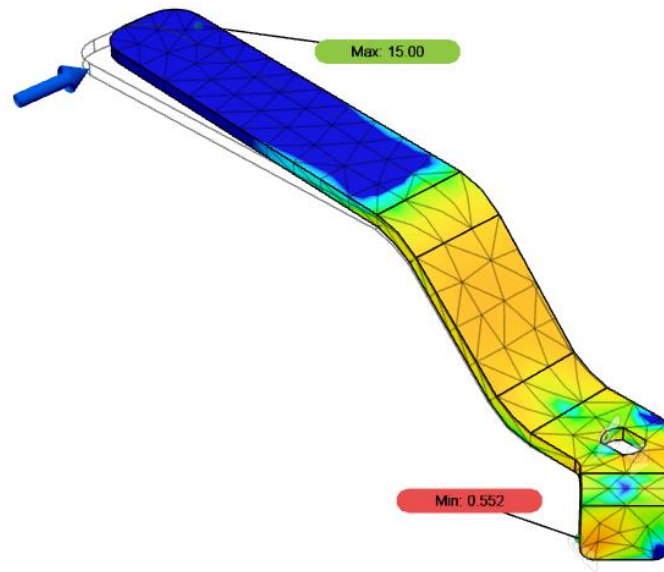
Kroz proces razvoja proizvoda, inženjeri izrađuju i koriste različite modele poput matematičkih, fizikalnih i geometrijskih. Primarna funkcija sustava Fusion 360 je podrška inženjerima pri konstruiranju, što uključuje definiranje geometrije proizvoda, materijala dijelova te proizvodne procese. U Fusionu, ali i CAD sustavima općenito, stoga se susrećemo s tri osnovne vrste modela, a to su: komponente, sklopovi i tehnički crteži.

- Model **komponente** (engl. *component*), opisuje individualne dijelove ili komponente koje se ne mogu rastaviti na pojedinačne pozicije. Kroz sekvencijalno dodavanje značajki, modeliraju se dok se ne postigne željena geometrija te im se dodjeljuju svojstva kao što su materijal, boja i zahtjevi za proizvodnju. Ovakvi modeli mogu se spojiti u modele sklopova ili koristiti za izradu radioničkih crteža. Bitno je napomenuti da se modeli komponenti u većini CAD sustava, pa tako i Fusionu, mogu sastojati od više odvojenih krutih tijela.



Slika 8. Primjer modela dijela

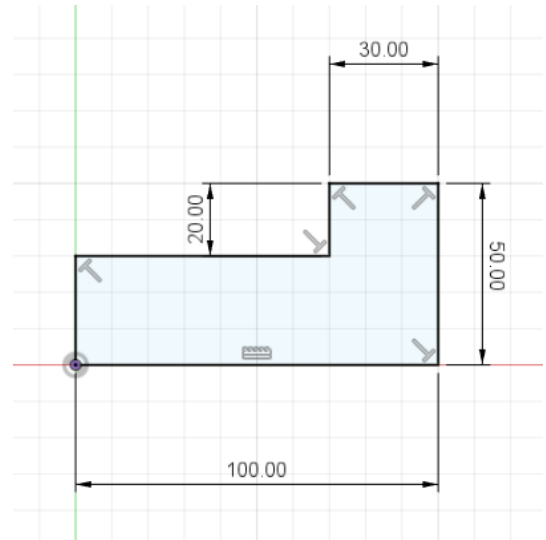
U kombinaciji s alatima za inženjersku analizu (engl. *computer aided engineering* - CAE) i pripremu proizvodnje (engl. *computer aided manufacturing* - CAM), geometrijski modeli koriste se kao osnova za različite simulacije, koje imitiraju ponašanje konstrukcije i njenog okruženja tijekom proizvodnje i korištenja. **Simulacijski modeli** obuhvaćaju skup modela koji, oslanjajući se na geometriju i druge karakteristike opisane u 3D modelu, omogućuju provođenje raznovrsnih inženjerskih analiza. Postoji čitav niz simulacija vezanih uz inženjersku analizu koje je moguće provesti u Fusionu 360, poput statičke i dinamičke analize čvrstoće, analize prijenosa topline, topološke analize i dr. Uz to, postoje i različite simulacije proizvodnih procesa, poput tokarenja, glodanja ili brizganja polimera.



Slika 11. Primjer simulacijskog modela koji uključuje analizu čvrstoće komponente

2. Izrada skica za značajke modela

Skica (engl. *Sketch*), važan je koncept ne samo u tehničkom crtanju, već i u kontekstu izrade 3D modela pomoću računala. Dok se u klasičnom crtanju skica odnosi na ručno izrađene crteže koje opisuju tehničke ideje, u svijetu konstruiranja pomoću računala, skica predstavlja početnu 2D formu, koja je nužna za stvaranje trodimenzionalnih oblika i tehničke dokumentacije. Za izradu većine 3D značajki modela potrebno je izraditi jednu 2D skicu, dok složenije značajke mogu zahtijevati i više skica. Kao takve, skice imaju nezamjenjivu ulogu u stvaranju 3D CAD modela, a razumijevanje principa izrade skica je početna točka učenja rada u bilo kojem 3D CAD sustavu.



Slika 12. Primjer 2D skice koja se koristi pri izradi 3D značajki

U 3D CAD sustavima postoji posebno sučelje ili alat za izradu i uređivanje skica. Na primjer, u sustavu Autodesk Fusion 360 postoji opcija "Create Sketch", koja korisnika vodi u posebno okruženje za skiciranje u kojem se nalazi niz alata i opcija za oblikovanje skica.

Skicu gradimo pomoću različitih **elemenata** poput pravocrtnih linija, krivulja, kružnica, lukova i drugih oblika. Iako je stvaranje ovih oblika prilagodljivo, važno je zadržati kontrolu nad njihovim položajem i orijentacijom, kako bi sustav 2D skicu mogao transformirati u 3D oblik. To se postiže postavljanjem **relacijskih i dimenzijskih ograničenja** koja definiraju međudnose između elemenata skice.

Tipičan proces izrade skice obično započinje formiranjem osnovnih oblika, ponekad nazvanih i "grube" skice. Nakon toga, slijedi postavljanje ograničenja koja definiraju oblik i odnose unutar skice. O tim ograničenjima bit će više riječi u nastavku poglavlja.

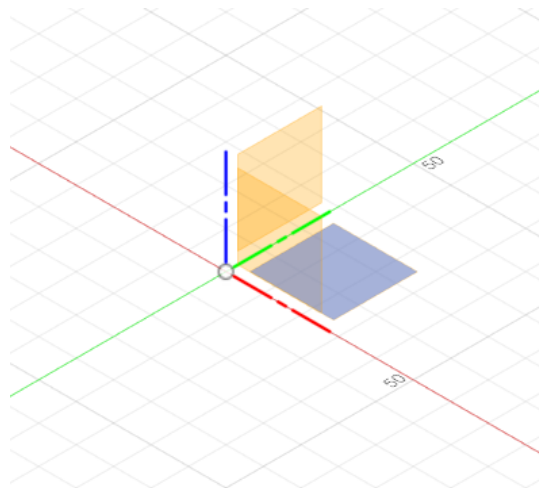


Slika 13. Koraci izrade skice prikazani na ilustrativnom primjeru

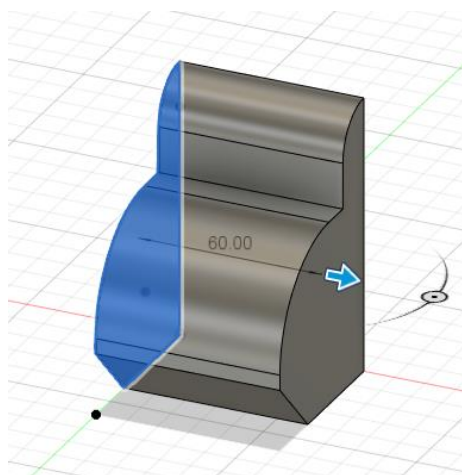
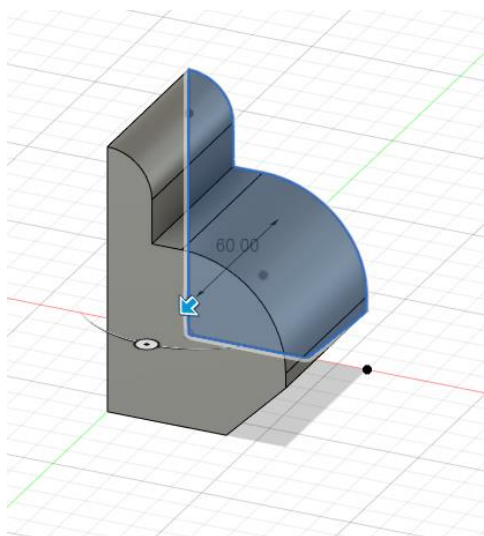
2.1. Izrada skica

Prije nego što započnemo stvarati skicu, važno je odabrati ravninu unutar 3D okoline na kojoj će skica biti pozicionirana. Ova **ravnina skice** ima veliki utjecaj na daljnji rad na modelu. Naime, pravilan izbor početne skice i njezine pozicije, može znatno olakšati kasniju izradu dijelova i sklopova. Često se preporučuje korištenje neke od **početnih ravnina** zbog njihove stabilnosti, budući da su vezane uz osnovni koordinatni sustav modela.

Strateško **pozicioniranje prvih skica** za izradu 3D modela u odnosu na početne ravnine (u sustavu Fusion 360 su to ravnine XY, XZ i YZ) i osi (x, y, z) omogućuje jednostavno oblikovanje modela kod kojih se pojavljuju simetrija ili obrasci. Odabir druge ravnine (npr. ravnine YZ umjesto XY) rezultirat će značajkom iste geometrije, ali drugačije orijentacije, što može utjecati na cjelokupni model. Nakon odabira opcije "Create Sketch", korisnik bira ravninu, nakon čega CAD sustav automatski prilagođava pogled okomit ravnini skice. Taj način postavljanja pogleda znatno olakšava i ubrzava proces izrade skice.



Slika 14. Odabir početne ravnine

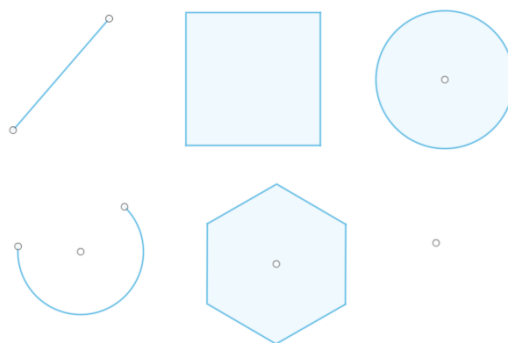


Slika 15. Ista skica pozicionirana u ravninama XZ i YZ

Skiciranje obično započinje formiranjem **osnovnog oblika** koji približno odgovara završnoj skici. Važno je pozicionirati taj osnovni oblik te pažljivo razmotriti okvirne dimenzije skice. Često se početak izrade osnovnog oblika skice temelji na postavljanju vrha nekog geometrijskog oblika u točku ishodišta .

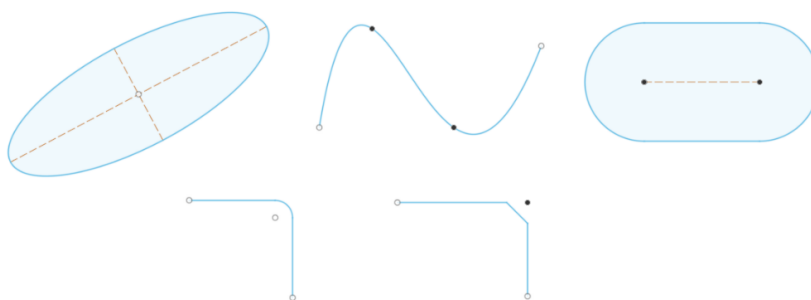
2.2. Elementi skice

Osnovni oblik stvara se kombiniranjem raznih **elemenata skice**, poput **linija** (engl. *line*), **pravokutnika**, (*Rectangle*) **kružnica** (*Circle*), **kružnih lukova** (*Arc*), **mnogokuta** (*Polygon*), i **točaka** (*Point*). Svaki od ovih elemenata ima svoju specifičnu ulogu te se koriste za brzu i preciznu izradu skica profila i putanja. Na primjer, za izradu skice koja sadrži četverokut, koristi se opcija pravokutnika s dvije točke (*2-Point Rectangle*). Stoga je važno upoznati se s različitim varijantama izrade elemenata skice.



Slika 16. Osnovne vrste elemenata skice

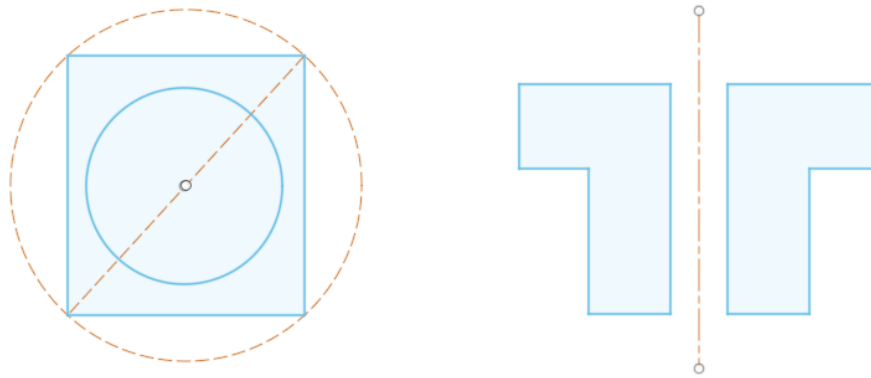
Osim osnovnih elemenata, postoje i drugi oblici poput **utora** (*Slot*), **krivulja** (*Spline*), **elipsa** (*Ellipse*), **zaobljenja** (*Fillet*), **skošenja** (*Chamfer*) i drugih. Ovi oblici imaju specifičnu primjenu pri izradi skica za inženjersko modeliranje. Na primjer, za zaobljenje ili skošenje rubova koriste se spomenuti oblici, omogućavajući prilagodbu oblika prema potrebi.



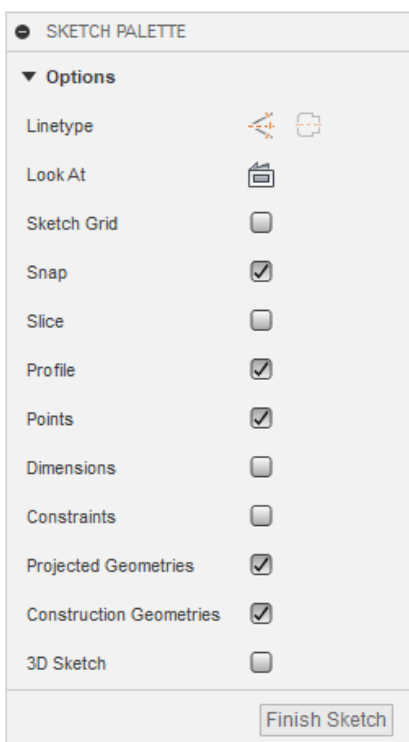
Slika 17. Dodatne vrste elemenata skice

Svi navedeni oblici dostupni su u izbornicima "Create" i "Modify" unutar jezička "Sketch". Osim tih elemenata, postoje i druge opcije koje olakšavaju izradu skica, poput promjene mjerila (*Sketch Scale*), stvaranja kopija (*Move/Copy*) ili zrcaljenja dijelova skice (*Mirror*), što će biti objašnjeno kasnije.

Važno je napomenuti da svaki od tih elemenata može imati i **konstrukcijsku ulogu**, koja podrazumijeva korištenje pomoćne geometrije za pozicioniranje ostalih elemenata skice ili za izradu osi za zrcaljenje oblika. Konstrukcijsku ulogu moguće je dodijeliti bilo kojem elementu skice, koristeći opciju "Linetype/Construction" u prozoru *Sketch Palette*. Rezultat će biti promjena vrste crte koja se koristi za prikaz geometrije i to iz pune u isprekidanu. Konstrukcijska geometrija nije uključena u konačni oblik skice, već se koristi samo kao pomoć u ograničavanju ostalih elemenata. Na taj je način olakšano definiranje rasporeda elemenata skice i razumijevanje njezine strukture, uz osiguravanje veće efikasnosti i bolje kontrole skice.



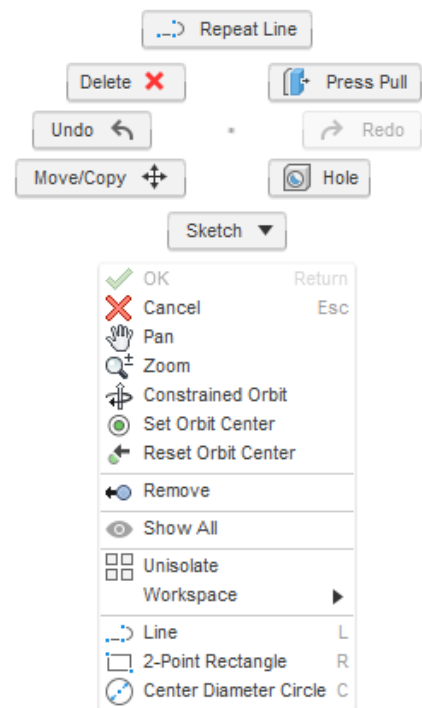
Slika 18. Primjeri upotrebe konstrukcijske uloge različitih elemenata skice (naznačeni isprekidanom vrstom crta i narančastom bojom)



Slika 19. Sketch Palette – prikaz izbornika

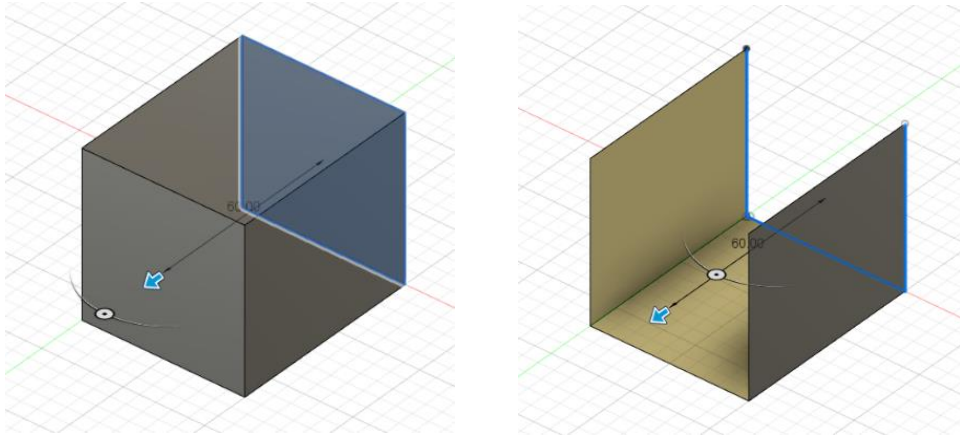
Brojne opcije moguće je pronaći i u *Marking Menu*, koji možemo opisati kao cirkularni meni. On se pojavljuje pritiskom desne tipke miša bilo gdje na radnoj površini te prikazuje najčešće korištene naredbe (ovisno o kontekstu).

Nakon navedenih osnovnih i dodatnih elemenata skice, važno je istaknuti ulogu prethodno spomenutog *Sketch Palette*-a koji uključuje veliki broj opcija za prilagodbu prikaza elemenata skice (npr. prikaz linija, konstrukcijske geometrije, koordinatnog sustava i mreže). Ovaj jednostavni izbornik omogućuje nam da pritiskom na „kućice“ možemo prilagoditi prikaz naše skice, ali i dodjeljivati konstrukcijsku ulogu elementima skice. Na primjer, u slučaju da veliki broj ograničenja i dimenzija otežava rad na obliku skice, moguće ih je privremeno „sakriti“, odnosno isključiti njihov prikaz.



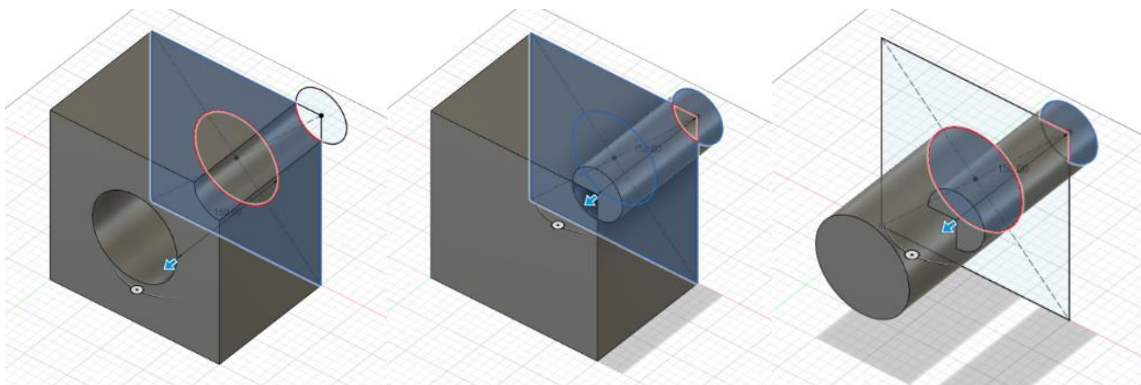
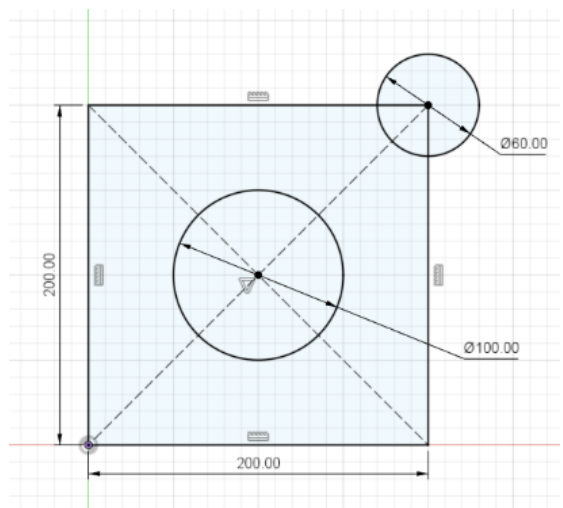
Slika 20. Marking Menu – prikaz izbornika

Važan dio skiciranja je razumijevanje razlika između **zatvorenih i otvorenih profila** skice. Otvoreni profili, kad se ekstrudiraju, obično rezultiraju površinskim značkama (opcije pod izbornikom *Surface*) ili tankostjenim profilima (*Thin Extrude* opcija). S druge strane, zatvoreni profili češće se koriste u modeliranju strojarskih dijelova, jer služe kao osnova za većinu značajki za tzv. modele krutih tijela. U pravilu se u jednoj skici izrađuje jedan zatvoreni profil.



Slika 21. Zatvoreni i otvoreni profili skica i njihova primjena

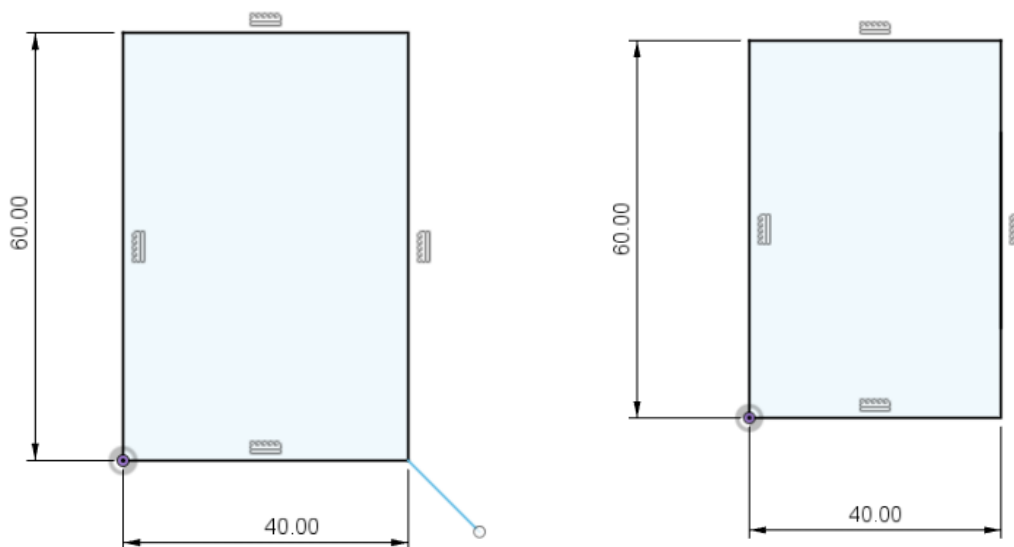
Određeni 3D CAD sustavi, poput Fusiona, omogućuju stvaranje više zatvorenih profila u jednoj skici. To dopušta različite varijante pojedinih značajki i smanjuje broj potrebnih skica. Drugim riječima, možete zamijeniti više skica samo jednom slikom, koja sadrži više zatvorenih profila. U tom slučaju, određeni dijelovi skice mogu se "izvući" na različite udaljenosti (proces ekstrudiranja). Važno je napomenuti da svi korišteni profili unutar skice moraju biti zatvoreni. Međutim, potrebno je izbjegavati prekomjerni broj profila u jednoj skici, jer to može otežati kasnije prilagodbe.



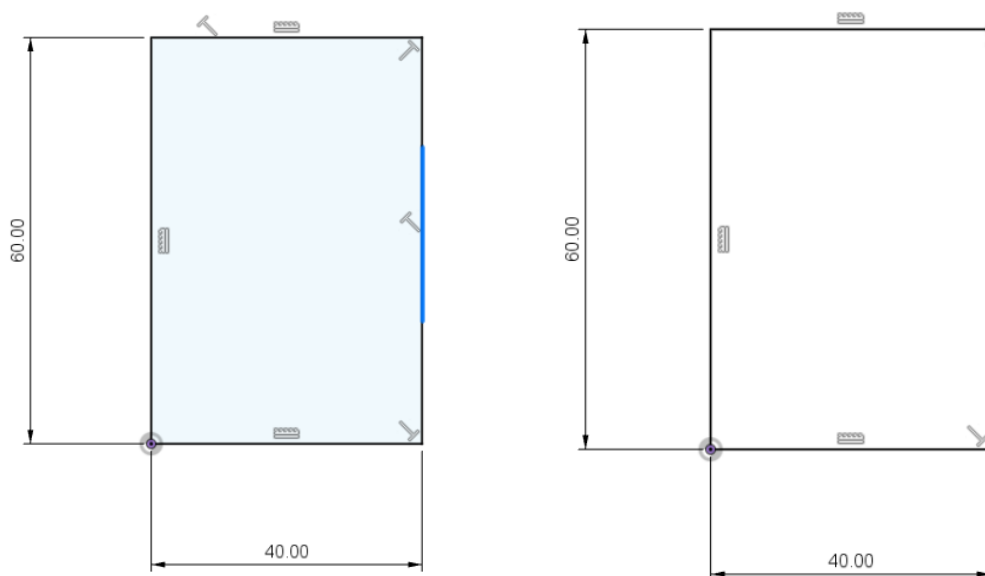
Slika 22. Višestruka primjena zatvorenih profila u istoj skici

Kod izrade zatvorenih profila važno je izbjegavati česte pogreške koje se često pojavljuju pri početnom učenju CAD sustava: (1) ostavljanje nepotrebnih linija – tzv. visećih bridova, (2) preklapanje linija na već postojećim bridovima i (3) nedostatak eksplicitnog spajanja linija.

Iako Fusion često dopušta stvaranje 3D značajki na temelju skica koje sadrže ovakve pogreške, to je ipak preporučljivo izbjegavati. Naime, ove pogreške mogu ometati kreiranje značajki i stvarati probleme kasnije, tj. prilikom uređivanja i prilagođavanja 2D skica. Osim toga, većina CAD sustava ne dopušta takve greške pri izradi skica (što je važno, jer je moguće da će koristiti druge CAD sustave u karijeri).

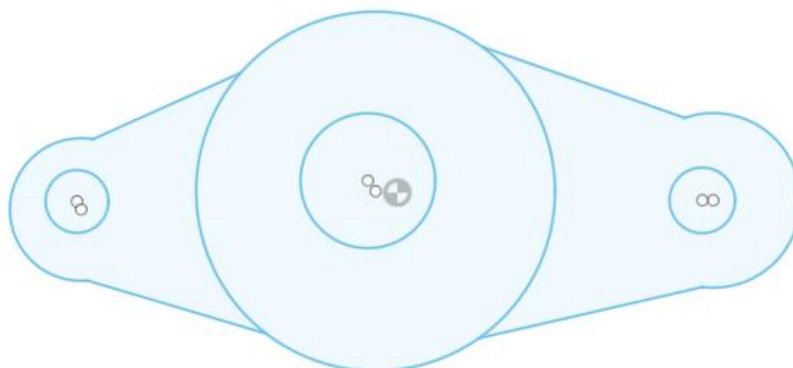


Slika 23. Zaostali i suvišni „viseći“ bridovi (lijevo) i preklapanje linije s već postojećim bridom (desno)



Slika 24. Linije nisu eksplicitno spojene

U ovom je koraku skiciranja, moguće je promijeniti početni oblik jednostavnom manipulacijom vrhova i bridova, koristeći računalni miš. Početni oblik obično nema ograničenja te je vrhove i bridove u pravilu moguće neograničeno pomicati. Stoga, nakon postavljanja i organizacije elemenata skice, sljedeći važan korak uključuje **postavljanje ograničenja**, koja se dijele na relacijska i dimenzijska.

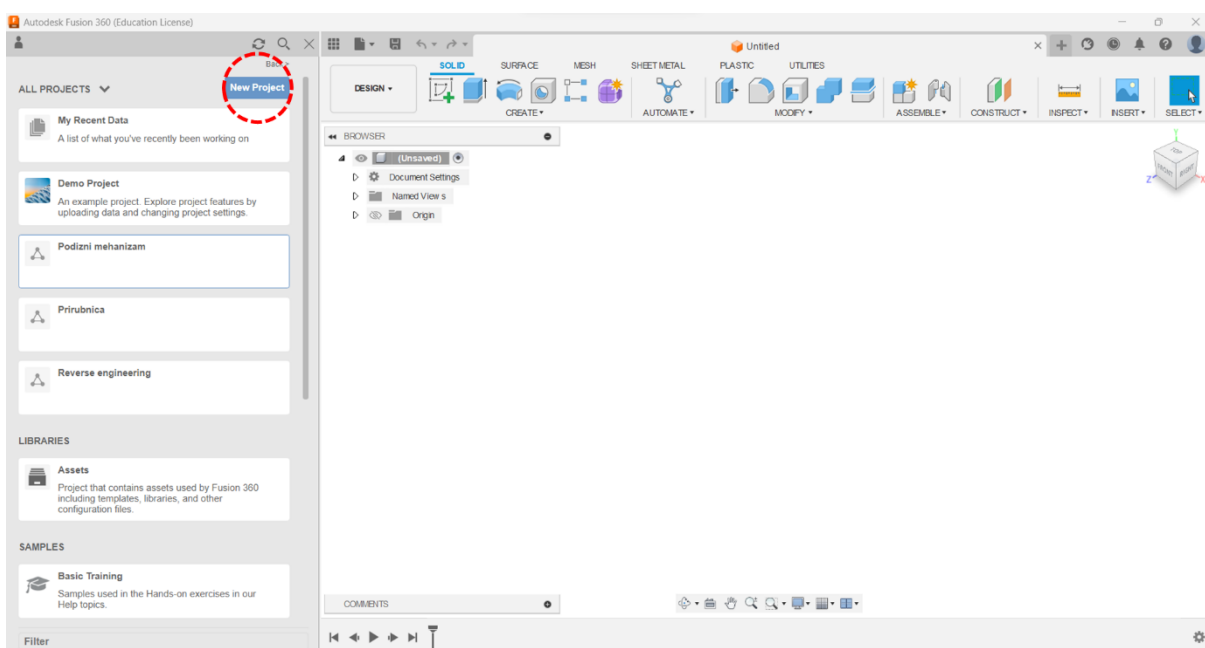


Slika 25. Primjer korištenja različitih elemenata skice na ilustrativnom primjeru

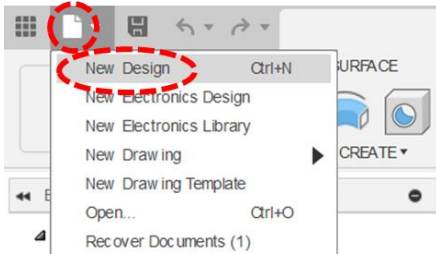
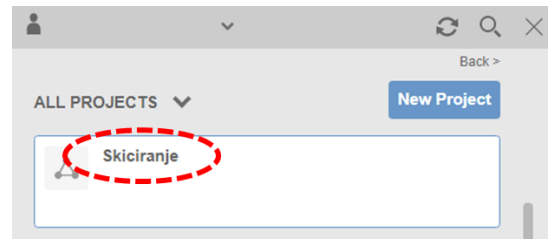
2.3. Vježba 1: Elementi skice

Kako bi u 3D CAD sustavu Fusion 360 mogli izrađivati modele dijelova, sklopova i tehničkih crteža, poželjno je najprije izraditi projekt kojem će ti modeli pripadati.

Popis svih dostupnih projekata nalazi se na ploči s projektima (lijeva strana korisničkog sučelja), a novi projekt izrađuje se pritiskom na „New Project“.

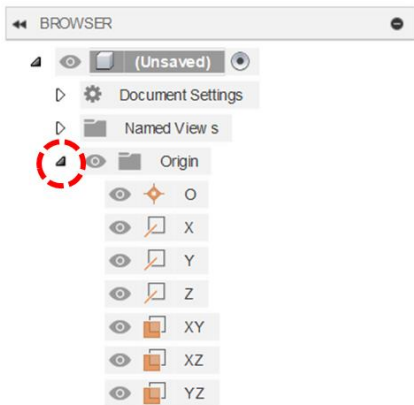
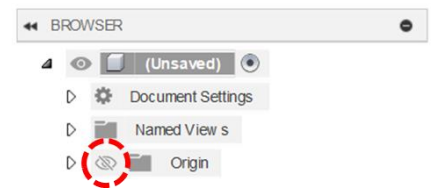


Izradite novi projekt naziva „Skiciranje“. U vezi s tim spremat ćete sve modele koje izrađujete u sklopu ovih vježbi. Nakon toga zatvorite ploču s projektima kako biste na ekranu za modeliranje oslobodili više prostora.



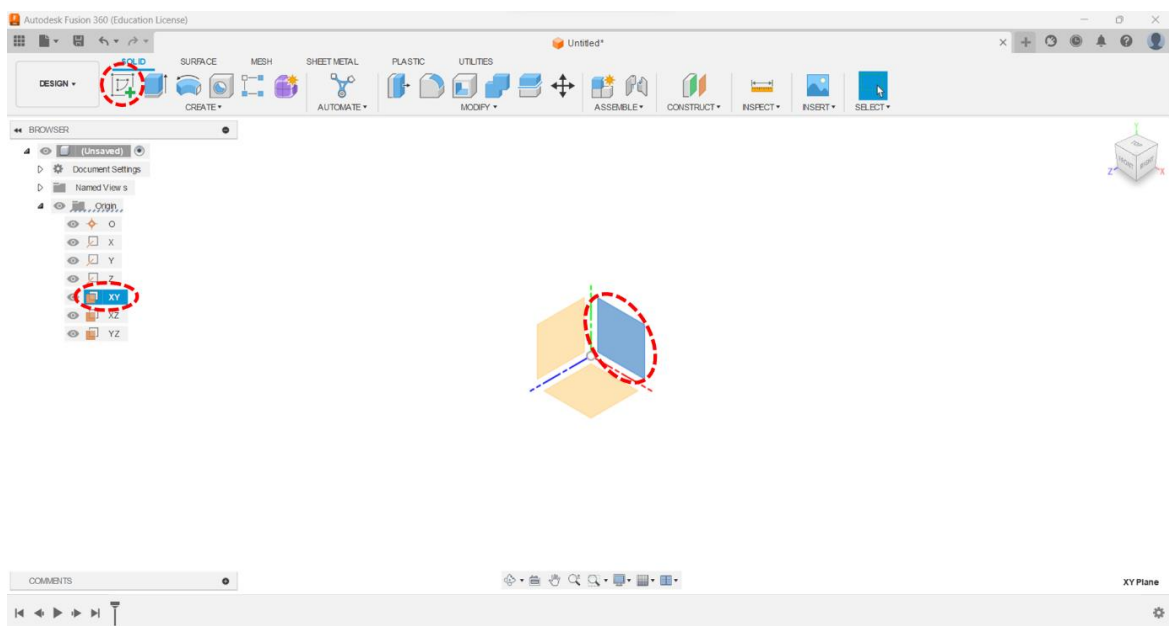
Pokrenite izradu novog modela, odnosno konstrukcije (*New Design*). Model možete odmah spremiti pod nazivom „Osnove skiciranja“.

U pregledniku s lijeve strane pritiskom na ikonu oka kraj mape „Origin“, uključite vidljivost ishodišta te osnovnih ravnina i osi.



Nakon toga proširite mapu „Origin“ kako biste vidjeli pregled ishodišta te osnovnih ravnina i osi.

Odaberite ravninu XZ (u pregledniku ili na grafičkoj površini) i na njoj započnite s izradom nove skice (*Create Sketch*).

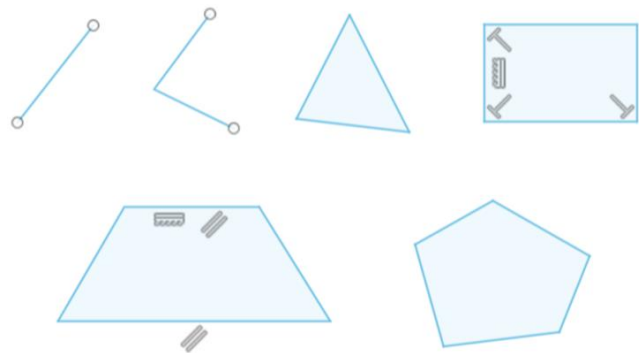


Prije postavljanja elemenata u skicu, provjerite je li ona aktivna (moraju biti dostupni alati za skiciranje). Također, vodite brigu o okomitom pogledu na ravninu skiciranja (pogled bi se trebao automatski prilagoditi pri pokretanju skiciranja).

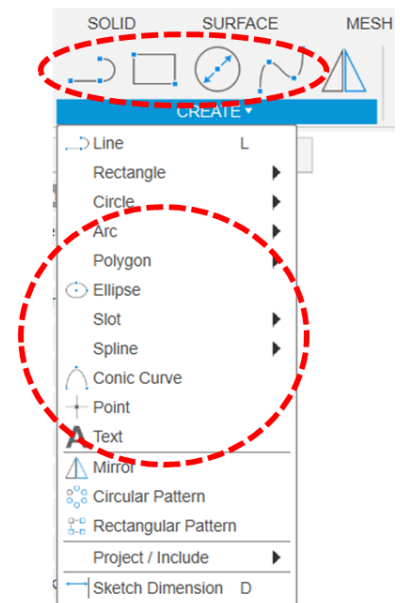
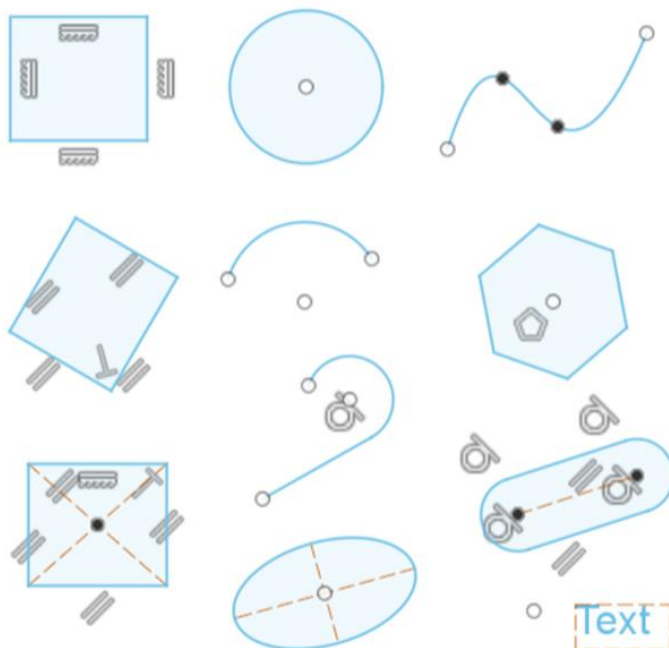
Unutar aktivne skice koristeći alat „Line“ postavite u ravninu skice veći broj ravni linija. Primijetiti ćete razliku između dva načina postavljanja ravni linija – svaku pojedinačno (koristeći dvostruki pritisak miša pri definiranju druge točke linije) ili niz spojenih linija (koristeći jedan pritisak miša).



Obrišite sve elemente (ravne linije) koje se trenutno nalaze u aktivnoj skici. Zatim ponovno iskoristite alat „Line“ da biste izradili sljedeće geometrijske oblike: jednu ravnu liniju, dvije spojene ravne linije, trokut, pravokutnik, trapez i peterokut. Analizirajte razlike između otvorenih i zatvorenih profila koje ovi elementi sačinjavaju.



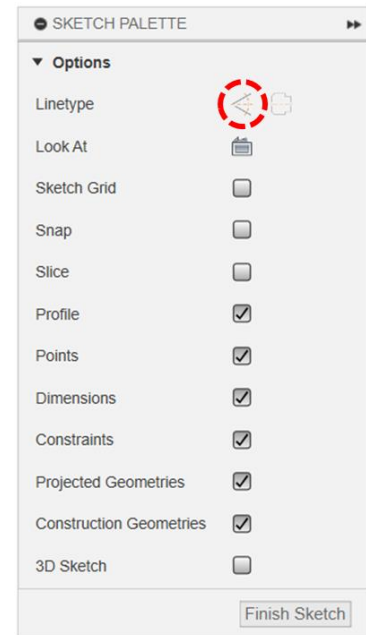
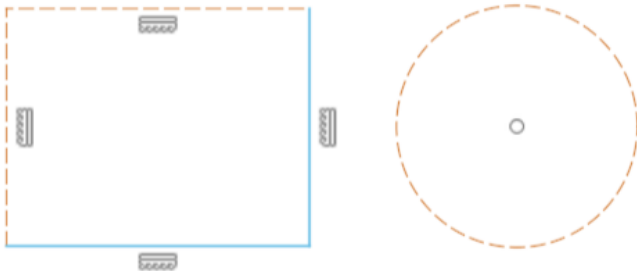
Izađite iz prethodne skice i izradite novu skicu na ravnini XZ. Unutar aktivne skice pokušajte ubaciti ostatak različitih vrsta osnovnih elemenata skice: pravokutnik, kružni luk, kružnicu, mnogokut, točku itd.



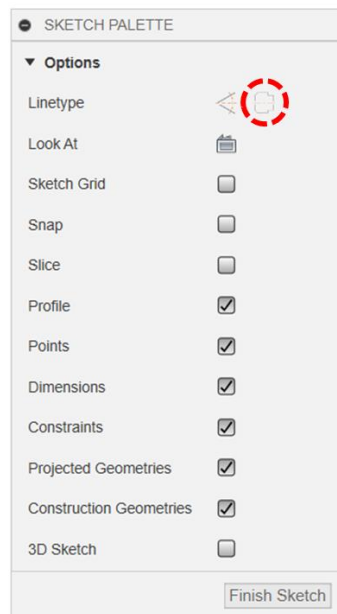
Istražite na koji način možete unutar skice odabrati samo željene elemente. Točnije, istražite kako

možete iskoristiti pritisak i držanje tipke CTRL u kombinaciji s odabirom različitih elemenata mišem ili pak povlačenjem miša s lijeve na desnu stranu i suprotno.

Na kraju istražite pretvorbu elemenata iz standardne u konstrukcijsku geometriju (*Construction*). Za to je potrebno označiti elemente skice i u izborniku Sketch Palette kvačicom označiti Construction kao tip linije (*Linetype*).



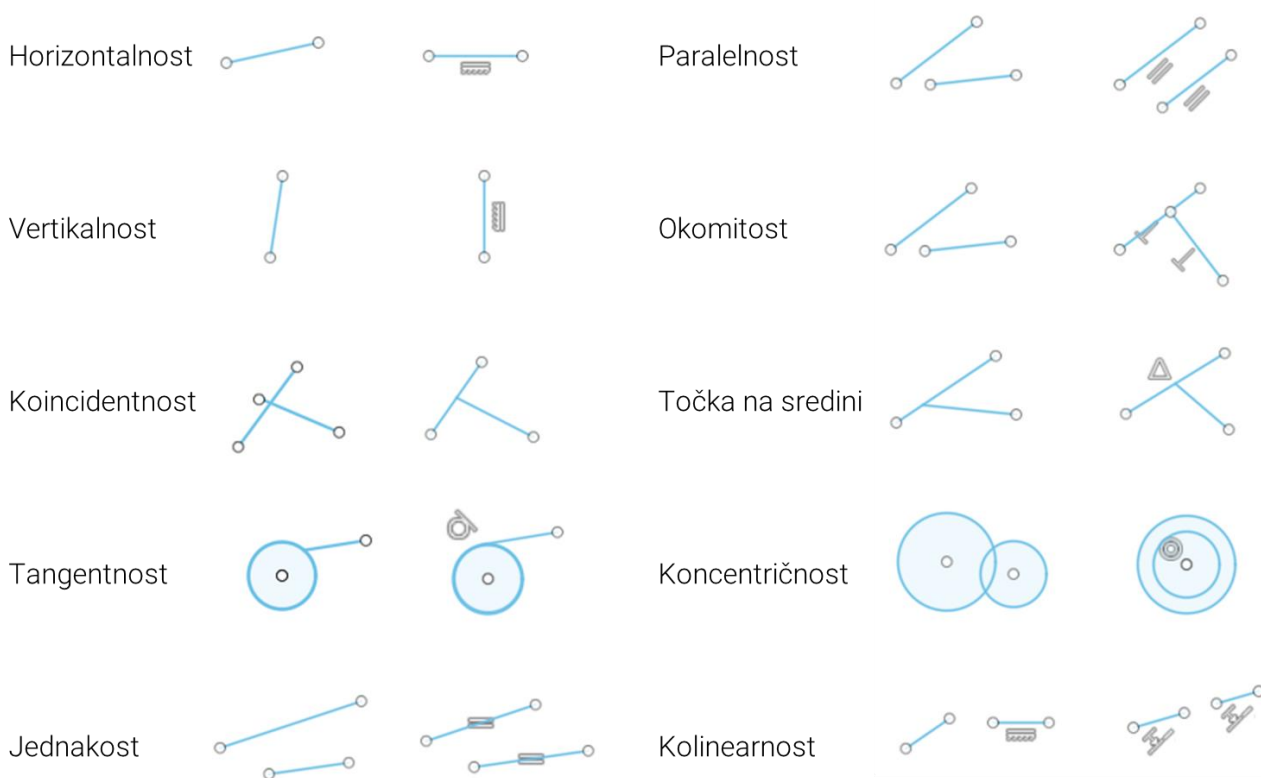
Također je moguće ravne linije pretvoriti u središnjice. Središnjice su korisne za provođenje značajki koje zahtijevaju osi ili osnu simetričnost. Da biste ravnu liniju pretvorili u središnjicu, morate je označiti i u izborniku Sketch Palette kvačicom označiti Centerline kao tip linije (*Linetype*).



Spremite model.

2.4. Relacijska ograničenja

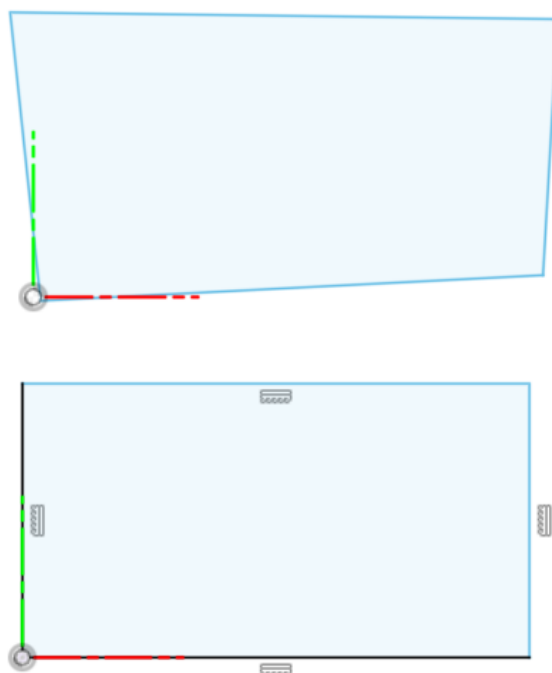
Nakon stvaranja osnovnog oblika skice, sljedeći korak u procesu skiciranja je postavljanje ograničenja, a obično se počinje s relacijskim ograničenjima. Postoje različite vrste relacija kao što su **horizontalnost** (*Horizontal*), **vertikalnost** (*Vertical*), **okomitost** (*Perpendicular*), **paralelnost** (*Parallel*), **koincidentnost** (*Coincident*), **kolinearnost** (*Collinear*), **koncentričnost** (*Concentric*), **jednakost** (*Equal*) i druge. Ove relacije služe za jasno definiranje namjere (npr. načina ponašanja skice) prilikom modeliranja i pomažu detaljnom oblikovanju željenog oblika. Na primjer, prethodno navedeni primjeri relacija omogućuju postavljanje ograničenja na pojedine linije ili odnos između više linija u modelu. Postavljanje tih odnosa među geometrijskim entitetima važan je korak pri stvaranju skica. Također, ključno je postaviti relacije između oblika i ishodišta skice, kako bi se jasno definirala pozicija oblika (osobito ako vrh nekog geometrijskog oblika nije postavljen na ishodište). S obzirom na širok spektar različitih odnosa među elementima skica, na slici su prikazana najčešće korištena ograničenja koja olakšavaju proces skiciranja.



Slika 26. Tipovi relacijskih ograničenja

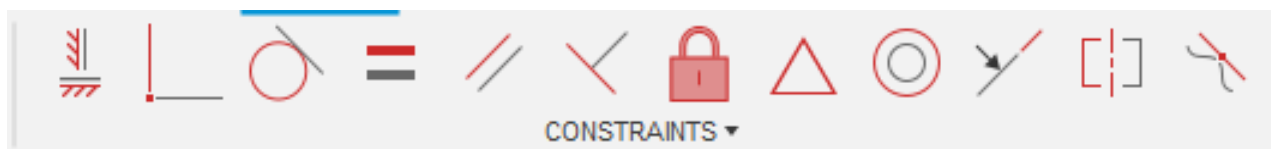
Uz ručno postavljanje relacija, današnji 3D CAD sustavi poput Fusiona, nude i **automatsko postavljanje relacijskih ograničenja**, što značajno ubrzava izradu skica. Ova opcija predviđa i korigira moguće greške, poput blagog odstupanja u orijentaciji linije, te ih ispravlja na željenu vertikalnu ili horizontalnu poziciju. Osim toga, automatsko postavljanje relacija obuhvaća tangentnost pri prijelazima između linija i kružnih lukova te usklađenost između linija. Ova funkcija također ubrzava postavljanje vrhova ili središnjih točaka na bridovima, pomažući u preciznosti skice. Međutim, treba

oprezno koristiti automatsko postavljanje relacija, jer može rezultirati neželjenim ograničenjima. U takvim slučajevima, CAD sustavi olakšavaju prepoznavanje tih neželjenih relacija i omogućuju njihovu naknadnu izmjenu. Iako ova automatska opcija rješava neke očite probleme, često je potrebno dodatno ručno postavljanje preostalih relacija, prilagođavajući ih pojedinačno svakom elementu skice.



Slika 27. Primjer izrade oblika pravokutnika bez automatskog postavljanja relacija (gore) kao i u slučaju automatskog postavljanja horizontalnosti i vertikalnosti (dolje)

U sustavu Fusion, postavljanje ograničenja je intuitivno i lako pristupačno putem izbornika *Constraints* unutar jezička *Sketch*, smještenog na alatnoj traci. Različite ikonice jasno prikazuju vrstu ograničenja koje je moguće postaviti za odabrane elemente skice. Ručno dodavanje ograničenja uključuje i odabir elemenata skice kojima se određeno ograničenje želi dodijeliti. Na primjer, za postavljanje horizontalnosti ili vertikalnosti, dovoljno je odabrati jedan brid i primijeniti odgovarajuću opciju ograničenja. Za definiranje paralelnosti ili okomitosti, potrebno je odabrati dva brida, dok je za definiranje simetrije potrebno uz dijelove skice, koji trebaju biti simetrični, specificirati i os simetrije. Ove opcije značajno olakšavaju precizno postavljanje ograničenja prema potrebama skice.

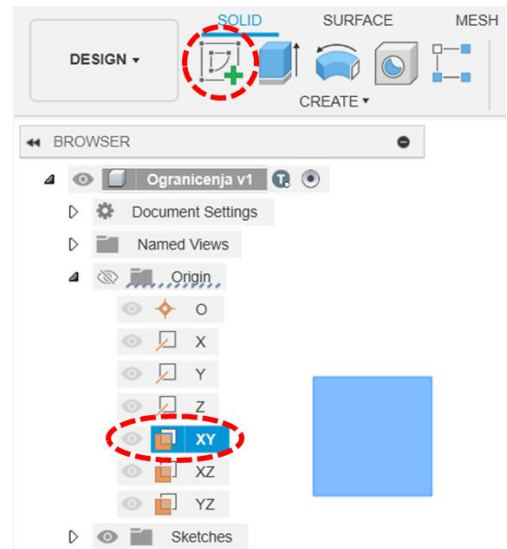


Slika 28. Izbornik Constraints u sustavu Fusion

2.5. Vježba 2: Primjena relacijskih ograničenja

Pokrenite izradu novog modela (*New Design*). Spremite novi model pod nazivom Relacijska ograničenja.

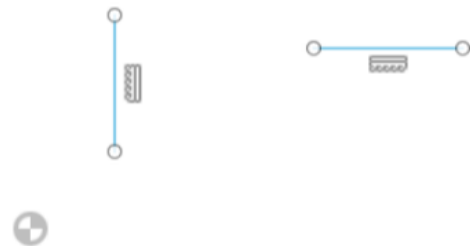
Započnite novu skicu na ravnini XY. Nacrtajte tri kose linije. Prilikom njihovog crtanja držite pritisnutu tipku CTRL, kako bi izbjegli automatsko dodavanje ograničenja (relacija).



Označite (držite pritiskom miša) jedan kraj prve linije i pomaknite ga tako da linija bude otprilike vertikalna. Isto napravite i s drugom linijom, ali tako da bude otprilike horizontalna.

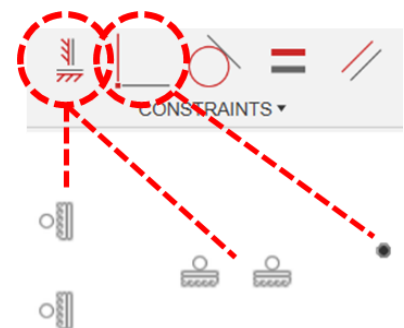


Označite prvu liniju i dodajte joj ograničenje horizontalnosti/vertikalnosti (*Horizontal/Vertical*). Primijetit ćete da će prva linija onda postati u potpunosti vertikalna i dobiti pripadajuću oznaku vertikalnosti. Ako isto ponovite s drugom linijom, ona će postati horizontalna i dobiti oznaku horizontalnosti.

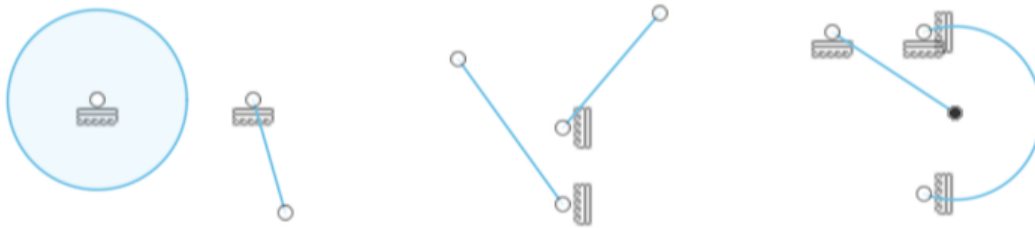


Konačno, ako to ponovite s trećom linijom, ona će postati ili horizontalna ili vertikalna, ovisno o tome čemu je bila bliže prije primjene ograničenja.

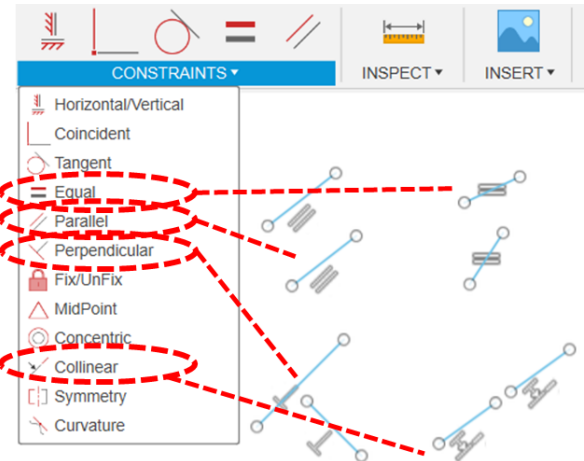
Obrišite sadržaj skice. Sada ćemo slično ponoviti s točkama. Držeći tipku CTRL postavite tri para točkica. Točke prvog para neka budu otprilike jedna iznad druge, točke drugog para otprilike jedna pokraj druge, a točke trećeg para mogu biti postavljene bilo gdje. Između točkica prvog i drugog para postavite ograničenje horizontalnosti/vertikalnosti, a između točkica trećeg para koicidentnosti (*Coincident*).



Pokušajte postaviti ova relacijska ograničenja između parova točkica koje se nalaze u vrhovima ili središtima drugih geometrijskih elemenata, poput ravnih linija i kružnih lukova.

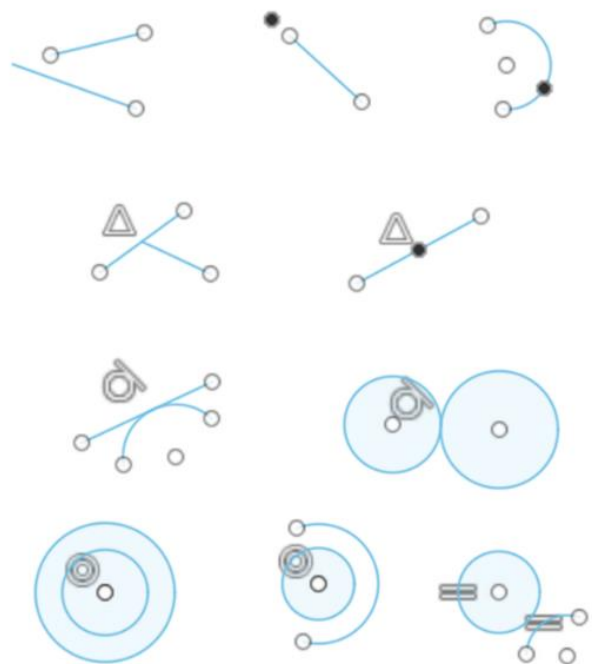


Obrišite sadržaj skice i nakon toga skicirajte četiri para ravnih linija (držeći pritisnutu tipku CTRL kako biste izbjegli postavljanje automatskih relacijskih ograničenja). Između prvog para linija dodajte ograničenje kolinearnosti (*Collinear*) kako bi one bile na istom pravcu. Između drugog para dodajte ograničenje okomitosti (*Perpendicular*), a između trećeg para ograničenje paralelnosti (*Parallel*). Konačno, između četvrtog para dodajte relaciju jednakosti (*Equal*), kako bi bile iste duljine.



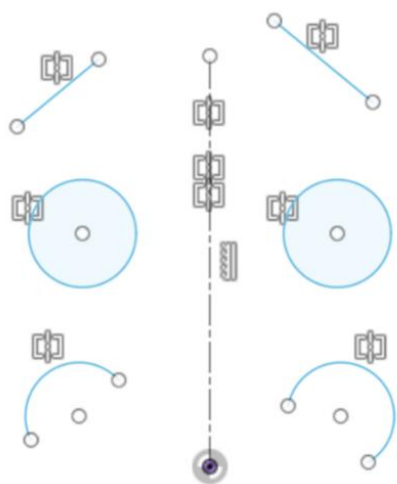
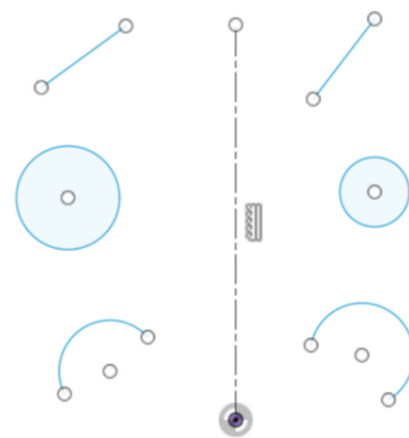
Obrišite sadržaj skice i skicirajte redom dva para ravnih linija, dva para linija i točkica, kružni luk i točku, ravnu liniju i kružni luk, dva para kružnica te dva para kružnice i kružnog luka. Zatim isprobajte postavljanje sljedećih relacija:

- Koincidentnost (*Coincident*) između ravne linije i vrha druge ravne linije
- Koincidentnost (*Coincident*) između ravne linije i točke
- Koincidentnost (*Coincident*) između kružnog luka i točke
- Hvatanje za sredinu (*Midpoint*) između ravnije linije i vrha druge ravne linije
- Hvatanje za sredinu (*Midpoint*) između ravne linije i točke
- Tangentnost (*Tangent*) između ravne linije i kružnog luka
- Tangentnost (*Tangent*) između dvije kružnice
- Koncentričnost (*Concentric*) između dvije kružnice
- Koncentričnost (*Concentric*) između kružnice i kružnog luka
- Jednakost (*Equal*) između kružnice i kružnog luka



Komentirajte rezultate i nakon toga isprobajte kombinacije relacija koje je moguće dodijeliti parovima zakrivljenih linija. Primijetit ćete da neke od kombinacija predstavljaju kontradiktorne relacije.

Simetričnost je još jedno relacijsko ograničenje koje možemo istražiti.. Započnite novu skicu na nekoj od ravnina i iz ishodišta prema gore skicirajte ravnu vertikalnu liniju. Pretvorite liniju u središnjicu (*Centerline*). Nakon toga s obje strane (i lijevo i desno od linije) skicirajte po jednu ravnu liniju, jedan kružni luk i jednu kružnicu.



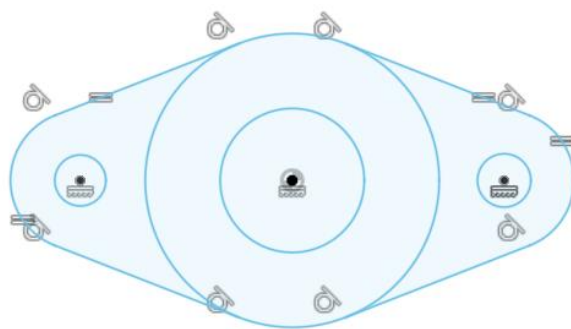
U izborniku s ograničenjima (*Constraints*) odaberite ograničenje simetričnosti (*Symmetry*). Nakon toga odaberite redom dva elementa za koje želite da se ponašaju simetrično (npr. dvije ravne linije) i na kraju odaberite os simetrije, odnosno središnjicu. Isti postupak ponovite za sva tri elementa. Nakon primjene ograničenja pokušajte pomicati svaki od elemenata i primijetite simetričnost njihovih dimenzija i pozicioniranja.

Na kraju istražite automatsko postavljanje značajki. Prilikom postavljanja elemenata skice realizirajte /ostvarite sljedeća automatska ograničenja:

- Horizontalnost ravne linije
- Vertikalnost ravne linije
- Paralelnost dviju ravnih linija
- Okomitost dviju ravnih linija
- Koincidentnost između linije i vrha druge linije
- Tangentnost kružnog luka u odnosu na ravnu liniju
- Spajanje na kraju ravne linije
- Spajanje na sredinu ravne linije

2.6. Dimenzijska ograničenja

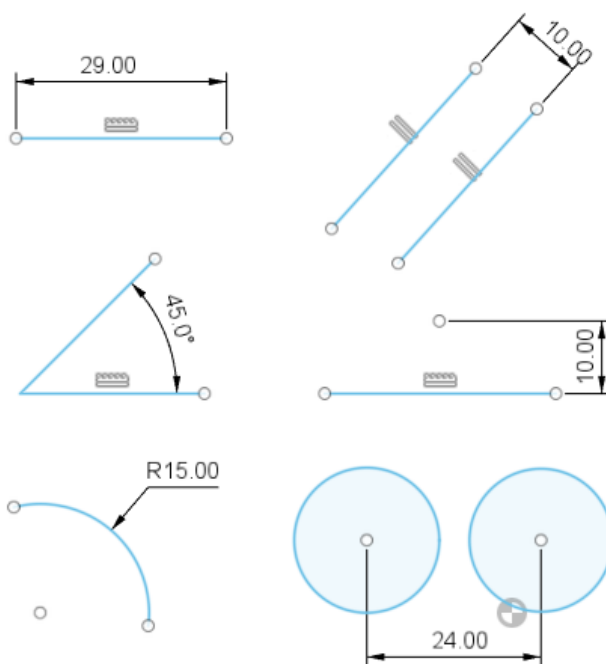
Nakon postavljanja relacijskih ograničenja slijedi definiranje dimenzijskih ograničenja. Što je više relacijskih ograničenja postavljeno u prethodnom koraku, to je broj dimenzijskih ograničenja koje je potrebno postaviti manji. Iako je korisno voditi brigu o dimenzijama prilikom izrade osnovnog oblika skice, važan je korak precizno definiranje i unos vrijednosti dimenzija . Dimenzije nam omogućavaju da precizno odredimo **apsolutnu i relativnu poziciju te duljinu i kut** između elemenata unutar skice. Za duljinsko specificiranje uobičajeno je koristiti milimetre (mm), a za kutno specificiranje stupnjeve (°).



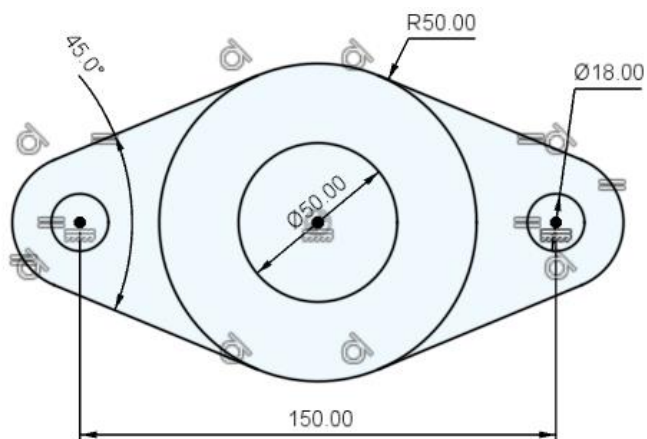
Slika 29. Primjer korištenja različitih relacijskih ograničenja na ilustrativnom primjeru

Dimenzijska ograničenja uključuju:

- Udaljenost između dviju točaka,
- Duljinu linije,
- Udaljenost između dviju paralelnih linija,
- Kut između dviju ravnih linija (u stupnjevima),
- Udaljenost između ravne linije i točke,
- Polumjer kružnice i kružnog luka,
- Udaljenost između dvije kružnice ili dvaju kružnih lukova.



Slika 30. Različite vrste dimenzijskih ograničenja



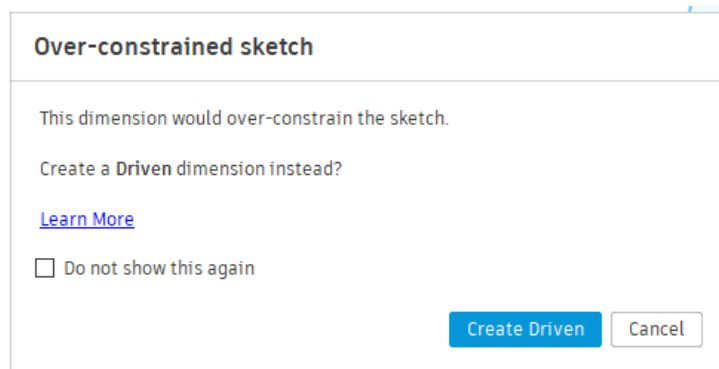
Slika 31. Primjer korištenja različitih dimenzijskih ograničenja na ilustrativnom primjeru

Važno je naglasiti da dimenzioniranje skica u 3D CAD alatima ne prati načela dimenzioniranja (kotiranja) tehničkih crteža, što je vidljivo u načinu prikaza dimenzija te njihovom rasporedu u skici. Naime, pri dimenzijskom ograničavanju skica, veći je naglasak na osiguravanju funkcionalnosti objekta, a pri tehnološkom kotiranju tehničkih crteža naglasak je na specificiranju geometrijskih informacija potrebnih za proizvodnju objekta. Također, raspored dimenzija (kota) u skici 3D CAD modela je proizvoljan i one se najčešće pozicioniraju na slobodna i lako dostupna mjesta, bez zahtjeva za izbjegavanjem presijecanja ostalih dimenzija i drugih načela tehničkog crtanja. Na taj se način omogućuje njihovo jednostavno uređivanje u bilo kojem trenutku. Također, postavljene dimenzije najčešće nije moguće uređivati (dodavati im simbole, mijenjati smjer čitanja i dr.).

Dimenzijska ograničenja se unose na skicu pomoću opcije *Sketch Dimension* (kratica na tipkovnici D). Ova opcija upotrebljava se za različite vrste dimenzijskih ograničenja (linijske i kutne dimenzije, dimenzije promjera i polumjera). Prilikom izrade geometrije (npr. crtanje pravokutnika), moguće je odmah unijeti vrijednosti dimenzija, što može značajno ubrzati proces dimenzioniranja skice. Tipka *Tab* služi za promjenu dimenzije za koju se vrši unos vrijednosti tijekom izrade elementa skice. Druga mogućnost (češća) je dimenzioniranje elemenata skice nakon završetka njihove (ako se odnosi na elemente skice) (ako se odnosi na skicu) izrade.

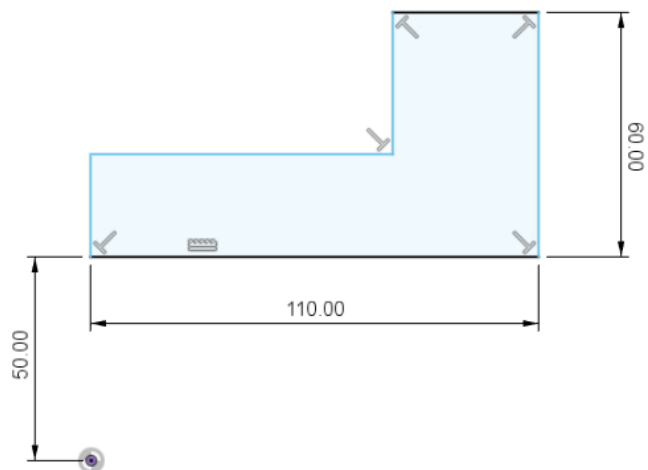
Kao što je već navedeno, elementi skice često zahtijevaju unos relacijskih i dimenzijskih ograničenja te su ona od ključne važnosti za uspješnost izrade 3D značajki. Važno je napomenuti da je istu geometriju moguće prikazati različitim relacijskim i dimenzijskim ograničenjima. Kako onda odabrati ograničenja? Odabir ograničenja ovisi o željenoj funkciji modeliranog dijela i mogućim naknadnim izmjenama dimenzija (što se često događa).

Nakon postavljanja ograničenja na pojedinačne elemente skice, nužno je razmotriti ukupno stanje skice. Temeljem kriterija ograničenja, razlikujemo tri vrste skica: poddefinirane, definirane i predefinirane. **Definirana skica** podrazumijeva oblik kod kojeg su jednoznačno definirani svi odnosi između pojedinih elemenata. Na primjer, definirane su udaljenosti između vrhova, horizontalnost/vertikalnost bridova ili odnosi između različitih bridova (paralelnost, okomitost). Nakon što su postavljena sva potrebna dimenzijska i geometrijska ograničenja, skica je pripravljena za upotrebu u okviru izrade 3D značajke. Nastavno na ovo objašnjenje, jednostavno je shvatiti poddefinirane i predefinirane skice. **Poddefinirane skice** su, zapravo, nedovršene zbog nedostatka jedne ili više dimenzijskih i/ili relacijskih ograničenja. Jednostavno rečeno, poddefinirane skice imaju premalo tj. nedovoljno relacijskih i dimenzijskih ograničenja. S druge strane, **predefinirane skice** (*Over-constrained sketch*) ne opisuju jednoznačno određeni oblik, već postoje neslaganja između istovremeno definiranih ograničenja koje elementi skice ne mogu zadovoljiti. Na primjer, na isti brid nije moguće postaviti ograničenja vertikalnosti i horizontalnosti zbog očitog konflikta. Ipak, Fusion ne dopušta izradu predefiniranih skica te odmah obavještava korisnika o problemu pri unosu ograničenja koje je u konfliktu s postojećim ili je suvišno (informacija o tome pojavljuje se u donjem desnom kutu ili u dijaloškom okviru prikazanom na sljedećoj slici). Ova opcija prilično pomaže pri izradi skica, jer upućuje korisnika da potencijalno definira dijelove skice na pogrešan način.

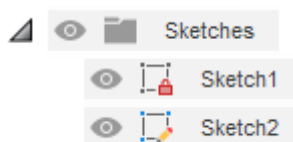


Slika 32. Primjeri obavijesti u slučaju suvišnog ograničenja

Kako bi olakšali razumijevanje stupnja definiranosti skice, CAD sustavi često bojom skice upućuju na moguće nepravilnosti (nedostatak ili višak dimenzijskog ili relacijskog ograničenja) te pomažu pri kreiranju kvalitetnih skica. Alat Fusion svjetloplavom bojom prikazuje nedefinirane dijelove skice, a crnom bojom potpuno definirane dijelove.



Slika 33. Boja pojedinih dijelova skice upućuje na njihovu definiranost



Drugi način za prepoznavanje stupnja definiranosti skice je pomoću Preglednika, gdje su u dijelu *Sketches* prikazane sve kreirane skice s popratnim simbolima. Simbol crvenog lokota uz naziv skice, označava potpuno definiranu skicu, dok olovka označava poddefiniranu skicu.

Slika 34. Prikaz simbola skica u Pregledniku

Neki CAD sustavi čak zahtijevaju potpuno definiranu skicu za izradu značajki, dok su pojedini sustavi fleksibilniji i dopuštaju nastavak izrade značajke s poddefiniranom skicom (takav je i Fusion). Iako, kod jednostavnijih dijelova korisnik često neće iskusiti probleme, kod složenijih dijelova i sklopa trebalo bi koristiti potpuno definirane skice.

Nakon što su definirani svi elementi skice na zadovoljavajući način, skica postaje potpuno definirana te spremna za upotrebu pri izradi 3D značajki. Završetak skice omogućen je potvrđivanjem opcije *Finish Sketch* u jeziku *Sketch*, pomoću *Marking Menu*-a ili direktnim izborom značajke kojom će se nastaviti. Kao što je već naglašeno, pripazite da ne postavite premalo ili previše ograničenja u skici! Kada je potrebno promijeniti određeni element skice, tip ograničenja ili neki drugi aspekt skice, bira se skica na kojoj će se napraviti navedena promjena u Pregledniku. Tada se pritišće desna tipka miša te

bira opcija *Edit Sketch* na padajućem izborniku. Fusion će orijentirati pogled korisnika okomito na ravninu skice i aktivirati alatne trake za promjenu skice (*Sketch*).

U slučaju da je skica postavljena u neželjenu ravninu, moguće se koristiti opcijom *Redefine Sketch Plane* (pritisak desne tipke miša na skicu koja se nalazi u Pregledniku) te odabirom druge ravnine promijeniti orijentaciju skice.

Nakon upoznavanja s osnovnim postupcima i pravilima izrade skice, slijedi prikaz nekoliko dodatnih aspekata izrade skica koji ih mogu značajno unaprijediti.

2.7. Vježba 3: Primjena dimenzijskih ograničenja

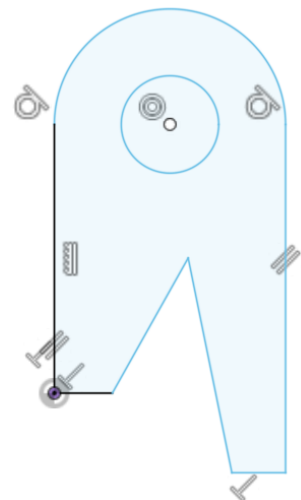
Pokrenite izradu novog modela (*New Design*). Spremite novi model pod nazivom Dimenzijska ograničenja.

Započnite novu skicu na ravnini XY. skicirajte oblik kao na slici (uz hvatanje za ishodište). Obliku dodajte zadana geometrijska ograničenja.



Koristeći alat za dimenzioniranje (*Sketch Dimension*) ograničite dimenzije sljedećih elemenata:

- Duljinu vertikalne ravne linije s lijeve strane (100 mm)
- Duljinu horizontalne ravne linije s lijeve strane (25 mm)
- Duljinu desne kose ravne linije (115 mm)
- Horizontalnu udaljenost desnog tupog vrha od ishodišta (75 mm)
- Vertikalnu udaljenost desnog tupog vrha od ishodišta (70 mm)
- Udaljenost oštrog vrha od vertikalne ravne linije s desne strane (55 mm)
- Polumjer kružnog luka (50 mm)
- Promjer kružnice (50 mm)

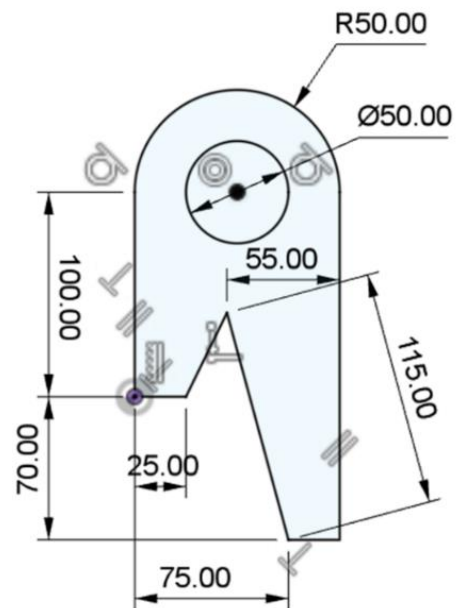


Duljinu ravne linije moguće je dimenzionirati tako da se direktno označi linija i pritiskom miša potvrdi kota ili da se označe oba vrha (krajnje točke) linije i pritiskom miša potvrdi kota. Ako je linija postavljena ukoso, moguće je dimenzionirati udaljenost vrhova po vertikalnoj osi, po horizontalnoj osi ili njihovu udaljenost u smjeru pravca linije. Odabir smjera dimenzioniranja ovisi o položaju miša u odnosu na element pri potvrđivanju kote (isprobajte različite pozicije).

Dimenzioniranje udaljenosti bilo kojih dviju točaka funkcionira na isti način kao i dimenzioniranje udaljenosti dvaju vrhova linije. U slučaju odabira točke i linije, dimenzionira se najmanja udaljenost točke od pravca na kojem se linija nalazi.

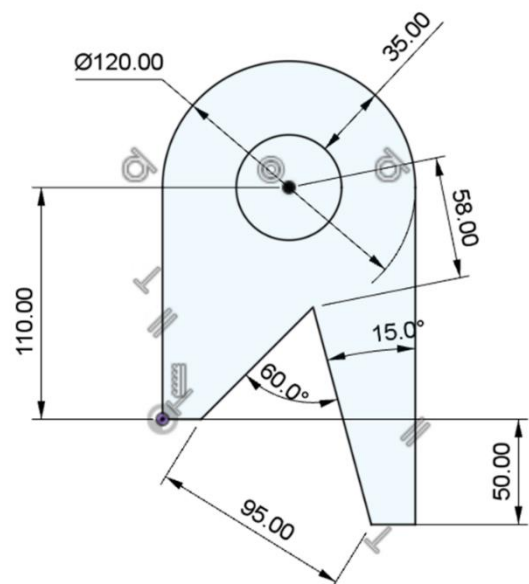
Polumjer kružnog luka i promjer kružnice moguće je dimenzionirati tako da se označi taj element i pritiskom miša potvrdi kota.

Prilikom dodavanja relacijskih i dimenzijskih ograničenja, obratite pozornost na promjenu boja elemenata skice koji postaju u potpunosti ograničeni. Potpuno ograničena skica mora sadržavati elemente isključivo crne boje, a u pregledniku je karakterizira oznaka lokota.



Sada ćemo skicirani profil dimenzionirati na drugačiji način. Najprije izbrišite sva dimenzijska ograničenja koja ste postavili. Zatim koristeći alat za dimenzioniranje (*Sketch Dimension*) ograničite dimenzije sljedećih elemenata:

- Promjer kružnog luka (120 mm)
- Udaljenost između kružnice i kružnog luka (35 mm)
- Udaljenost između središta kružnice i lijeve horizontalne stranice (110 mm)
- Najkraći razmak između središta kružnice i oštrog vrha (58 mm)
- Najkraći razmak između dvaju tupih vrhova (95 mm)
- Kut između kosih stranica (60°)
- Kut između lijeve kose stranice i lijeve vertikalne stranice (15°)
- Udaljenost između dviju horizontalnih stranica (50 mm)



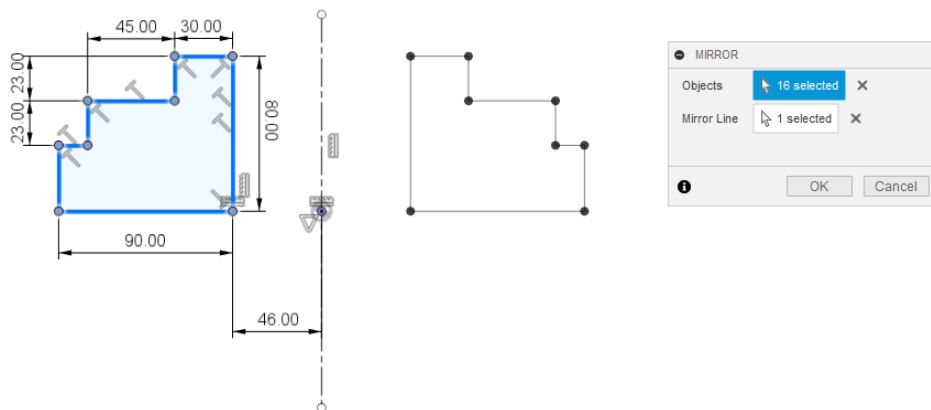
Pri dimenzioniranju kružnog luka najprije će se ponuditi opcija definiranja vrijednosti polumjera. Ako želimo dimenzionirati promjer, potrebno je prije potvrđivanja kota pritisnuti desnu tipku miša i odabrati opciju Diameter, a nakon toga potvrditi kotu. U suprotnom slučaju, ako umjesto promjera želimo dimenzionirati polumjer, potrebno je odabrati opciju Radius.

Udaljenost kružnice i kružnog luka dimenzioniramo tako da označimo oba elementa i potvrdimo kotu lijevom tipkom miša. Kut između dviju ravnih linija dimenzioniramo na sličan način - tako da označimo oba elementa i potvrdimo kotu lijevom tipkom miša.

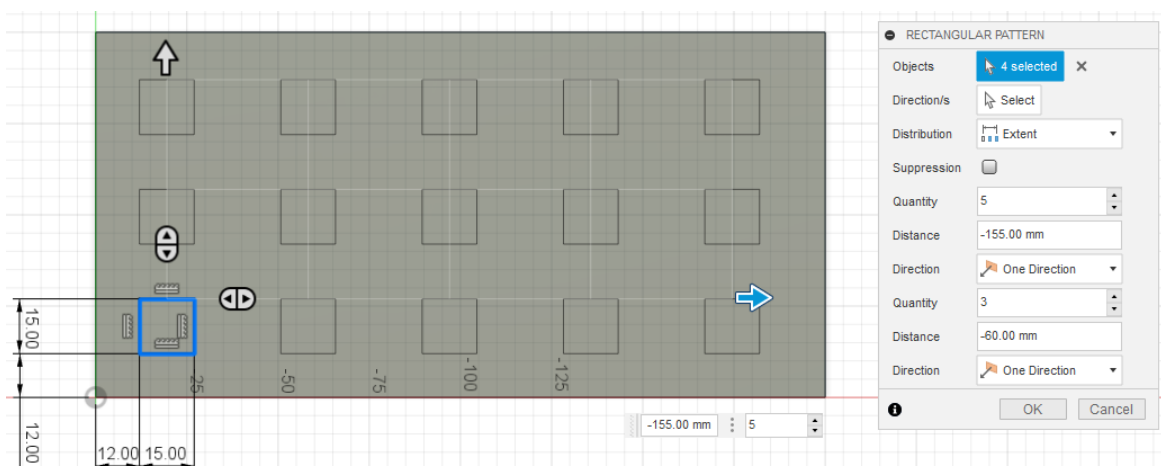
2.8. Dodatni aspekti izrade i uređivanja skica

Pri izradi skice, osim razumijevanja glavnih koraka, određeni postupci mogu značajno olakšati ili ubrzati cijeli proces. Prije samog početka, potrebno je osmisliti način na koji je moguće organizirati skicu i razmotriti moguće pristupe. Jedan od najčešće korištenih pristupa je uvođenje **zrcalne simetrije**. Upotrebom simetrije može se smanjiti broj novih elemenata skica koje je potrebno pojedinačno izraditi ili broj ograničenja koje je nužno pojedinačno postaviti. Naravno, korištenje simetrije na dijelu skice smanjuje ukupan broj ograničenja, jer se ista podrazumijevaju za zrcaljene elemente skice. U praktičnom smislu, to npr. znači da je potrebno izraditi samo **jednu četvrtinu ili polovicu skice** nakon čega slijedi njeno **zrcaljenje oko zadane osi**. Kao ishod, dobivaju se potpuno definirani elementi skice. Takav način rada skraćuje vrijeme izrade skica i može olakšati kasnije promjene. Na razini skice, današnji CAD sustavi (među njima i Fusion) najčešće omogućuju uvođenje simetrije:

- zrcaljenjem entiteta preko osi (opcija zrcaljenja - *Mirror*) ili pomoću pravokutnih/kružnih uzoraka (pravokutni ili kružni obrasci – *Rectangular ili Circular Pattern*);

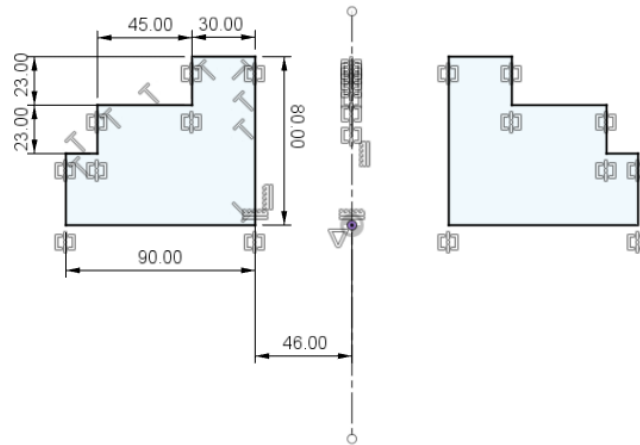


Slika 35. Zrcaljenje simetrije pomoću opcije Mirror



Slika 36. Zrcaljenje simetrije pomoću opcije Rectangular Pattern

- dodavanjem simetrične relacije (*Symmetry* – izlistana među ograničenjima u izborniku *Constraints*) parovima elemenata skica koje moraju biti zrcalne preslike.

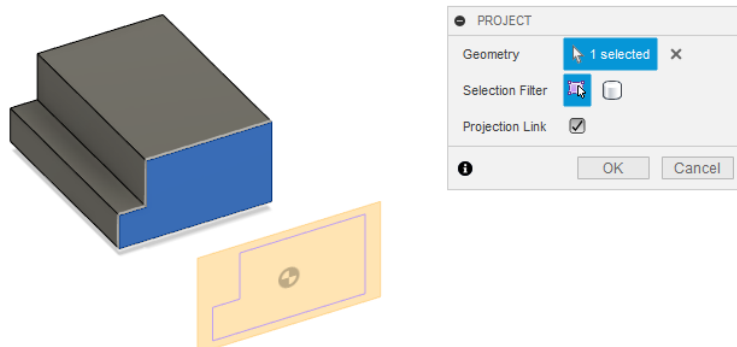


Slika 37. Zrcaljenje simetrije korištenjem relacije *Symmetry* (isti ishod kao korištenjem opcije *Mirror*)

Budući da su, u strojarstvu, modelirani dijelovi i sklopovi često simetrični, potrebno je razmotriti, prije ili prilikom izrade skice, može li se upotrijebiti simetrija.

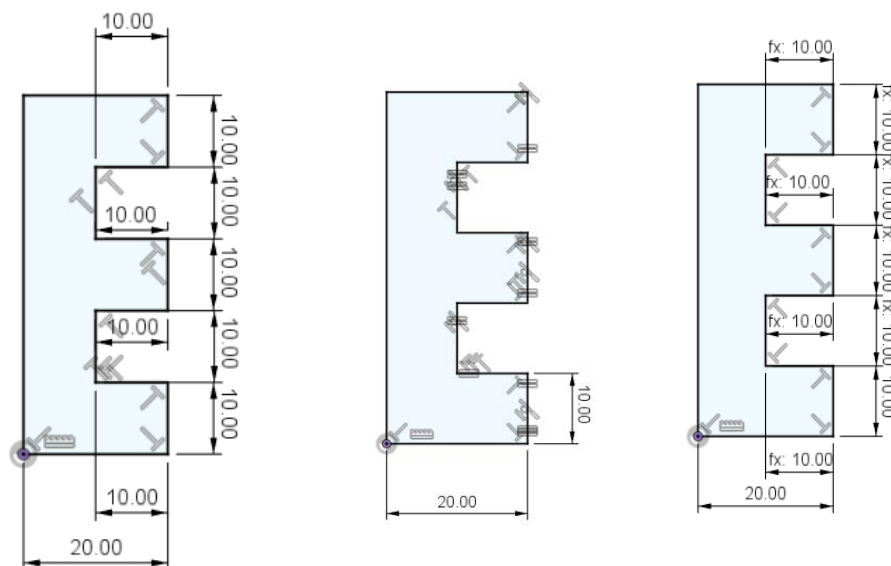
Osim korištenja simetrije pri osmišljavanju cijele skice, potrebno je razmisliti mogu li se ponovo iskoristiti makar određeni elementi skica i značajki ili postojećih relacijskih i dimenzijskih ograničenja. Naime, umjesto izrade novih elemenata skice ili postavljanja novih ograničenja, **ponovnim korištenjem** automatski se ubrzava proces izrade skice. Zbog toga će se prikazati glavni načini ponovne upotrebe elemenata skica i ograničenja.

Tijekom izrade skice koja uključuje prethodno izrađenu geometriju, korisno je poslužiti se **postojećim vrhovima ili bridovima od prethodno izrađenih značajki**. Naime, umjesto „pre crtavanja“ oblika prethodno izrađenih značajki u novu aktivnu skicu – upotrebljavaju se opcije preslikavanja postojeće geometrije (npr. *Project* u Fusionu). Takvim načinom rada osigurava se točnost i preciznost geometrije u novoj skici.



Slika 38. Preslikavanje postojeće geometrije u novu ravninu upotrebom opcije *Project*

Sljedeći primjer ponovne upotrebe vezan je uz ograničenja. Kao što je poznato iz pravila kotiranja i izrade tehničke dokumentacije, općenito se ne preporuča pojedinačno dimenzioniranje svih elemenata koji prema konstrukcijskoj namjeri moraju imati iste dimenzije (npr. veći broj istih provrta). Umjesto toga, definira se dimenzija jednog elementa, a ostalima se ta ista dimenzija dodjeljuje pomoću **relacije jednakosti ili uvođenjem jednadžbi** koje opisuju odnose između elemenata. Dakle, s ciljem ponavljanja istih dimenzija bez njihovog uvođenja - koriste se relacijska ograničenja (primjer u sredini na sljedećoj slici).



Slika 39. Ponavljanje istih dimenzija unutar skica upotrebom relacija jednakosti ili uvođenjem jednadžbi

Tijekom izrade 3D CAD modela, često dolazi do promjena dimenzija i odnosa između pojedinih vrhova, bridova i ploha. Zato je potrebno naučiti prepoznati pogreške, ali i pripremiti skice kako bi se lakše mogle uvesti željene promjene. Jedan od primjera takve promjene može biti uklanjanje postojećih ili uvođenja novih elemenata skice. U slučaju takvih promjena, najčešće je potrebno pripaziti na očuvanje definiranosti postojećih elemenata i cijele skice. Naime, pri uklanjanju pojedinog brida, nova dobivena skica treba ostati potpuno definirana te obuhvaćati sva tražena ograničenja. Uklanjanje jednog elementa skice, označava i brisanje vezanih dimenzijskih i relacijskih ograničenja.

Nakon izrade skice, potrebno je provjeriti koliko je kvalitetna i robusna. Zato je potrebno osvrnuti se na nekoliko aspekata skice:

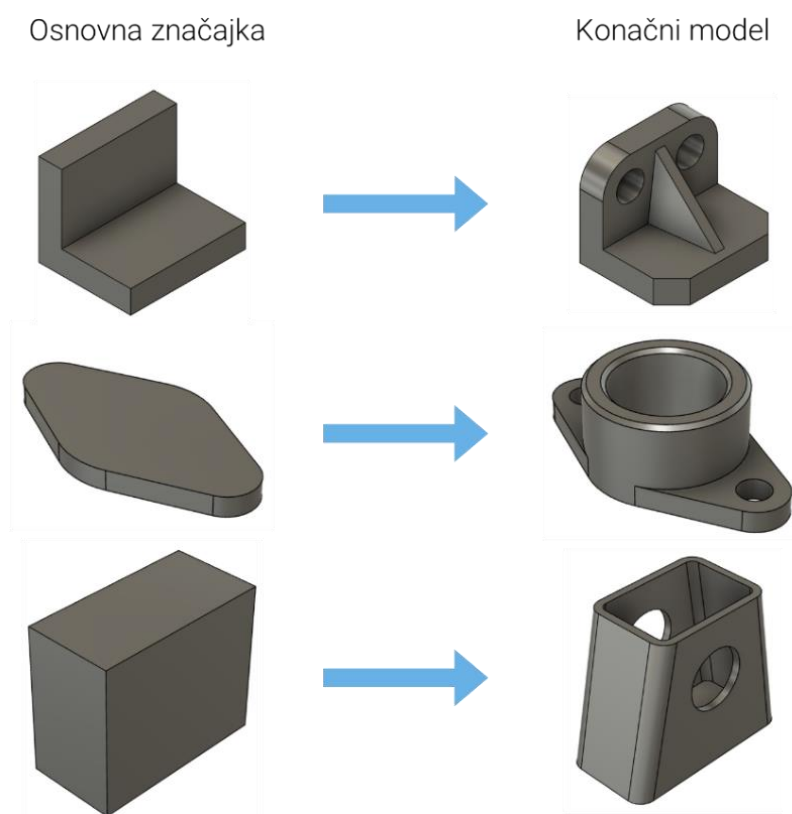
- Ispravan odabir ravnine za skicu osnovne značajke,
- Ispravna orijentacija skice,
- Optimalno pozicioniranje oblika u odnosu na ishodište,
- Prikladno korištenje ravnina i osi simetrije,
- Jednostavna geometrija skica,
- Ispravno korištenje relacijskih ograničenja u skici,
- Potpuna definiranost skice, i
- Otpornost skica na promjene dimenzijskih i relacijskih ograničenja.

Tijekom prethodnog poglavlja, navedeni su razlozi za svaki navedeni aspekt. Korištenje navedenih kriterija omogućuje provjeru skice te upućuje na njene moguće nedostatke. Ipak, od navedenih kriterija, potrebno je posebno osvrnuti se na „**jednostavnu geometriju skica**“. U većini slučajeva preporuča se jednostavnost pri izradi skica, umjesto većeg broja značajki. Dakle, veći broj jednostavnih skica rezultirat će većim ukupnim brojem značajki! Glavni razlozi tome su podjela skice na jasno razumljive segmente, kao i lakše naknadne promjene. Naime, složena geometrija te veliki broj povezanih bridova uzrokuje i brojna međusobno povezana ograničenja. Prethodno navedeni primjeri uklanjanja postojećih ili uvođenja novih elemenata kod složenih skica mogu biti problematični. Jednostavne skice pogotovo su preporučljive za početnike u CAD modeliranju. Naravno, iskusni korisnici uzimaju u obzir brojne konstrukcijske zahtjeve već pri samom skiciranju te zato „balansiraju“ između složenosti skica i ukupnog broja značajki.

Na kraju izrade skice potrebno je provjeriti jesu li definirani svi elementi skice (skica je crne boje) kao i stupanj spremnosti za izradu 3D značajke.

3. Izrada 3D značajki modela

Značajka se, kao osnovni 3D gradivni element modela, formira kombinacijom različitih značajki kako bi se stvorio 3D CAD model. Svaka značajka opisuje geometrijsko tijelo s vlastitim oblikom, veličinom i pozicijom, čineći zajedno kompletnu 3D strukturu modela. Budući da se većina modela ne sastoji samo od jedne značajke, proces modeliranja odvija se korak po korak, dodajući pri tom značajku po značajku. Standardni postupak modeliranja obično započinje odabirom i stvaranjem osnovne značajke koja značajno opisuje opći oblik modela (vidi sliku), a istovremeno može uputiti na ključne aspekte funkcionalnosti modela. Kvalitetno izrađena i definirana skica predstavlja temelj za kreiranje 3D CAD značajki u CAD sustavu Fusion 360.

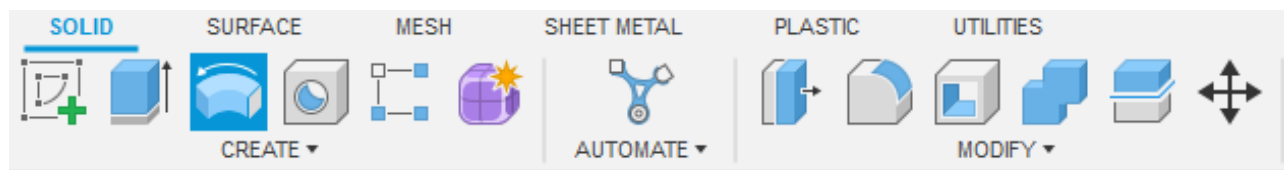


Slika 40. Povezanost osnovne značajke i konačnog modela

Često postoji jasna veza u obliku između osnovne značajke i konačnog modela. Ipak, kao što je prethodno napomenuto, pri izradi korak po korak, oblik se dalje „gradi“ dodavanjem i oduzimanjem materijala. Dodavanje i oduzimanje materijala omogućeno je različitim značajkama koje nudi CAD sustav Fusion. Naime, ponuđene značajke moguće je koristiti za dvije svrhe – kreiranje oblika te dodavanje ili oduzimanje u okviru postojećeg modela. Na primjer, dodavanjem materijala može se oblikovati valjak izvlačenjem 2D skice kružnice, dok se oduzimanjem materijala može stvoriti 3D utor istog oblika.

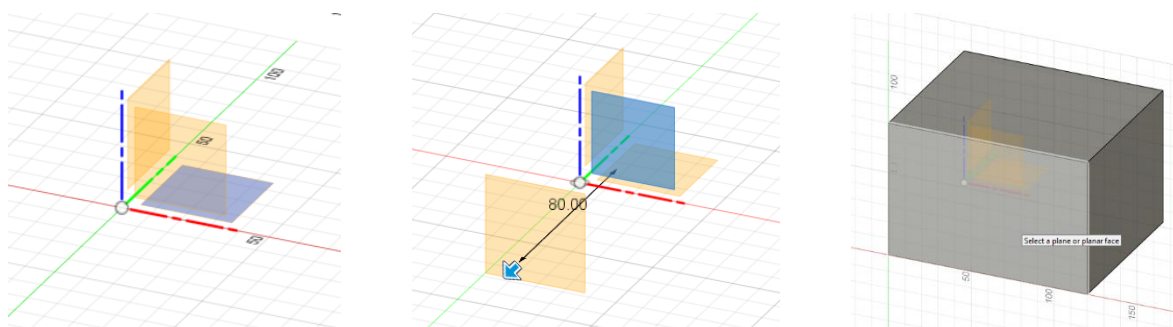
Sve navedene značajke prikazane u ovom poglavlju nalaze se na alatnoj traci u okviru jezička *Solid* -

unutar kategorija *Create* i *Modify*. Postoji određena sličnost s alatima na traci *Surface* pa je uputno zapamtiti da su opcije i značajke važne za ovo poglavlje označene plavom bojom.



Slika 41. Alatna traka Solid u alatu Fusion 360

Prvi korak u ovom procesu uključuje odabir ravnine u prostoru modeliranja te pozicioniranje skice u toj ravnini, kako bi se predvidjela orijentacija značajke. Nakon što je završena osnovna značajka (prva), slijedi dodavanje i oduzimanje materijala. Prva značajka omogućuje korištenje novostvorenih ravnih ploha kao referenci za izradu novih 2D skica i kao osnova za početak stvaranja sljedećih značajki. Često se koristi praksa korištenja ravnih ploha značajki kao ravnine za nove 2D skice. Ipak, pri modeliranju koriste se različite ravnine – 1. početne ravnine povezane s koordinatnim sustavom prostora 3D modela, 2. dodatne ravnine koje korisnici izrađuju te 3. ravne površine i plohe značajki modela (kao na primjeru prve značajke).



Slika 42. Odabir ravnine prije kreiranja skice

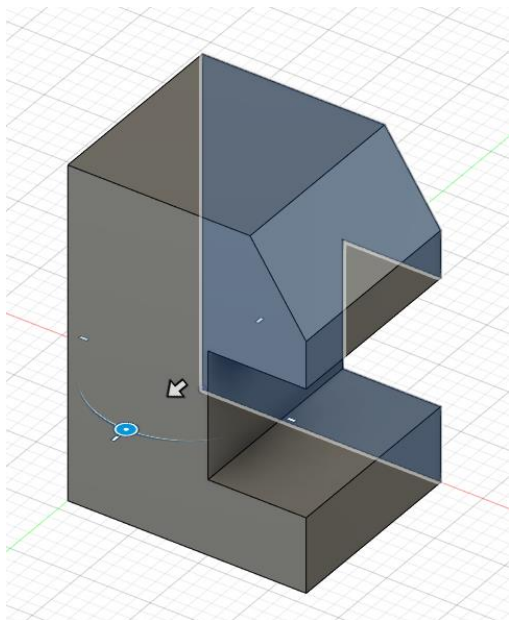
Ravnine, skice i značajke su najvažniji elementi koji nam omogućavaju izradu 3D CAD modela. Skice su detaljno prikazane u prethodnom poglavlju i zato je potrebno detaljnije razumjeti mogućnosti CAD sustava Fusion 360 pri izradi 3D oblika. Različiti CAD sustavi uobičajeno se razlikuju prema nazivu značajki, ali većinom su tipovi značajki zajedničkim CAD sustavima koji se temelje na modeliranju pomoću krutih tijela. Nakon učenja jednog CAD sustava, bit će olakšano razumijevanje i korištenje svih sljedećih CAD sustava s kojima se korisnik susreće.

Osnovne značajke podrazumijevaju različite metode ekstrudiranja, što jednostavnim jezikom znači "izvlačenje" prethodno stvorene 2D skice duž određene trajektorije. Četiri glavna tipa ekstrudiranja ovisno o vrsti trajektorije kojom se 2D skica ekstrudira su (prisutni u većini CAD sustava pa tako i u Fusionu 360): Linearno ekstrudiranje (*Extrude*), Ekstrudiranje oko osi (*Revolve*), Ekstrudiranje po putanji (*Sweep*) i Ekstrudiranje povezivanjem profila (*Loft*).

U nastavku poglavlja prikazani su tipovi ekstrudiranja koji su često najčešće korištene značajke pri

modeliranju. Osim što služe za izradu osnovnih značajki, učestalo se koriste i za različite druge zahvate pri izradi 3D modela.

3.1. Linearno ekstrudiranje



Linearno ekstrudiranje (*Extrude*) (osnovni tip/elementarni tip) odnosi se na paralelno pomicanje 2D skice u smjeru okomitom na ravninu skice, "izvlačenjem" 2D skice duž ravne linije. Značajka zahtijeva definiranje smjera (moguća je i promjena), ali i duljinu značajke.

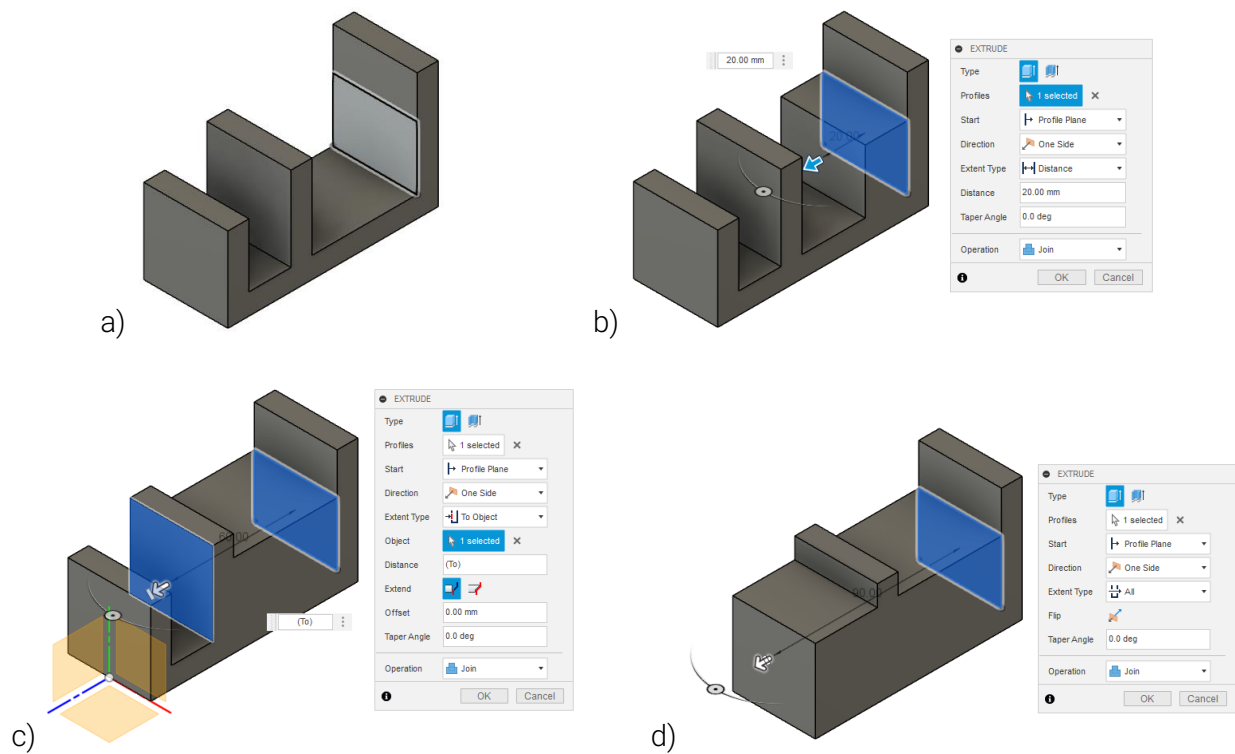
Slika 43. Prikaz linearnog ekstrudiranja

Definiranje smjera je jednostavno jer pokretanjem značajke i odabirom skice CAD sustav automatski sugerira smjer. Osim klasičnog jednog smjera (*One Side*) ekstrudiranja, postoji mogućnost definiranja smjera kreiranja značajke i u dva smjera (*Two Sides*; definirajući duljinu za svaki pojedini smjer). Treća opcija je istovremeno simetrično ekstrudiranje u oba smjera (*Symmetric*), a u kojoj ravnina skice služi kao središnja ravnina pa se skica „izvlači“ u oba smjera za jednaki iznos duljine.

Duljinu ekstrudiranja u alatu Fusion 360 moguće je definirati korištenjem sljedećih načina:

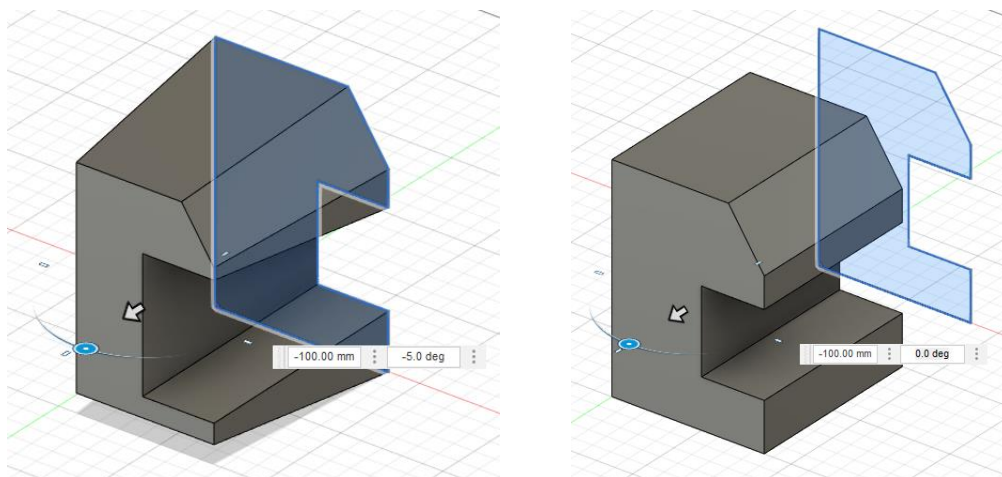
1. Definiranje konačne vrijednosti duljine ekstrudiranja (*Distance*), unošenjem numeričke vrijednosti koje se koristi pri kreiranju prve značajke (moguće i u drugim slučajevima).
2. Ekstrudiranje do prvog sljedećeg objekta (*To Object*), gdje se duljina određuje udaljenošću odabirom objekta kojim je ograničena duljina značajke.
3. Prolazak kroz cijeli model (*All*) može biti koristan za različite potrebe, npr. definiranje provrta.

Svi navedeni načini definiranja duljine ekstrudiranja, mogu se upotrebljavati pri dodavanju i oduzimanju materijala.



Slika 44. Duljina linearnog ekstrudiranja pri dodavanju materijala: a) početno stanje, b) Distance, c) To Object, d) All.

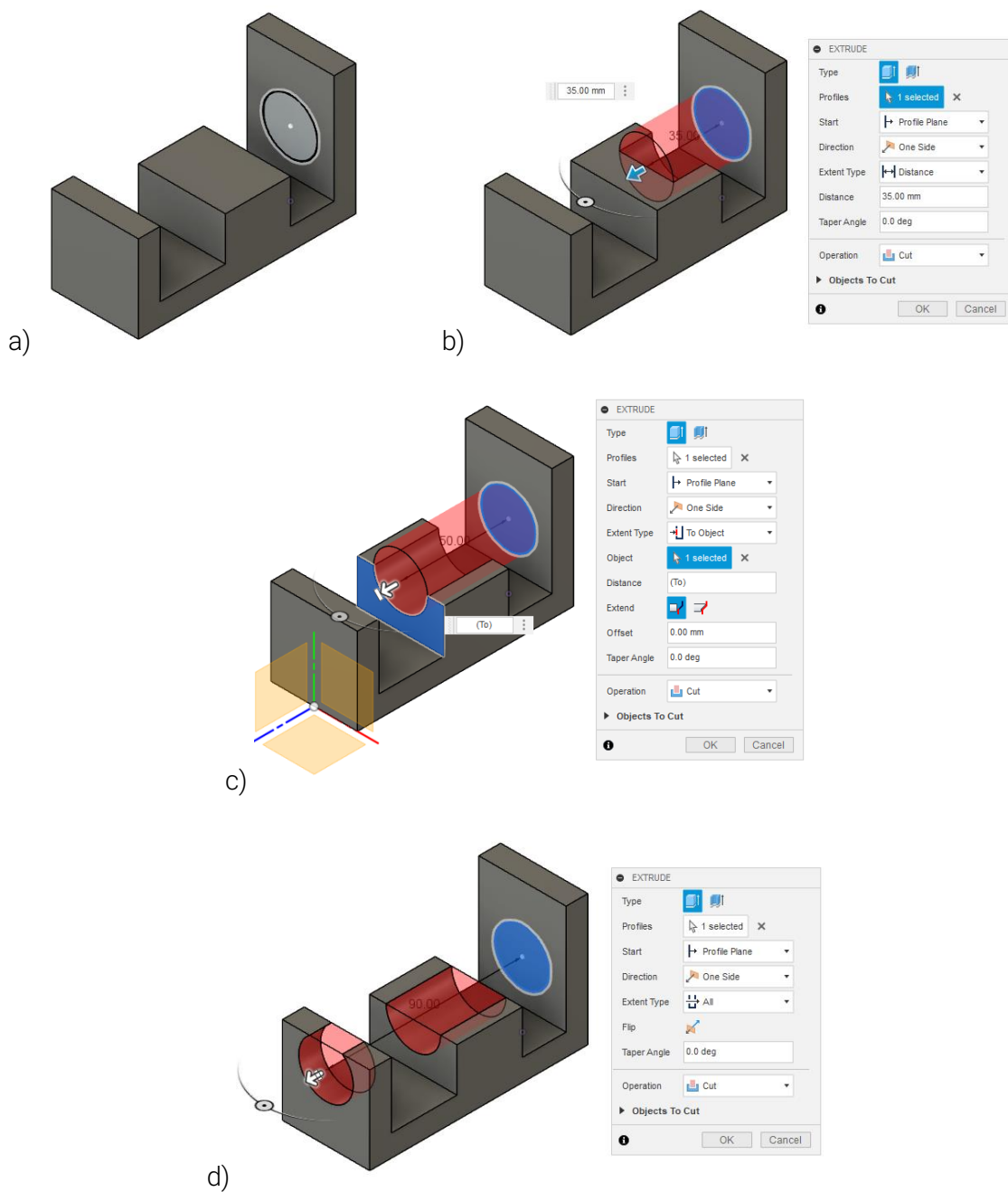
Dodatne opcije koju nude pojedini CAD sustavi pri definiranju linearnog ekstrudiranja su uvođenje kuta ekstrudiranja (*Taper Angle*). Ovom opcijom moguće je skositi stranice ekstrudirane značajke te odmicanje početka značajke od ravnine skice (*Offset*).



Slika 45. Uvođenje kuta ekstrudiranja (lijevo) i odmicanje početka značajke (desno)

Ista značajka i način definiranja linearnog ekstrudiranja koristi se i pri oduzimanju materijala, ali naravno, potrebno je napraviti prilagodbu. U dijaloškom okviru značajke *Extrude* nužna je promjena odabrane operacije (*Operation*) te ona mora biti promijenjena u *Cut*. Uglavnom će alat, nakon odabira smjera ekstrudiranja, automatski prepoznati korisnikovu namjeru - dodavanja ili oduzimanja

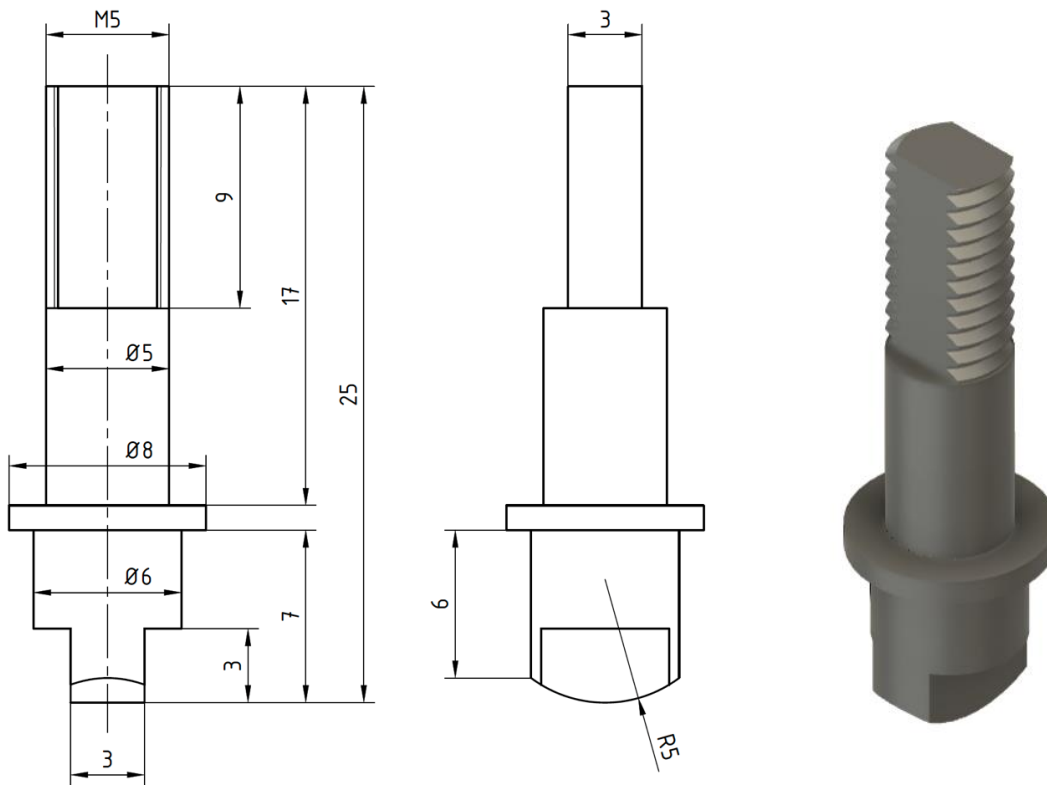
materijala. Naravno, u slučaju oduzimanja materijala, dodatno se otvara mogućnost odabira objekata kojima želite oduzeti materijal (*Objects to Cut*), kao sastavni dio dijaloškog okvira kojim definirate ostale parametre ekstrudiranja.



Slika 46. Duljina linearnog ekstrudiranja pri oduzimanju materijala: a) početno stanje, b) Distance, c) To Object, d) All.

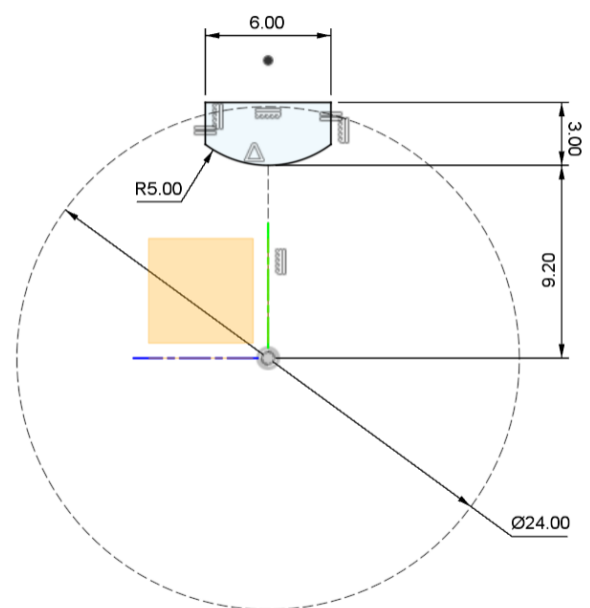
3.2. Vježba 4: Linearno ekstrudiranje vratila

U ovoj vježbi ćemo, koristeći nekoliko operacija linearnog ekstrudiranja, izraditi model vratila koje prenosi moment s ručice ventila na kuglu. Tehnički crtež konačne geometrije vratila prikazan je na slici. Primijetite da na dijelu vratila postoji navoj, za koji ćemo morati koristiti posebnu vrstu značajke.

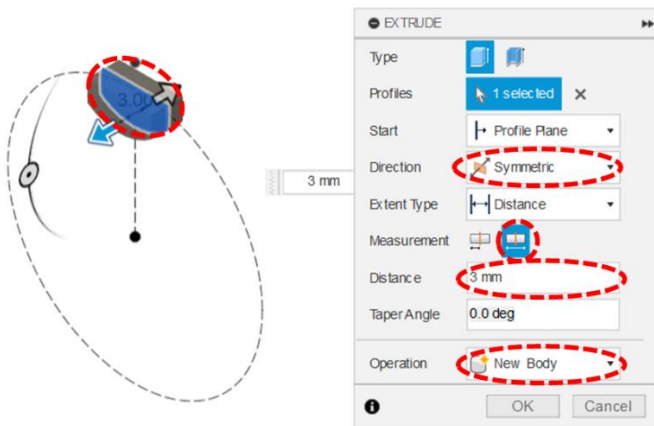
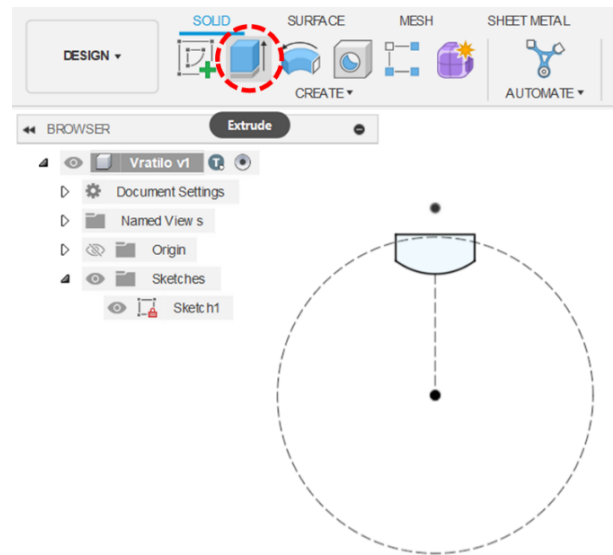


Pokrenite izradu novog modela, odnosno konstrukcije (*New Design*). Model možete odmah spremiti pod nazivom „Vratilo“.

Odaberite ravninu YZ i na njoj započnite s izradom nove skice (*Create Sketch*). Skicirajte profil zadan na slici i ograničite ga koristeći zadana relacijska i dimenzijska ograničenja. Primijetit ćete da neki elementi skice predstavljaju konstrukcijsku geometriju.

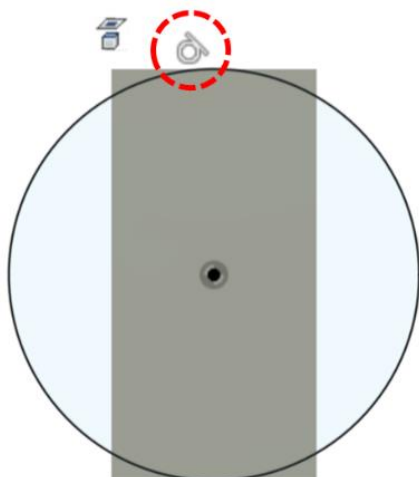
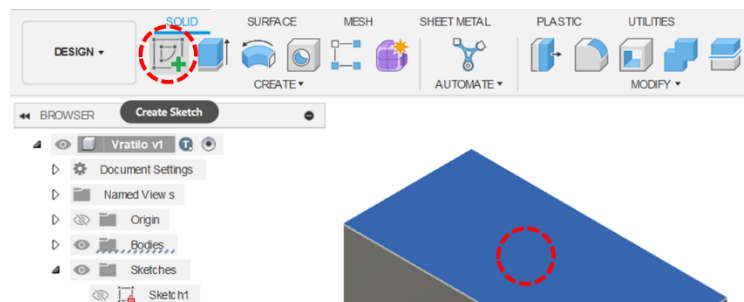


Završite s izradom skice (*Finish Sketch*) i pokrenite alat za linearno ekstrudiranje (*Extrude*). Na taj način, izrađujete prvu značajku.



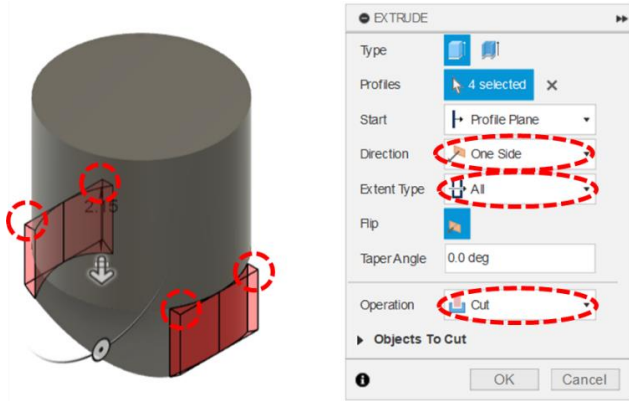
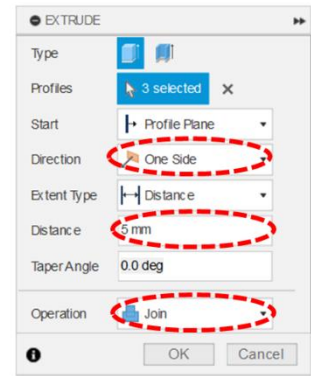
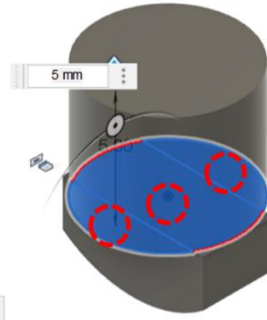
Označite i linearno ekstrudirajte profil skice u oba smjera simetrično, u ukupnoj debljini od 3 mm. Rezultat operacije neka bude novo tijelo (*New Body*).

Označite gornju (pravokutnu) plohu modela i na njoj započnite novu skicu.



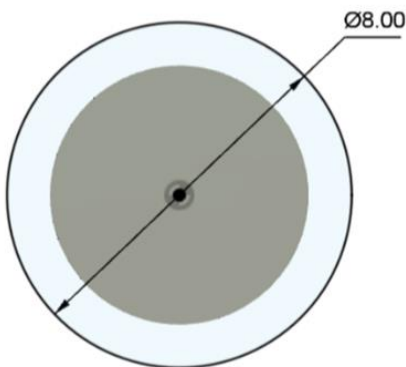
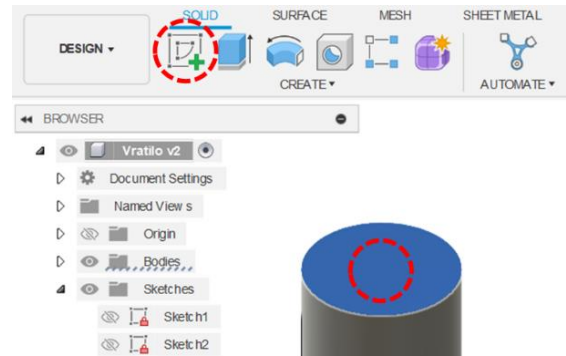
Nacrtajte kružnicu sa središtem u ishodištu, koja je tangენტna (relacijsko ograničenje *Tangent*) s jednom od kraćih stranica postojećeg modela.

Linearno ekstrudirajte profil kružnice u jednom smjeru (*One Side*), duljine 5 mm. Morat ćete označiti sva tri segmenta koja čine krug omeđen kružnicom. Operaciju provedite kao spajanje s postojećom geometrijom (*Join*).



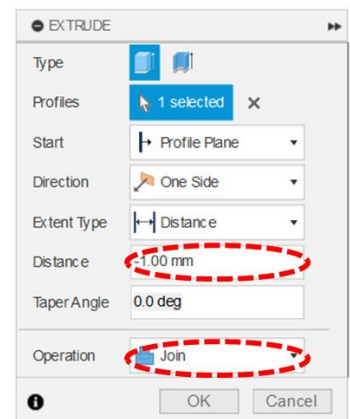
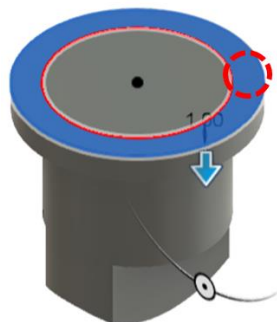
Ponovno pokrenite alat za linearno ekstrudiranje i označite zaostale četiri površine u obliku trokuta koje vire na prvom tijelu. Dijelove koji vire odrezat ćete, koristeći operaciju *Cut* i to po cijeloj duljini modela, suprotno od smjera osi Y.

Na gornjoj (okrugloj) plohi započnite novu skicu.

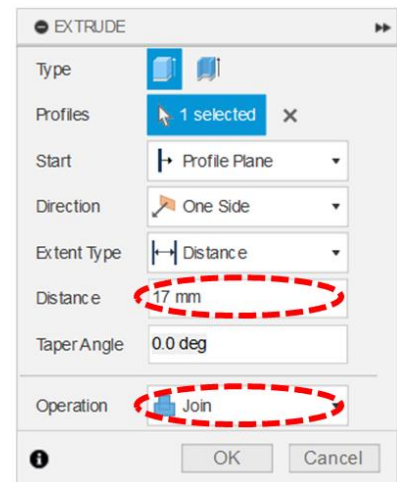
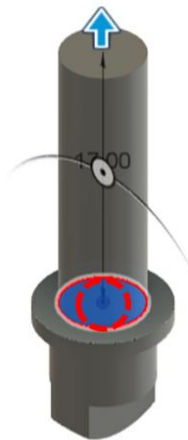
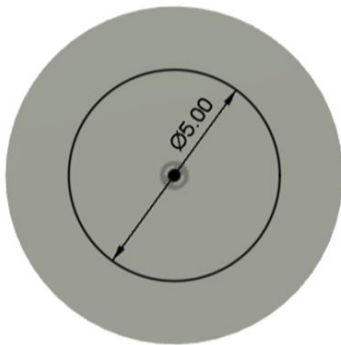


Skicirajte kružnicu promjera 8 mm sa središtem u ishodištu (središtu okrugle plohe na kojoj je ravnina trenutne skice).

Linearno ekstrudirajte profil kružnog vijenca za 1 mm u smjeru modela (suprotno od smjera osi Y). Operaciju provedite kao spajanje s postojećom geometrijom.

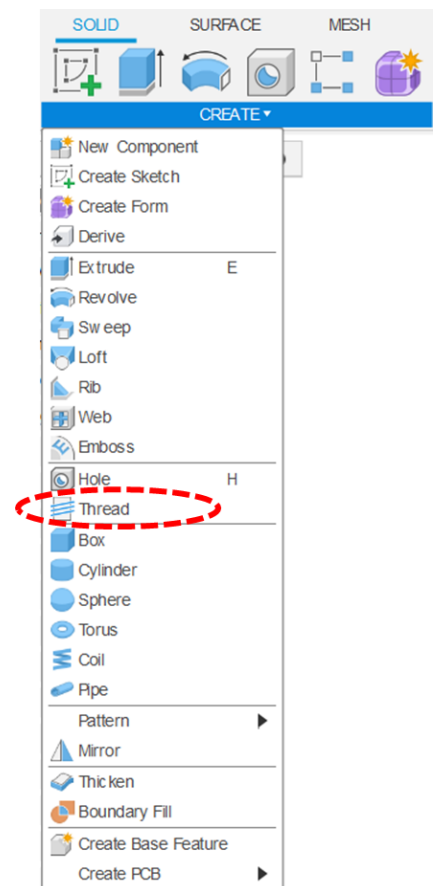
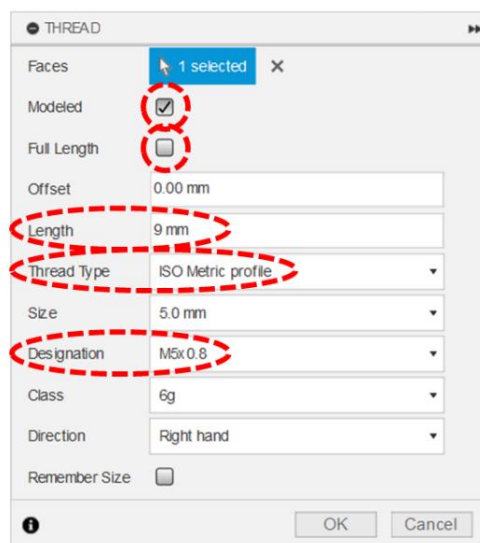
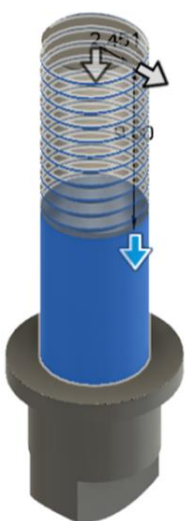


Na novoj gornjoj okrugloj plohi započnite novu skicu. Opet skicirajte kružnicu sa središtem u ishodištu, ali ovaj put promjera 5 mm. Zatim linearno ekstrudirajte kružnicu u smjeru osi Y za 17 mm. Operaciju opet provedite kao spajanje s postojećom geometrijom.

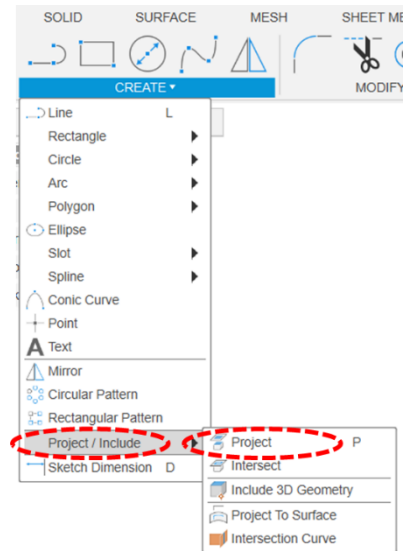
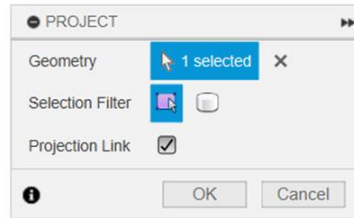
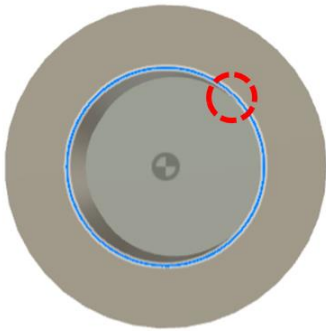


Pomoću alata za izradu navoja (*Thread*) izradite navoj veličine M5 x 0.8 mm (prema *ISO Metric profile* normi) na zadnjoj značajki linearnog ekstrudiranja koju ste napravili (na plaštu cilindričnog tijela). Odaberite opciju prikaza stvarnog navoja (*Modeled*).

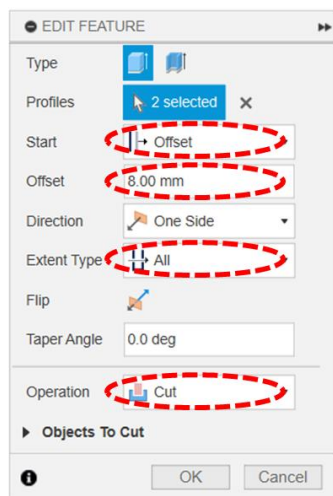
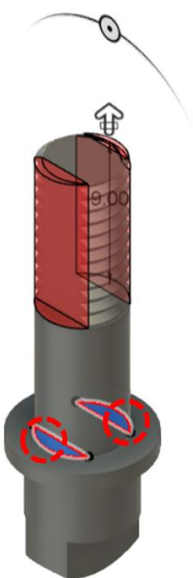
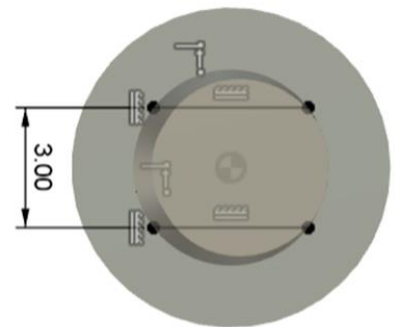
Navoj ne smije biti duž cijele plohe (isključiti *Full Length*). Duljina navoja (*Length*) mora biti 9 mm.



Na srednjoj plohi oblika kružnog vijenca započnite skicu. Označite unutarnji kružni brid i pomoću alata Project, projicirajte ga u ravninu skiciranja.

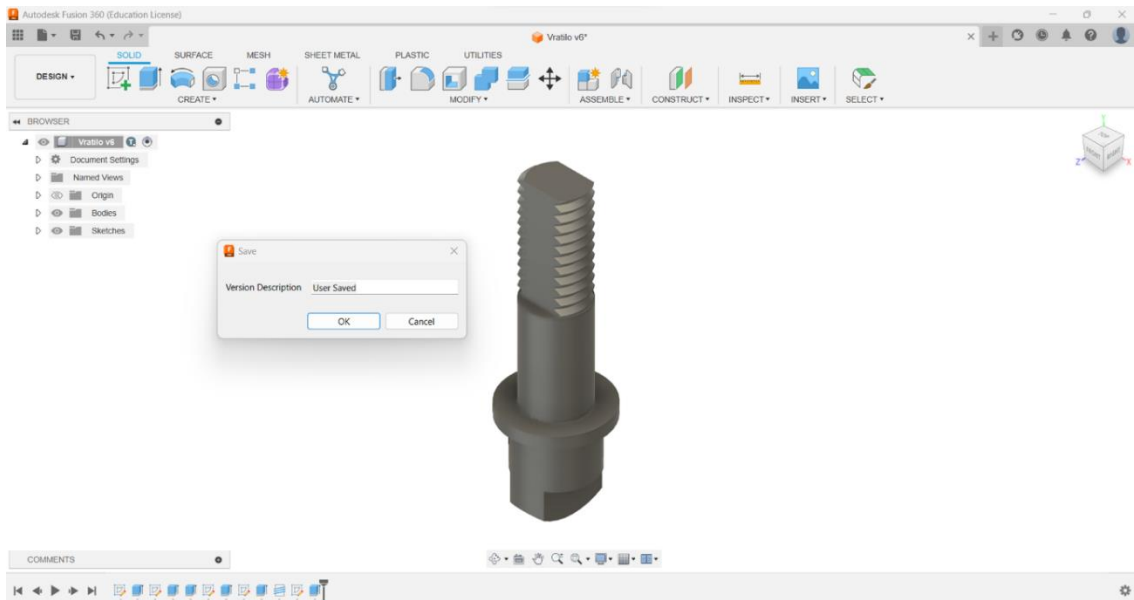


Skicirajte dvije vertikalne crte, čiji su krajevi međusobno horizontalno poravnati i dodiruju projiciranu kružnicu. Razmak između dviju linije mora biti 3 mm. Pazite da jedna linija bude lijevo, a druga desno u odnosu na ishodište.



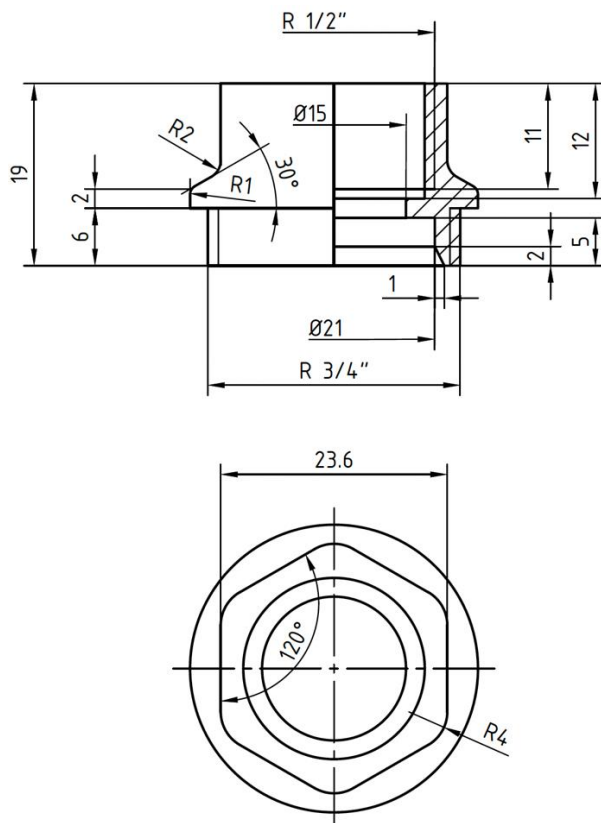
Pomoću alata za linearno ekstrudiranje, uklonite materijal (*Cut*) u smjeru osi Y (u smjeru navoja) cijelom duljinom (*All*), ali s odmakom (*Offset*) od 8 mm, kako bi uklanjanje počelo tek na početku značajke navoja.

Ne zaboravite spremiti datoteku. Pri spremanju možete (ali ne morate) dati informacije o trenutnoj verziji modela. Ako ostavite opciju User Saved, sustav će automatski numerirati verziju spremljenog modela.



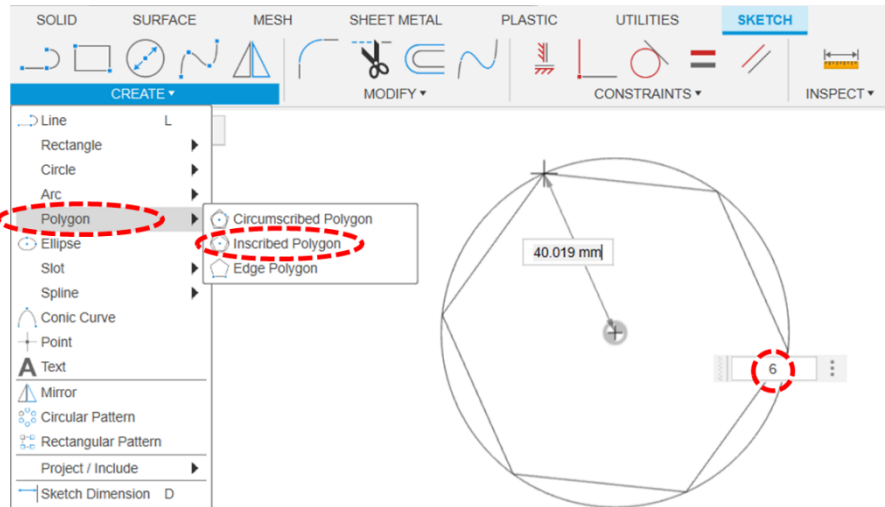
3.3. Vježba 5: Linearno ekstrudiranje poklopca ventila

U ovoj vježbi ćemo opet koristiti nekoliko različitih operacija linearnog ekstrudiranja, kao i neke nove opcije i značajke za izradu modela poklopca ventila. Tehnički crtež konačne geometrije poklopca prikazan je na slici. Primijetiti ćete da poklopac također sadrži navoje, ali se oni sada nalaze i s vanjske i unutarnje strane. Također ćete primijetiti da postoje skošenja i zaobljenja na samom poklopcu.

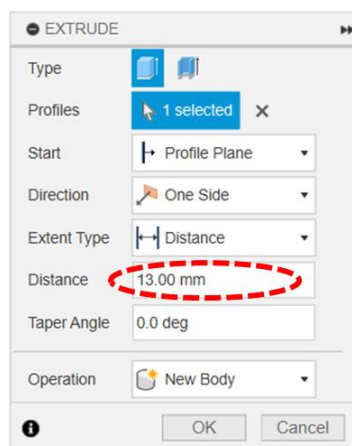
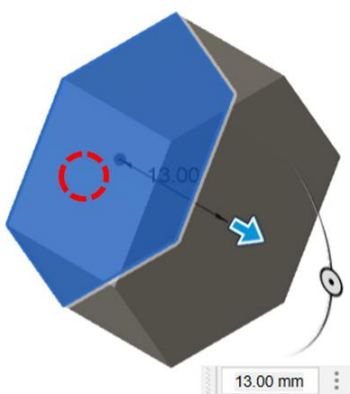
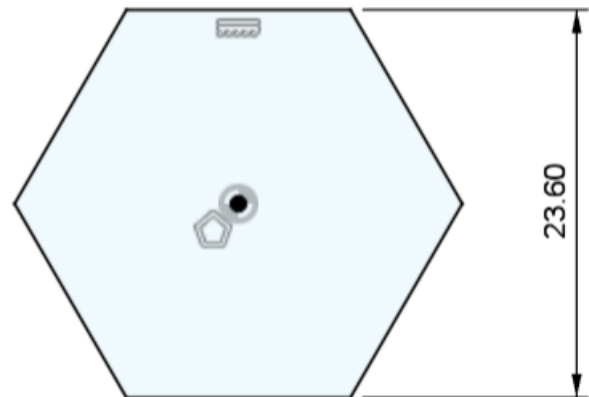


Pokrenite izradu novog modela, odnosno konstrukcije (*New Design*). Model možete odmah spremiti pod nazivom „Poklopac“.

Odaberite ravninu YZ i na njoj započnite s izradom nove skice (*Create Sketch*). Koristeći alat omeđenog mnogokuta (*Inscribed Polygon*), skicirajte profil šesterokuta sa središtem u ishodištu.



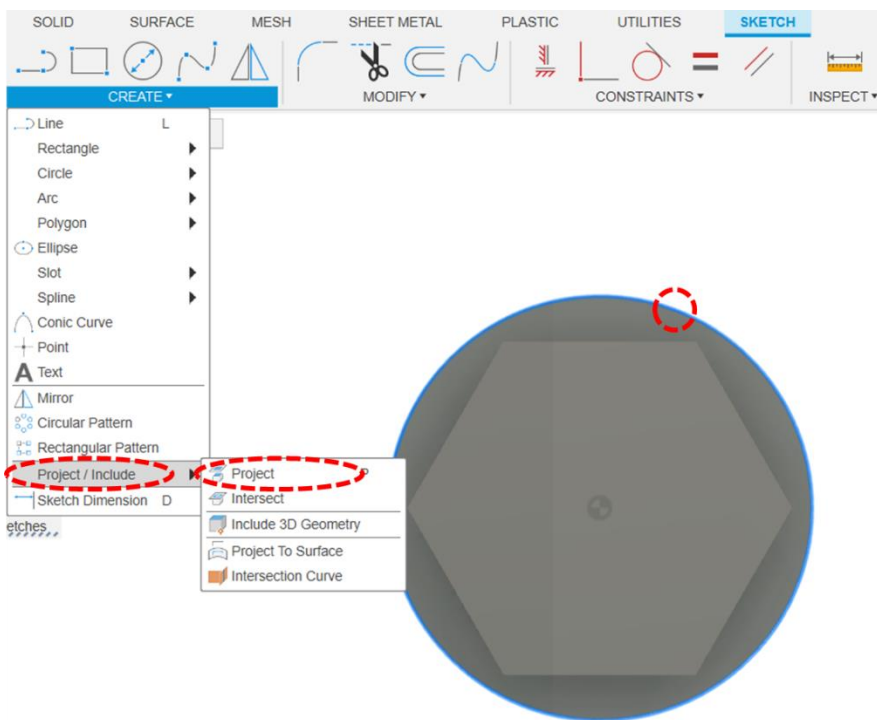
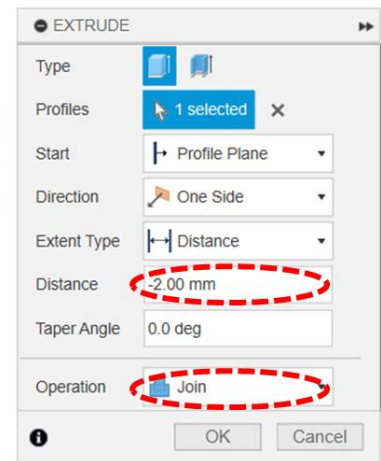
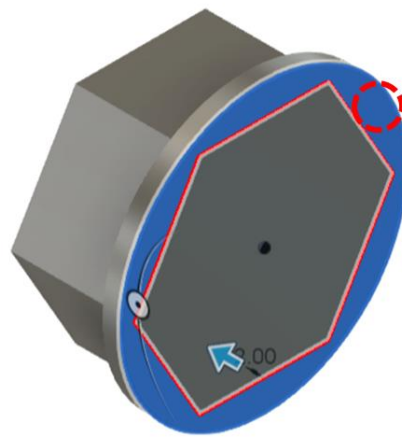
Zatim jednu stranicu ograničite kao horizontalnu i kotirajte razmak od 23,6 mm između dviju nasuprotnih stranica (tako da dimenzija odgovara otvoru ključa).



Linearno ekstrudirajte profil u smjeru osi X u duljini od 13 mm.

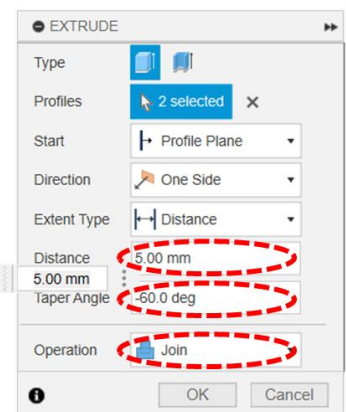
Na šesterokutnoj plohi čija normala gleda u smjeru osi X, započnite novu skicu i skicirajte kružnicu promjera 30 mm sa središtem u ishodištu.

Ekstrudirajte kružnicu suprotno od smjera osi X (prema modelu) u duljini od 2 mm. Operaciju provedite kao spajanje s postojećom geometrijom (*Join*).

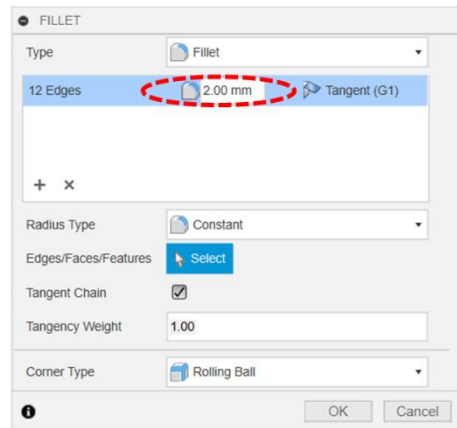
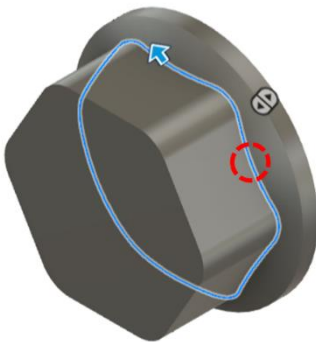
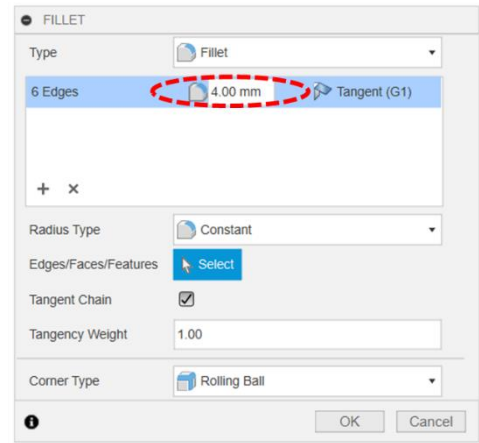
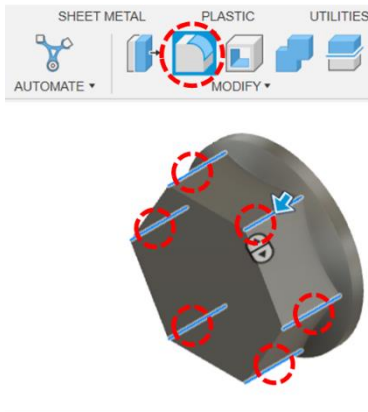


Započnite novu skicu na plohi u koju prodire šesterokutna prizma (prva značajka u drugu). Napravite projiciranje (*Project*) kružnice (brida cilindrične značajke) u ravninu skiciranja.

Ekstrudirajte profil (cijeli krug – dio unutar i izvan šesterokuta) suprotno od smjera osi X u duljini od barem 5 mm i uključite opciju skošenja od -60° , tako da nastane skošenje u smjeru šesterokutne prizme. Operaciju provedite kao spajanje s postojećom geometrijom.

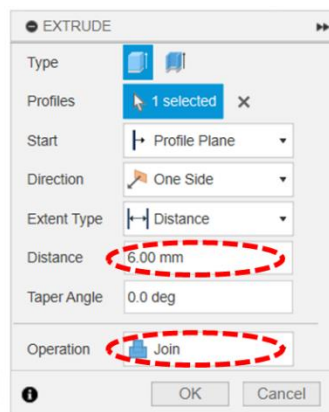
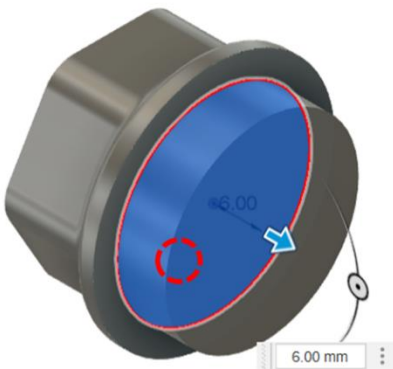
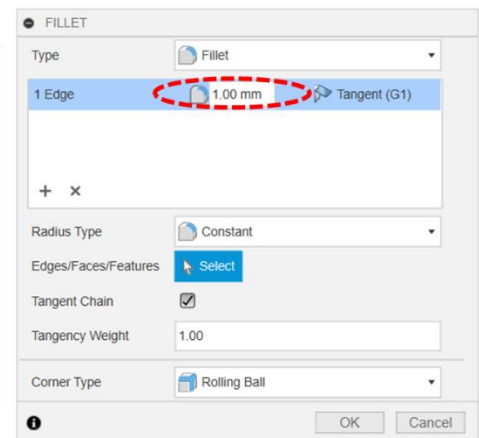
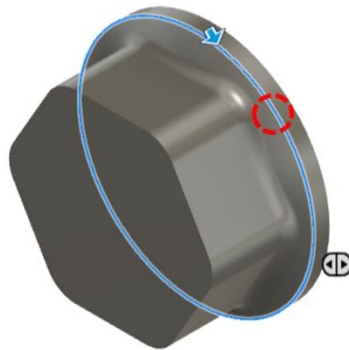


Pomoću alata za izradu zaobljenja, (*Fillet*) izradite zaoblite šest bridova paralelnih s osi X u vrijednosti od 4 mm.



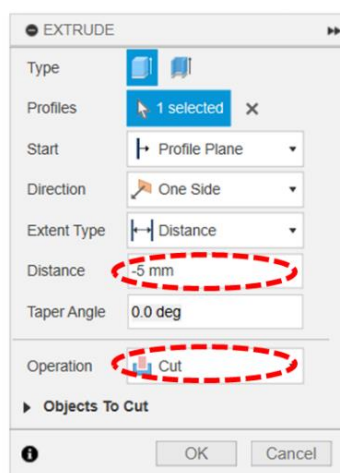
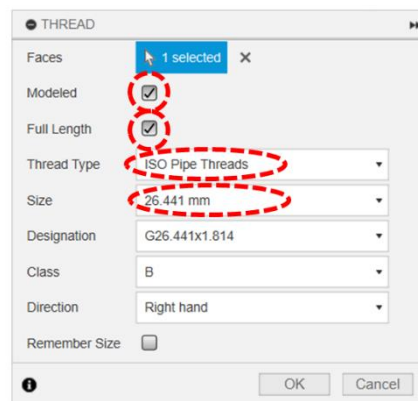
Koristeći isti alat zaoblite na radijus od 2 mm bridove na spoju stožastog (kosog) tijela, a sada zaobljene šesterokutne prizme.

Na kraju zaoblite još okrugli brid s unutarnje strane modela na radijus od 1 mm.



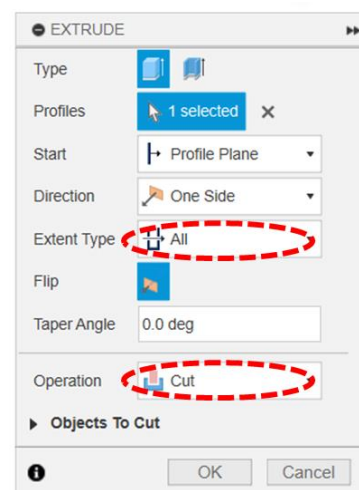
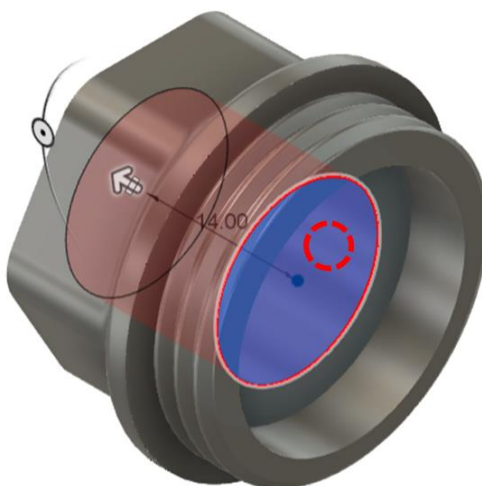
Na okrugloj plohi modela započnite novu skicu. Skicirajte kružnicu promjera 24 mm sa središtem u ishodištu i linearno je ekstrudirajte u smjeru osi X (suprotno od modela) u duljini o 6 mm. Operaciju provedite kao spajanje s postojećom geometrijom.

Pomoću alata za izradu navoja (*Thread*) izradite navoj na plaštu cilindra koji je nastao prethodnom operacijom linearnog ekstrudiranja. Navoj mora biti prema ISO normi za cjevaste navoje (*ISO Pipe Threads*), veličine 26,441 mm i duž cijele duljine cilindrične plohe. Uključite stvarni prikaz navoja (*Modeled*).

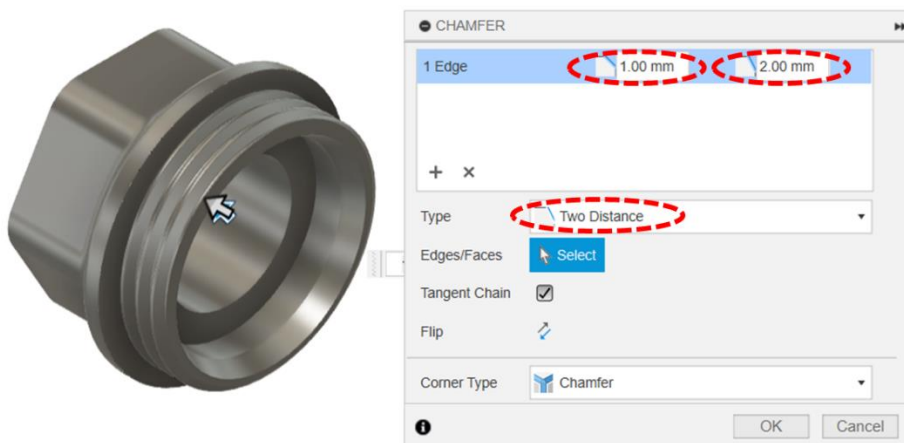
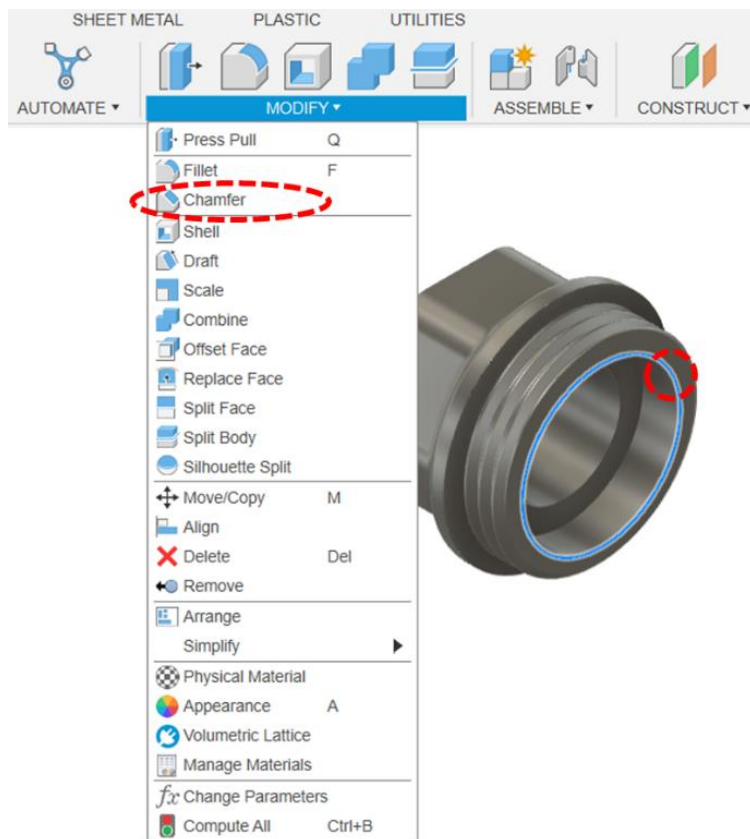


Na okrugloj plohi započnite novu skicu. Skicirajte kružnicu promjera 21 mm sa središtem u ishodištu. Linearno ekstrudirajte kružnicu suprotno od smjera osi X, tako da uklonite materijal modela (*Cut*) u dubinu od 5 mm.

Ponovno započnite novu skicu na novonastaloj okrugloj plohi. Skicirajte kružnicu promjera 15 mm sa središtem u ishodištu i linearnim ekstrudiranjem oduzmite materijal u punoj duljini modela (*All*) suprotno od smjera osi X.



Na unutarnjem bridu vanjske plohe (koja ima oblik kružnog vijenca) pomoću alata za izradu skošenja (*Chamfer*) izradite skošenje dubine 2 mm i širine 1 mm. Skošnje, dakle, mora biti definirano pomoću dvije udaljenosti (*Two Distance*).



Za kraj, pomoću alata za izradu provrta (*Hole*), napravite provrt s ISO cjevastim navojem promjera 20,955 mm, dubine 12 mm (od čega je dubina navoja 11 mm). Provrta mora imati ravno dno (*Drill Point: Flat*). Središte provrta je sredina šesterokutne plohe, a provrt prodire u model. Uključite stvarni prikaz navoja (*Modeled*). Ne zaboravite spremiti datoteku.

Autodesk Fusion 360 interface showing the **HOLE** dialog box for a part named "Poklopac v2".

Shape Settings:

- Extents: Distance
- Hole Type: **Standard** (selected)
- Hole Tap Type: **None** (selected)
- Thread Offset: **None** (selected)
- Drill Point: **None** (selected)

Dimensions:

- Distance: 12.00 mm
- Thread Offset: 0.00 mm
- Drill Point: 11 mm
- Overall Diameter: 18.902 mm

Thread Settings:

- Thread Type: **ISO Pipe Threads**
- Size: **20.955 mm**
- Designation: G20.955x1.814
- Class: A
- Direction: Right hand

Buttons: OK, Cancel

Autodesk Fusion 360 interface showing the final 3D model of the part "Poklopac v2".

Browser:

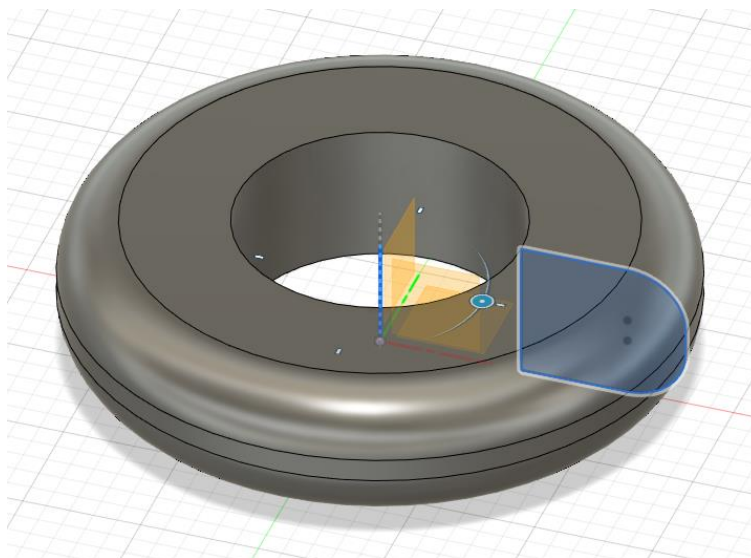
- Poklopac v2
 - Document Settings
 - Named Views
 - Origin
 - Bodies
 - Sketches

Comments:

Navigation icons: Home, Previous, Next, Stop, Undo, Redo, Select, Rotate, Zoom, Pan, Viewport, Settings.

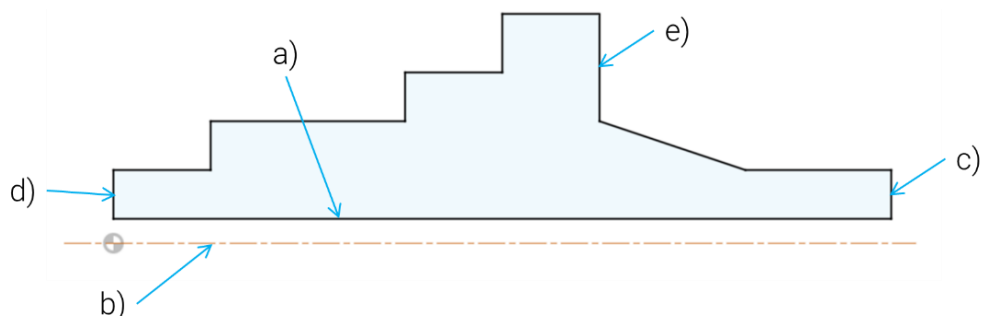
3.4. Ekstrudiranje oko osi

Značajka **ekstrudiranja oko osi** (*Revolve*) služi za izradu cilindričnih i osnosimetričnih modela. Linearno ekstrudiranje ne omogućava izradu značajke po kružnom luku ili kružnici, dok nam ova opcija ekstrudiranja omogućuje upravo to. Pri korištenju ove opcije, putanja se definira odabirom osi rotacije (*Axis*), izbjegavajući potrebu crtanja kružne putanje.



Slika 47. Prikaz ekstrudiranja oko osi

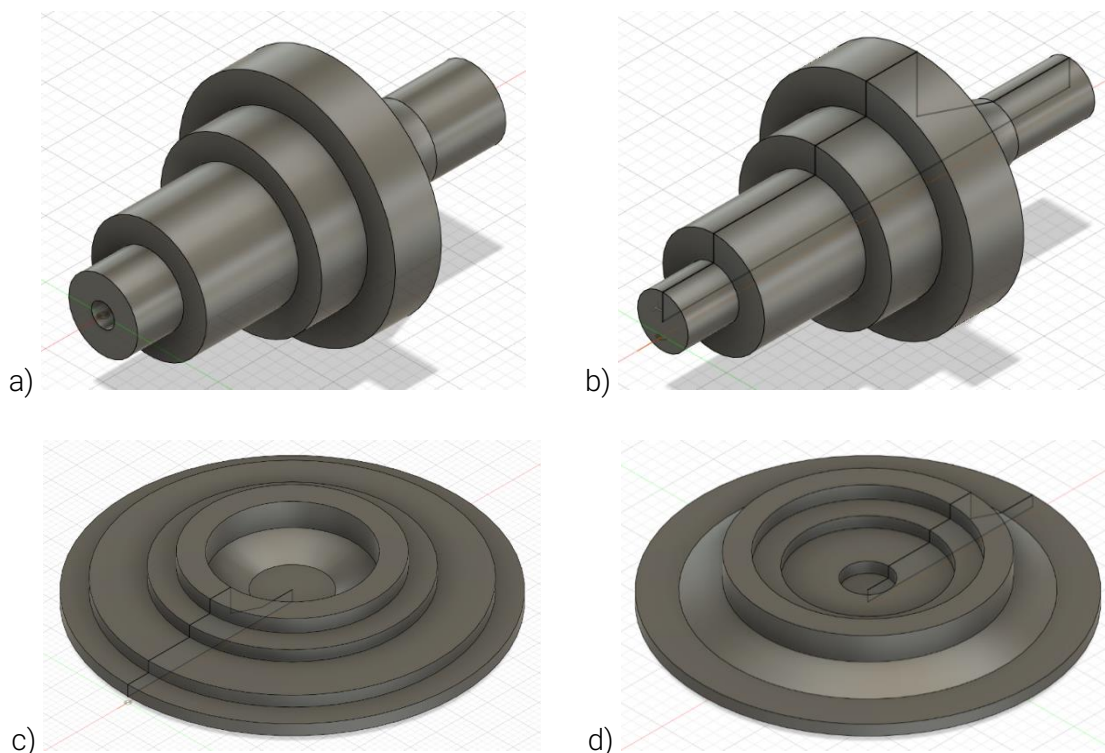
Potrebno je pripaziti na nekoliko aspekata kreiranja skice pri izradi ovog tipa ekstrudiranja. Prvo je nužno istaknuti da izrada ove značajke zahtijeva upotrebu zatvorenih profila u skici. Uobičajeno se izrađuje polovica presjeka (koji se želi ekstrudirati oko osi) koja može (ali i ne mora) uključivati os rotacije. Os rotacije može se naznačiti konstrukcijskom ulogom linije (odabir *Construction/Centerline* u Sketch Pallete-u), a njeno postavljanje u ravnini može pomoći pri organizaciji ostatka skice. Osim ovog načina, kao os rotacije možemo odabrati i neki od izrađenih bridova (vidi sljedeću sliku) ili postojeće osi u prostoru modeliranja (glavne osi x, y i z).



Slika 48. Mnoštvo opcija za odabir osi rotacije

Na sljedećoj je slici primjetno da je korištenjem iste skice i odabirom drugačije osi rotacije, moguće dobiti potpuno drugačije 3D oblike. Ipak, važan je oprez pri izboru osi, jer pogrešan odabir osi može

uzrokovati nemogućnost završetka značajke, često zbog preklapanja geometrije skice s osi rotacije. Naravno, preklapanje geometrije „same sa sobom“ (primjer - brid e na prethodnoj slici) predstavlja pogrešku u većini CAD sustava pa tako i Fusionu 360.



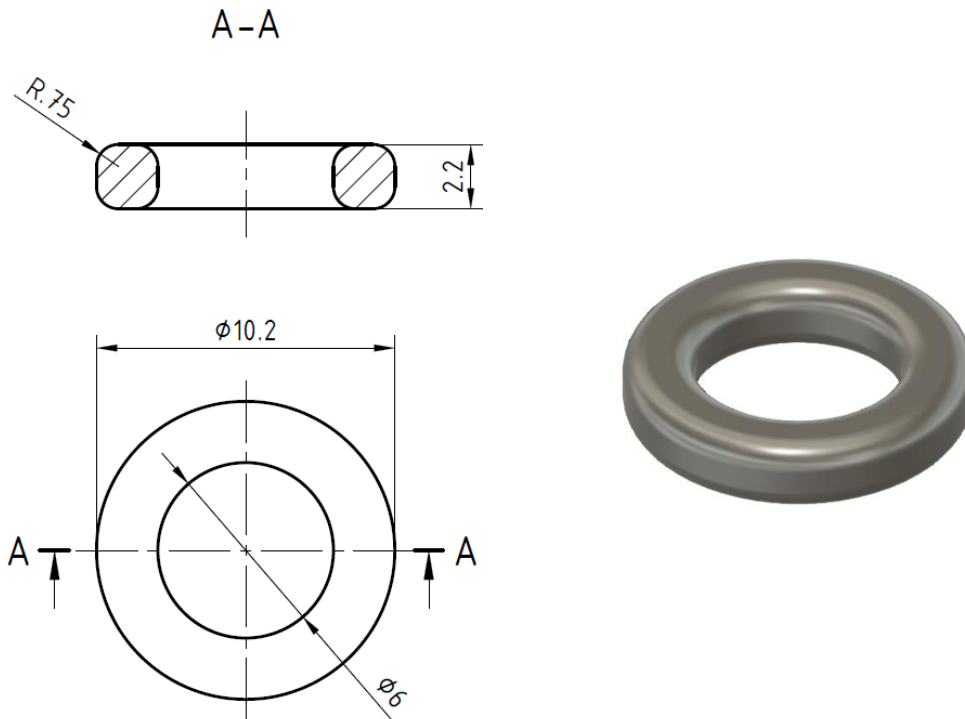
Slika 49. Utjecaj korištene osi rotacije na oblik kreirane značajke

Iznimno važnu ulogu pri definiranju ove značajke ima i kut rotacije. Opcije za definiranje kuta rotacije (*Angle*) uključuju – „punih“ 360° (*Full*), proizvoljni kut (*Partial*) - uobičajeno 90° i 180° , ali moguće je odabrati i neku drugu vrijednost kuta i do nekog objekta (*To Object*). Također, kao i kod linearnog ekstrudiranja, omogućeno je ekstrudiranje u jednom (*One Side*), oba smjera (*Two Sides*) ili na simetričan način (*Symmetric*).

Značajka ekstrudiranja oko osi omogućuje i oduzimanje materijala, ali odabirom drugačije operacije (*Cut*). Primjerice, ova značajka može se koristiti za „uklanjanje“ rubova na cilindričnim dijelovima. Sustav Fusion također nudi mogućnosti odabira značajki kojima možete oduzeti materijal (*Objects to Cut*).

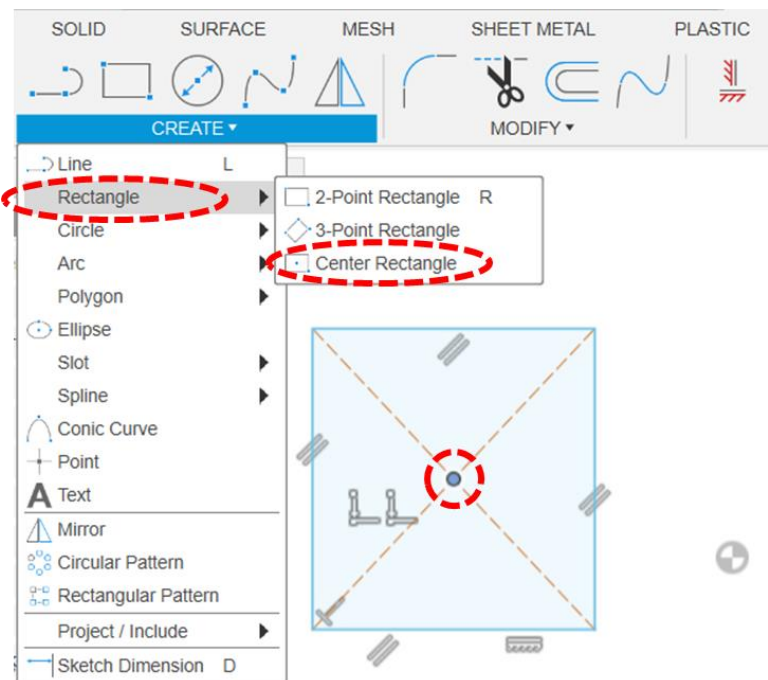
3.5. Vježba 6: Ekstrudiranje profila brtve ventila oko osi

U ovoj ćemo vježbi, umjesto linearnog ekstrudiranja koristiti ekstrudiranje oko osi, a koje je prikladnije za modeliranje osnosimetričnih modela – u ovom slučaju brtve. Tehnički crtež konačne geometrije brtve prikazan je na slici.

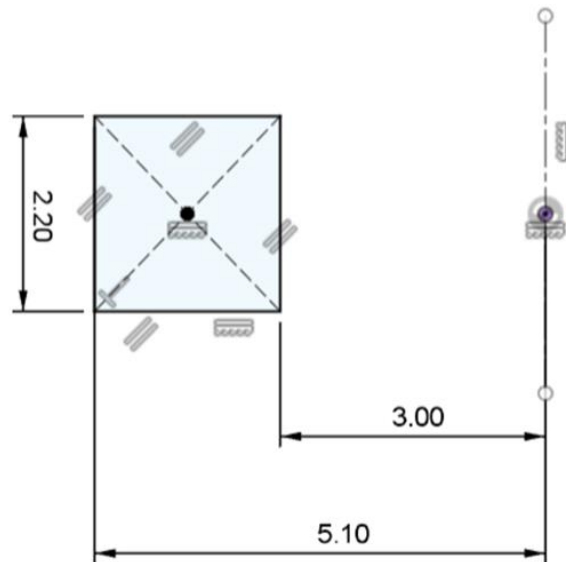


Pokrenite izradu novog modela, odnosno konstrukcije (*New Design*). Model možete odmah spremiti pod nazivom „Brtva“.

Odaberite ravninu XY i na njoj započnite s izradom nove skice (*Create Sketch*). Koristeći alat pravokutnika s definiranim središtem (*Center Rectangle*), skicirajte pravokutnik u prostoru lijevo od ishodišta.

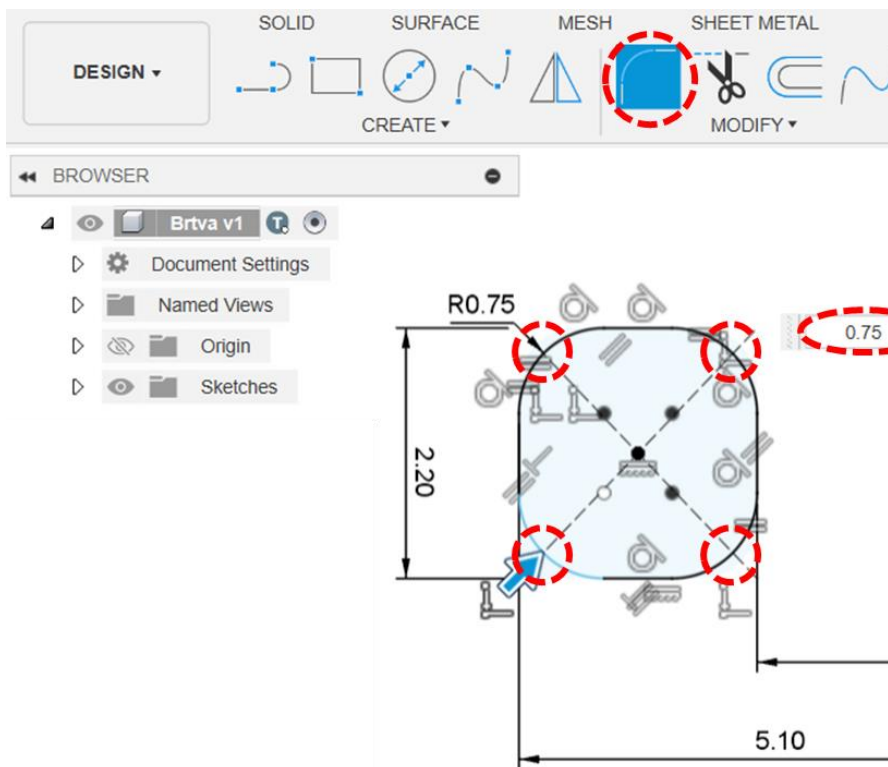


Zadajte relacijsko ograničenje horizontalnosti između središta pravokutnika i ishodišta. Nadalje, udaljenost lijevog ruba pravokutnika od ishodišta mora biti 5,1 mm, a udaljenost desnog ruba 3 mm. Visina pravokutnika mora biti 2,2 mm. Osim pravokutnika, skicirajte i jednu vertikalnu liniju koja prolazi ishodištem i pretvorite ju u središnjicu (*Centerline*).

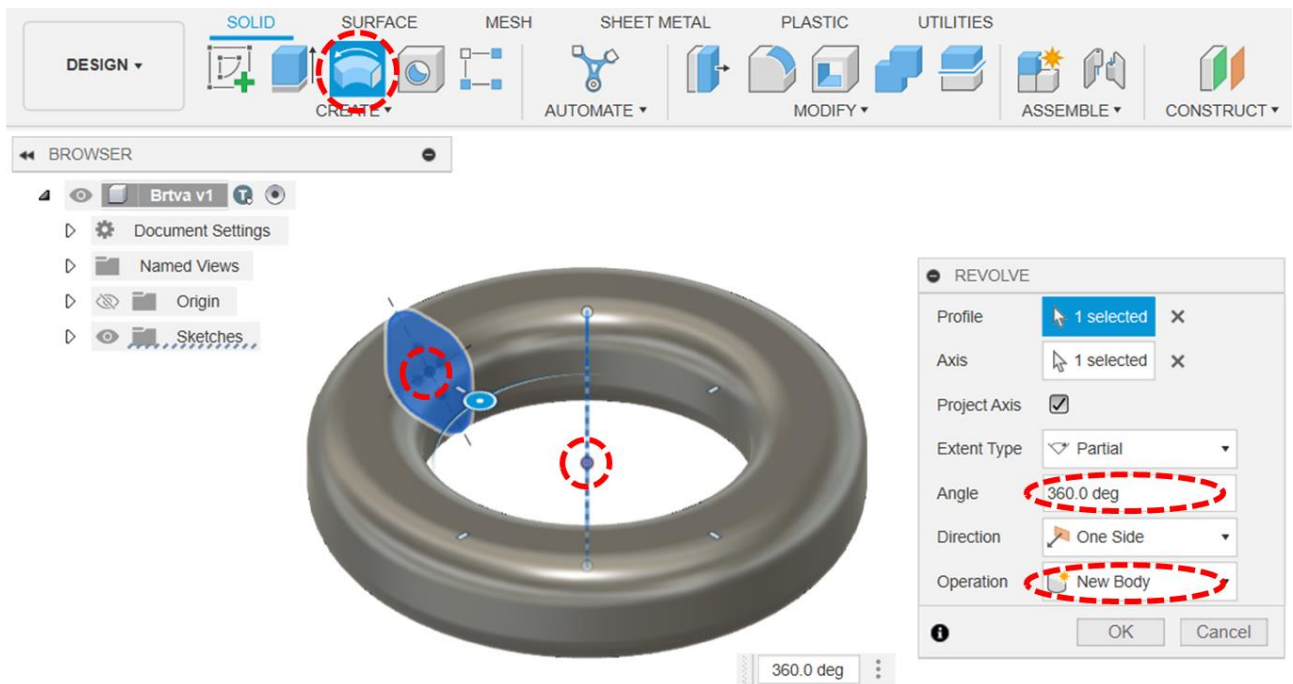


Koristeći alat zaobljenja u skici (*Fillet*), zaoblite vrhove pravokutnika na polumjer 0,75 mm.

Nakon toga završite skicu (*Finish Sketch*).



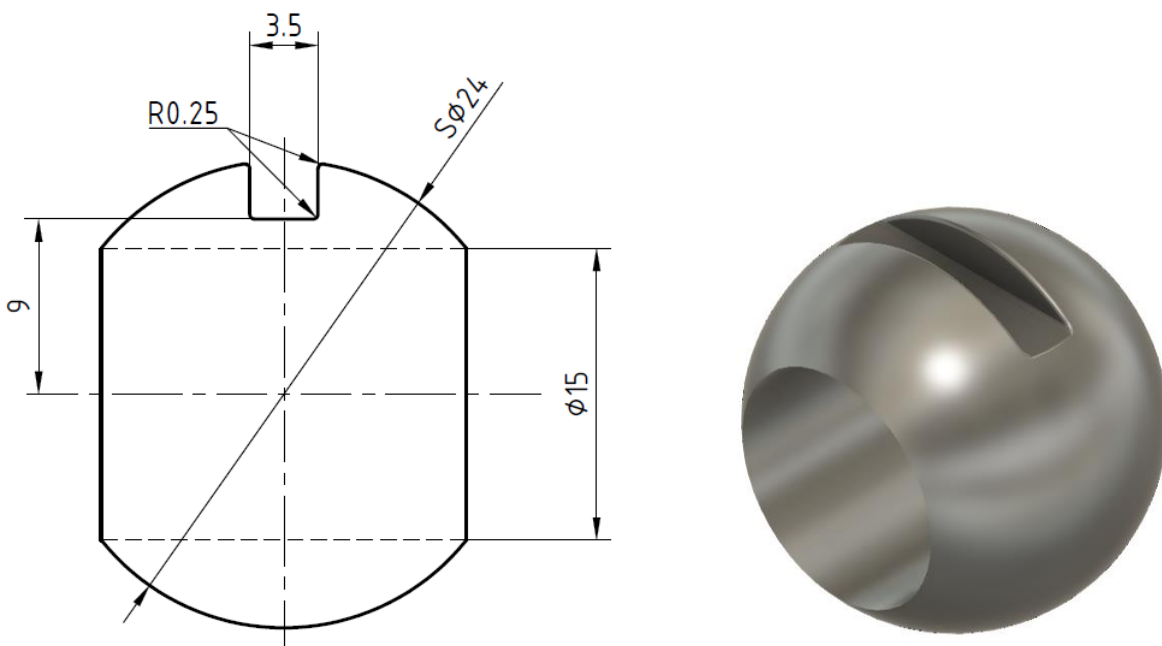
Koristeći alat za ekstrudiranje oko osi (*Revolve*), rotirajte profil skice oko vertikalne osi (središnjice) za punih 360° (moguće je navesti kut ili za *Extent Type* odabrati *Full*). Rezultat operacije neka bude novo tijelo (*New Body*). Ne zaboravite spremiti datoteku.



Na kraju prokomentirajte kako biste istu ovu datoteku mogli napraviti koristeći značajke iz prethodnih vježbi. Bi li vam bila dovoljna samo jedna značajka, kao u ovom slučaju?

3.6. Vježba 7: Ekstrudiranje profila kugle ventila oko osi

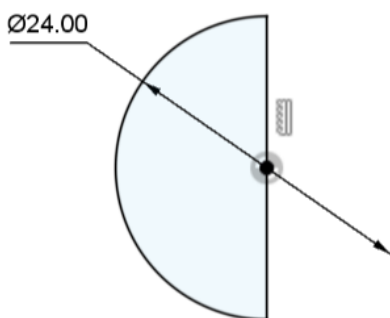
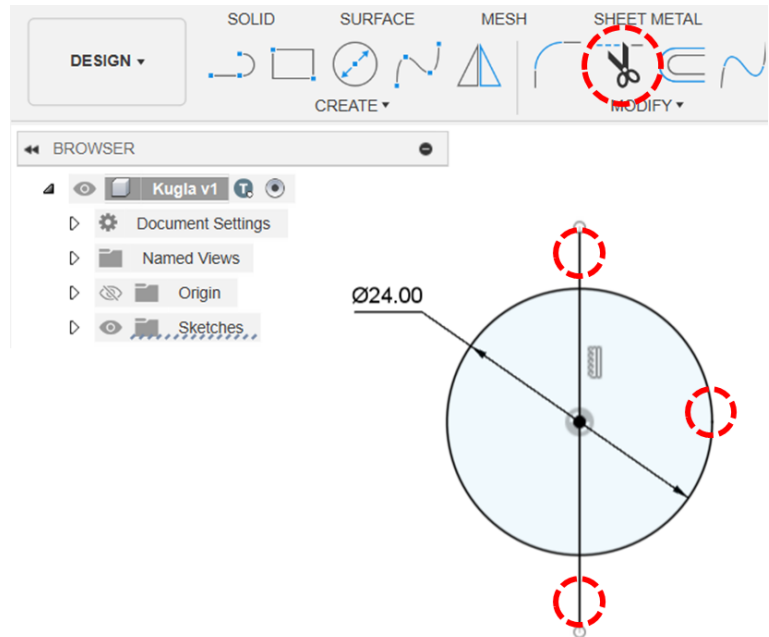
U ovoj vježbi koristit ćemo ekstrudiranje oko osi kako bismo izradili sferno tijelo, odnosno kuglu ventila. To tijelo ćemo naknadno dodatno urediti, koristeći operacije linearnog ekstrudiranja. Tehnički crtež konačne geometrije kugle prikazan je na slici.



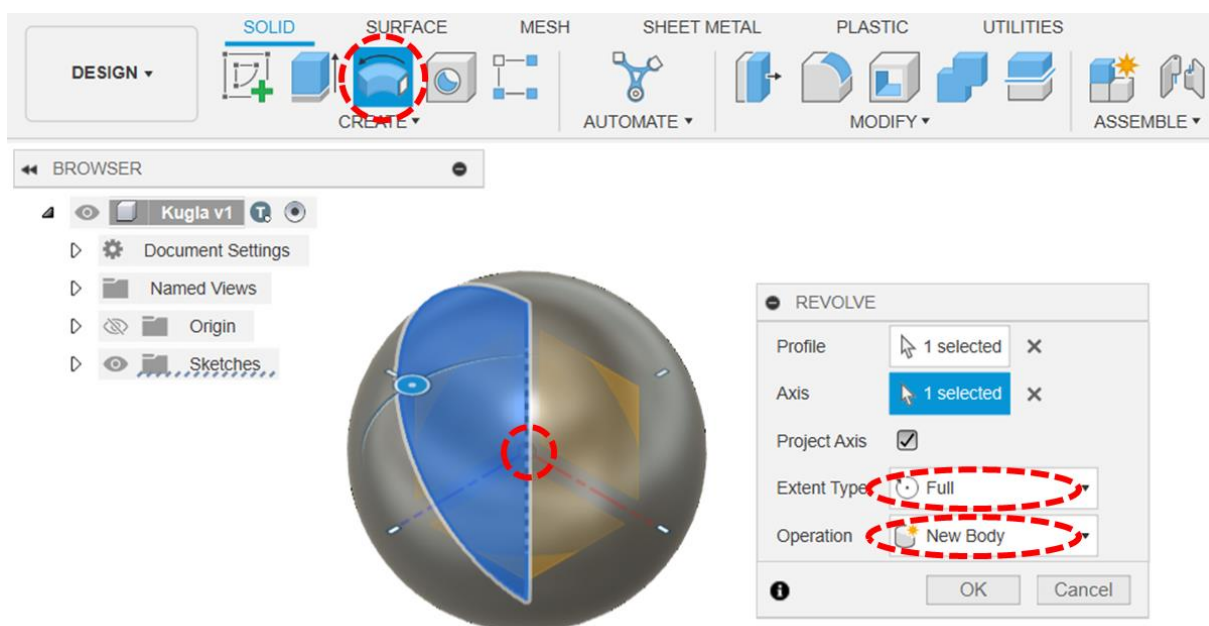
Napomena: oblik sfere moguće je modelirati i pomoću alata Sphere, kod kojeg je potrebno samo unijeti informaciju o koordinatama središta i polumjeru sfere. Postoje i ostali gotovi primitivi, poput kvadra, cilindra, torusa, cijevi i zavojnice.

Pokrenite izradu novog modela, odnosno konstrukcije (*New Design*). Model možete odmah spremiti pod nazivom „Kugla“.

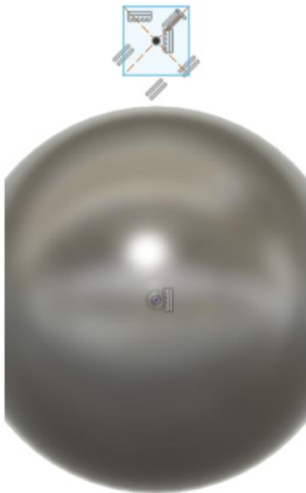
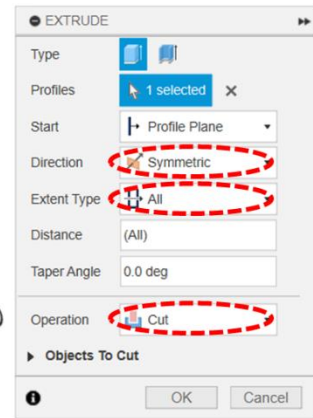
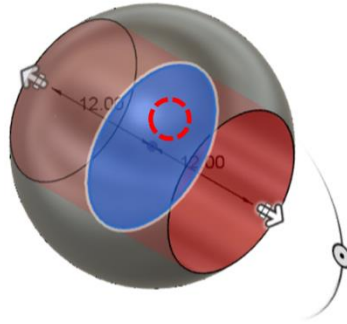
U ravnini XY započnite novu skicu. Skicirajte kružnicu promjera 24 mm sa središtem u ishodištu. Kružnicu prepolovite vertikalnom crtom koja prolazi ishodište i uklonite višak geometrije (*Trim*) kako bi ostala samo skica polukruga.



Završite skicu i koristeći alat za ekstrudiranje oko osi rotirajte polukružni profil oko vertikalne linije za 360° kako bi dobili kuglu. Rezultat operacije neka bude novo tijelo (*New Body*).

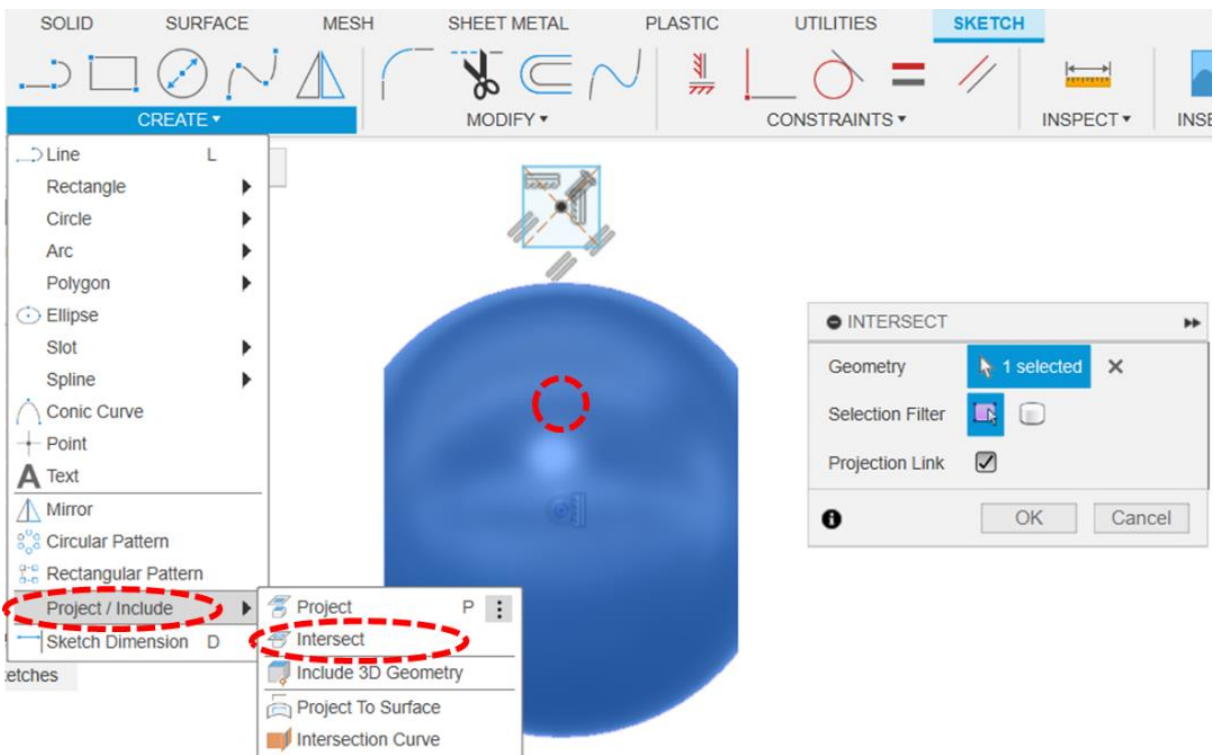


Započnite novu skicu na ravnini YZ. Skicirajte kružnicu promjera 15 mm sa središtem u ishodištu. Linearno ekstrudirajte profil kružnice tako da oduzmete materijal (*Cut*) modela u oba smjera (*Two Sides* ili *Symmetric*), punom duljinom modela (*All*).

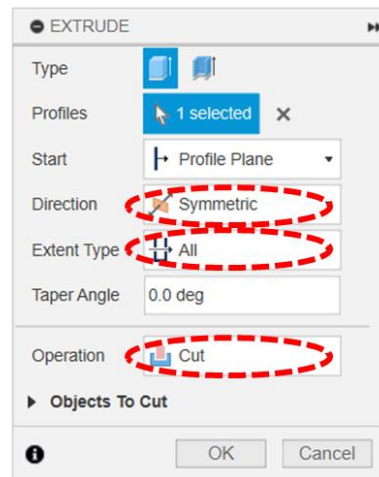
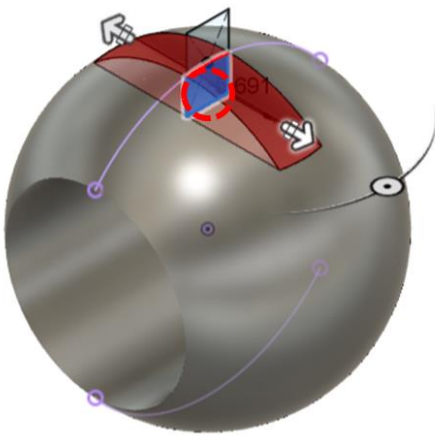
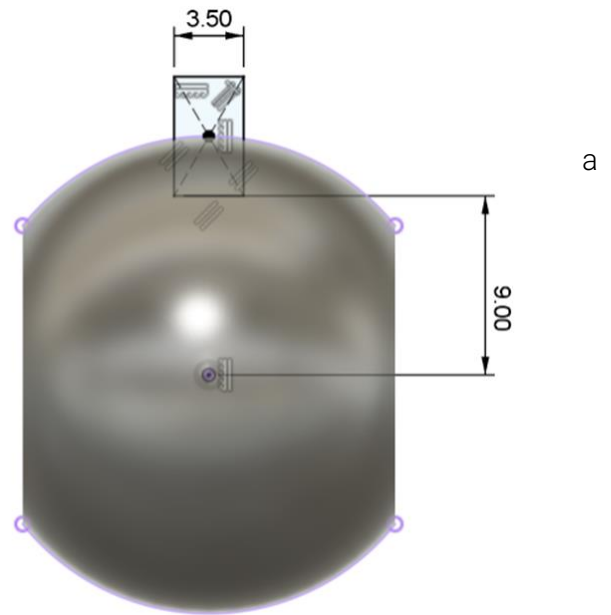


Započnite novu skicu na ravnini XY. Skicirajte pravokutnik sa središtem (*Center Rectangle*) iznad kugle. Zatim relacijskim ograničenjem vertikalno poravnajte središte pravokutnika s ishodištem te ga smjestite koincidentno na konturu kugle.

Označite sfernu plohu te pomoću alata za presijecanje (*Intersect*) projicirajte u ravninu skice krivulje (u obliku kružnih lukova) koje nastaju na mjestu presjeka. Krivulje će biti obojane ljubičastom bojom jer se radi o projiciranoj geometriji.

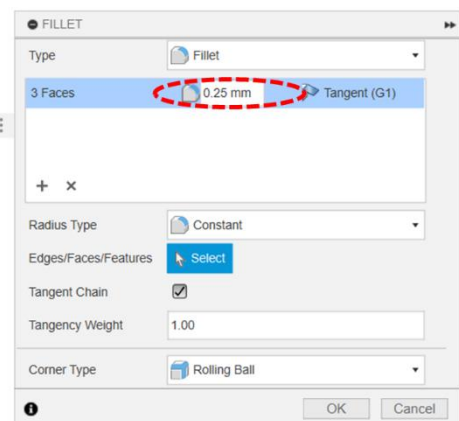
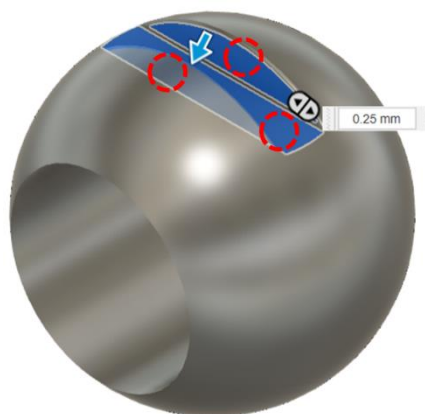


Povežite središte pravokutnika na gornju krivulju (kružni luk) pomoću relacijskog ograničenja koincidentnosti (*Coincident*). Donji horizontalni brid pravokutnika neka bude udaljen od ishodišta 9 mm, širina pravokutnika (međusobna udaljenost vertikalnih stranica) neka bude 3,5 mm.



Linearnim ekstrudiranjem uklonite materijal (*Cut*) u oba smjera punom duljinom modela (*Symmetric, All*). Za profil značajke dovoljno je označiti donju polovicu pravokutnika.

Pomoću alata za izradu zaobljenja (*Fillet*), zaoblite sve bridove triju ploha koje su nastale u prethodnom koraku. Za to je, umjesto označavanja svih bridova, dovoljno označiti samo te tri plohe. Polumjer zaobljenja mora biti 0,25 mm.

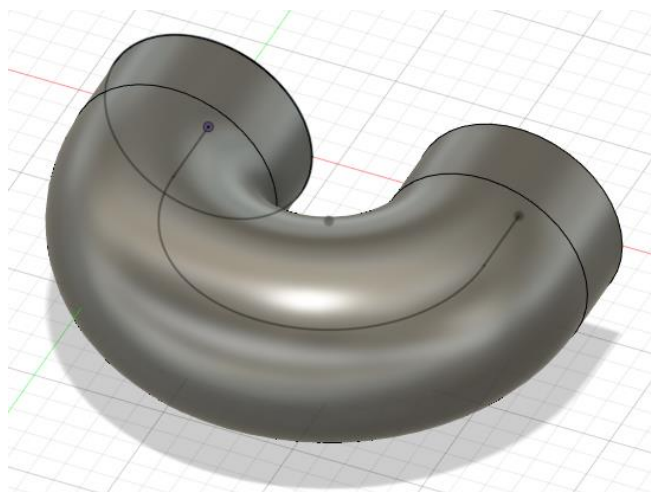


Ne zaboravite spremiti datoteku.

3.7. Ekstrudiranje po putanji

Ekstrudiranje po putanji (*Sweep*) omogućava izradu zahtjevnije putanje po kojoj se „izvlači“ 2D skica, u usporedbi s prethodno navedenim tipovima ekstrudiranja. Ekstrudiranje po putanji često se koristi u izradi opruga i cijevi, gdje se profili, poput kružnice i kružnog vijenca, oblikuju duž odabrane putanje. Izrada ove značajke zahtijeva izradu dvije 2D skice (to je minimalan broj, jer može biti i veći broj korištenih skica) te njihov odabir na početku definiranja ove značajke. Od te dvije skice, kao prvu skicu bira se profil (*Profile*) koji je potrebno "izvući" duž navedene putanje (*Path*). Naravno, druga odabrana skica predstavlja geometriju putanje (otvoreni profil).

CAD sustav Fusion 360 održava okomit odnos između profila i putanje tijekom cijele značajke kako bi se izbjegla preklapanja geometrije. Također, potrebno je pripaziti na premale polumjere zaobljenja ili preoštre prijelaze cijelom duljinom putanje.



Slika 50. Prikaz ekstrudiranja po putanji

Pri definiranju značajke ekstrudiranja po putanji, moguće je dodatno prilagoditi duljinu putanje promjenom vrijednosti *Distance*. Naime, početna vrijednost je 1 (duljinom cijele označene putanje), ali je i nju moguće promijeniti na manju vrijednost i skratiti duljinu značajke. Važno je naglasiti i opciju zadržavanja tangენტnosti duž cijele putanje. Naime, svi elementi skice putanje između kojih je postavljena relacija tangენტnosti, čine tangენტni lanac (*Tangent Chain*). Uključivanjem ove opcije olakšava se označavanje bridova koje veže tangენტna relacija.

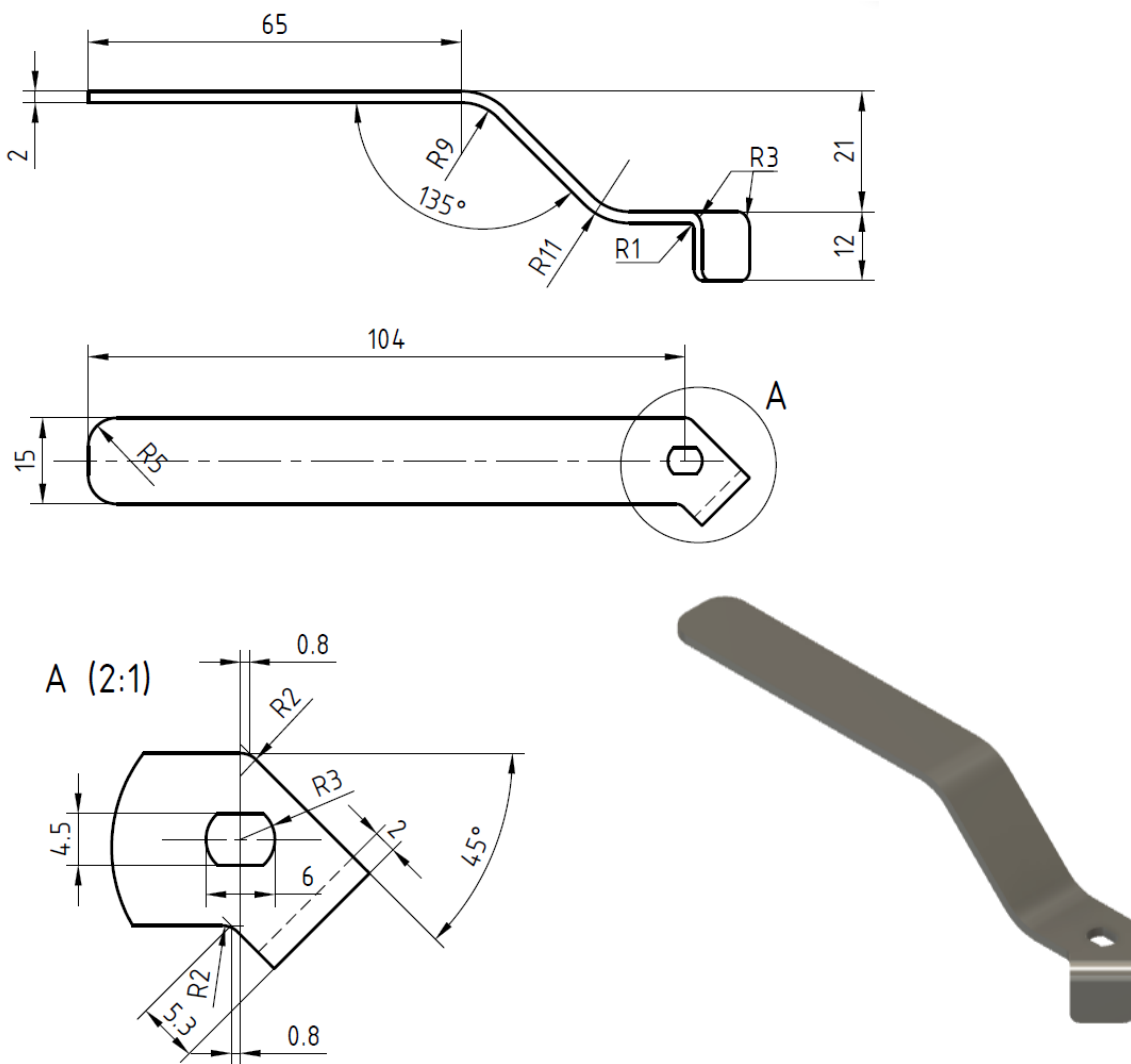
Značajka ekstrudiranja po putanji omogućava i uvođenje dva kuta – kut skošenja (*Taper Angle*) i kut izvijanja (*Twist Angle*). Kut skošenja omogućava skošenje ploha od početka prema kraju značajke, dok se kutom izvijanja definira geometrija izvijanja duž cijele duljine značajke.

Za razliku od prethodnih značajki, CAD sustav Fusion za ovu značajku nudi mogućnost analize geometrije značajke (drugi jezičak *Analysis* unutar dijaloškog okvira *Sweep*), za detaljniji uvid konačnog rezultata, koristeći zebrine linije (*Zebra*; crne i bijele linije koje upućuju na zakrivljenost površina), mapu zakrivljenosti (*Curvature Map*; bojom prikazane površine visoke i niske zakrivljenosti) te analizu iso-

krivulja (*Isocurve Analysis*); UV mapiranje za analizu zakrivljenosti površina).

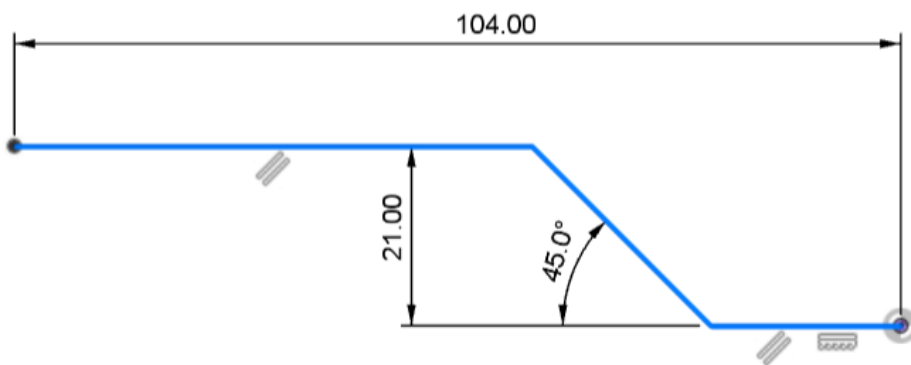
3.8. Vježba 8: Ekstrudiranje ručice profila po putanji

U ovoj vježbi demonstrirat ćemo ekstrudiranje po putanji, koje je pogodno koristiti za modele koje nije moguće dobiti pravocrtnim ekstrudiranjem profila, već bi on trebao slijediti određenu putanju. Primjer komponente koju je potrebno modelirati korištenjem ekstrudiranja po putanji je ručica ventila. Tehnički crtež konačne geometrije ručice prikazan je na slici.

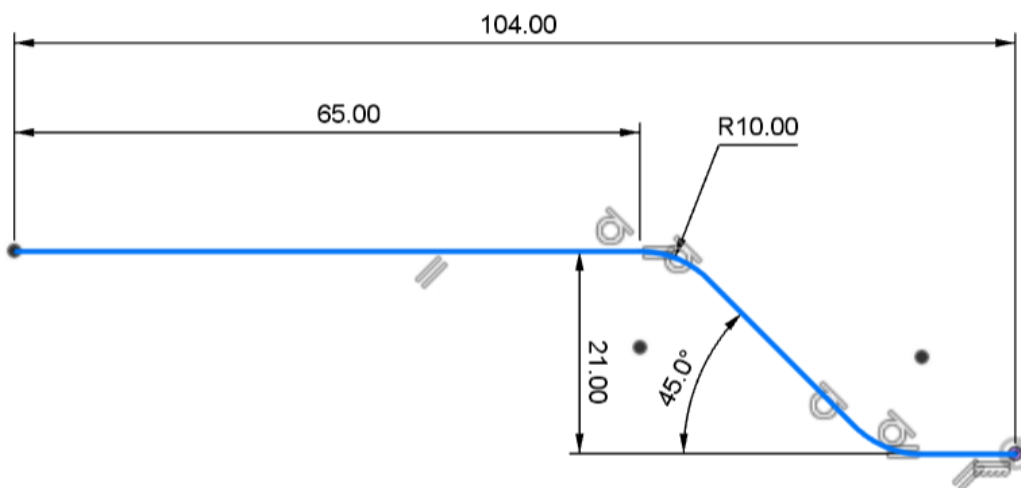


Pokrenite izradu novog modela, odnosno konstrukcije (*New Design*). Model možete odmah spremi pod nazivom „Ručica“.

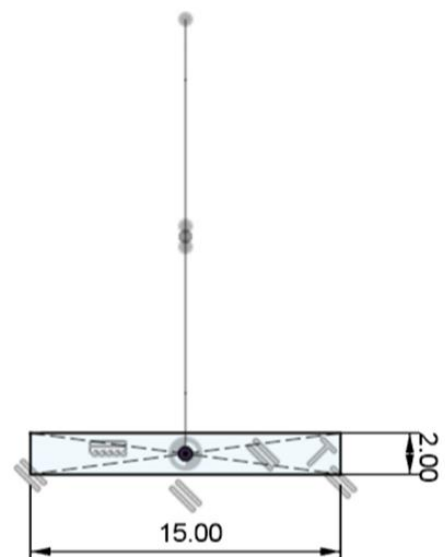
U ravnini XY započnite novu skicu. Skicirajte i ograničite putanju kao što je prikazano na slici.



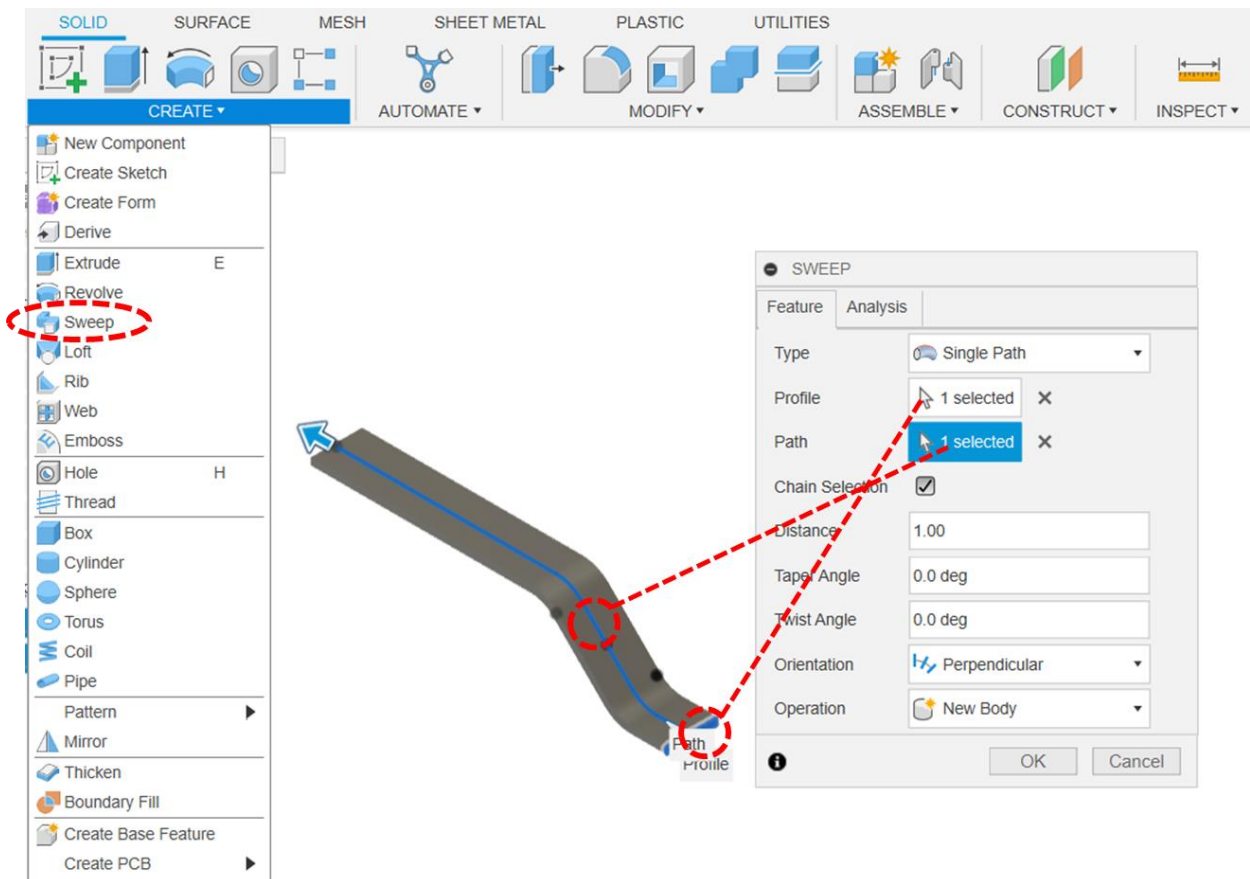
Dodajte zaobljenja (*Fillet*) od 10 mm na dva prelamanja putanje. Završite skicu (*Finish Sketch*).



Započnite novu skicu u ravnini YZ. Skicirajte pravokutnik širine 15 mm i visine 2 mm, sa središtem u ishodištu. Završite skicu (*Finish Sketch*).

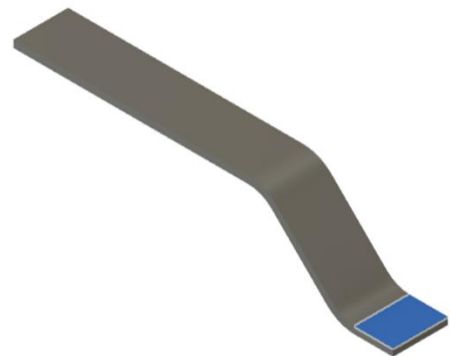
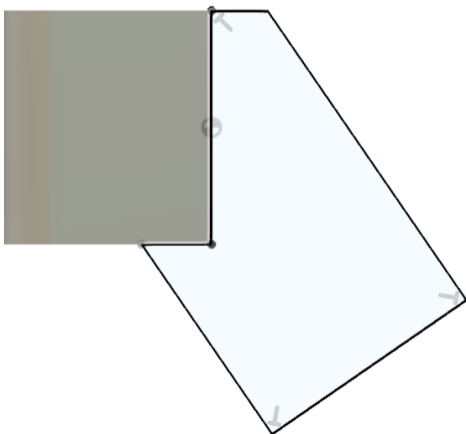


Koristeći alat Sweep, provedite ekstrudiranje pravokutnog profila (2. skica) po putanji (1. skica). Za profil (*Profile*) stoga odaberite zatvoreni profil pravokutnika, a za putanju (*Path*) otvorenu krivudavu skicu.

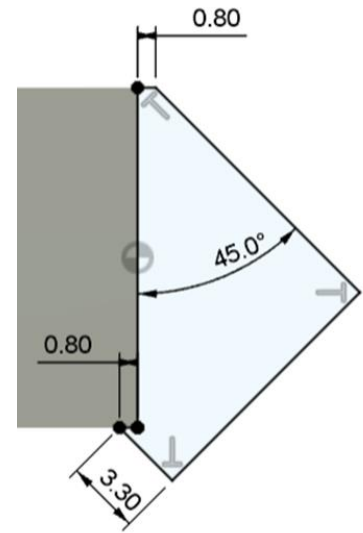


Započnite novu skicu na najmanjoj pravokutnoj plohi koja se nalazi s gornje strane ručice (kao što je označeno na slici).

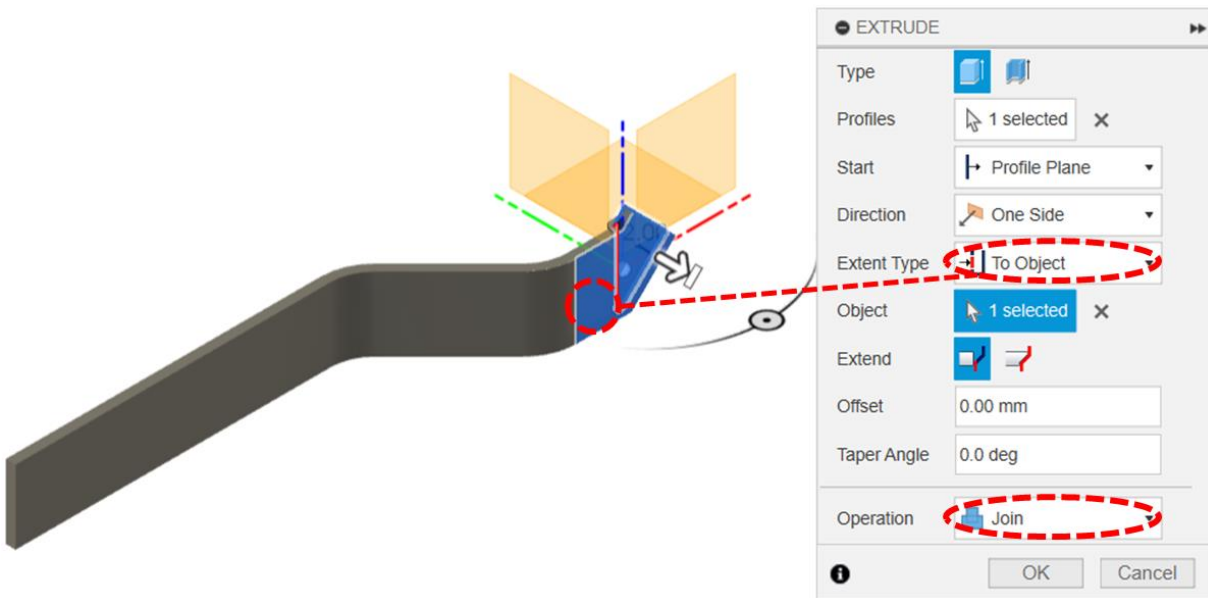
Skicirajte zadani profil i ograničite ga koristeći zadana relacijska ograničenja.



Skicirani profil nadalje ograničite zadanim dimenzijskim ograničenjima.

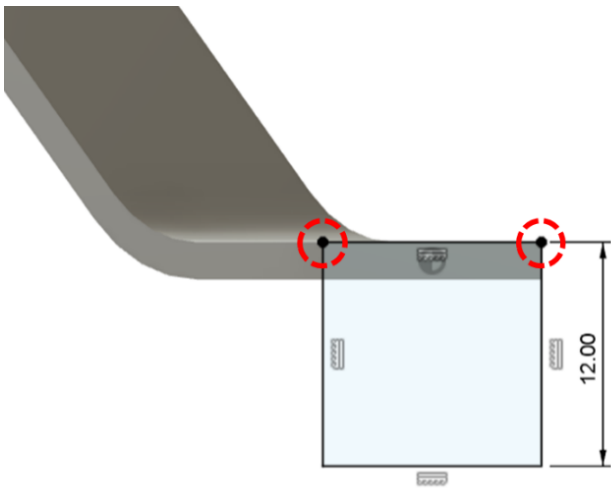


Linearno ekstrudirajte kreirani profil skice u jednom smjeru do donje plohe ručice (*Extent Type: To Object*). Operaciju provedite kao spajanje s postojećim modelom (*Join*).

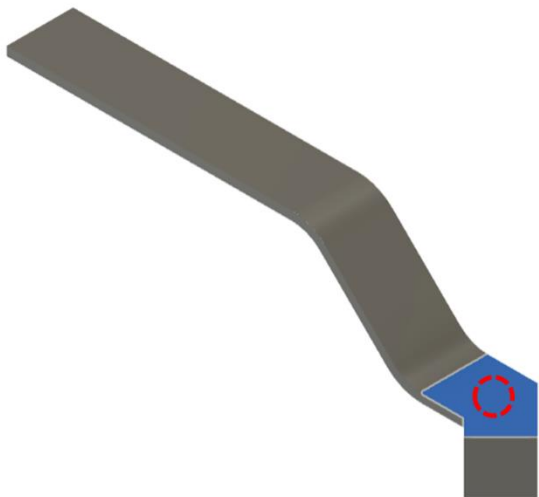
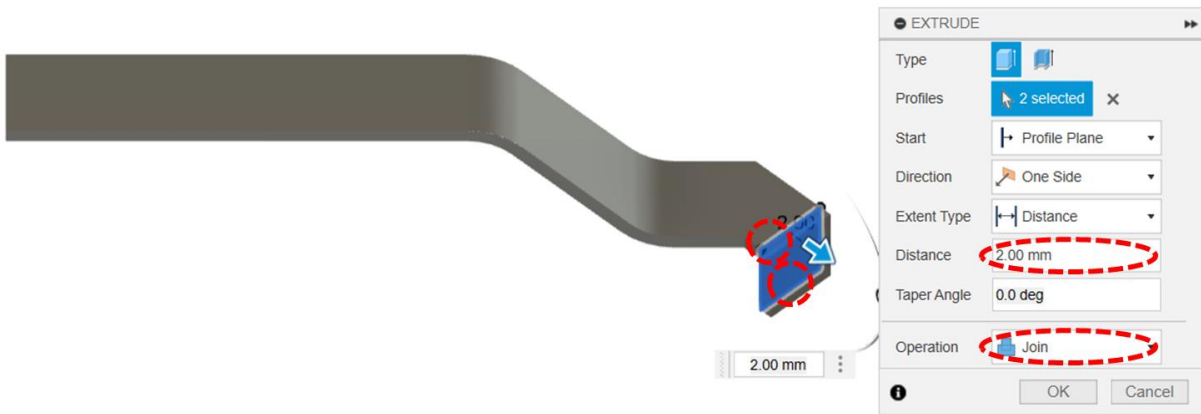


Na novonastaloj pravokutnoj plohi (prema slici) započnite novu skicu. Skicirajte pravokutnik visine 12 mm, s vrhovima koji se poklapaju s gornjim vrhovima pravokutne plohe na kojoj je ravnina skiciranja.

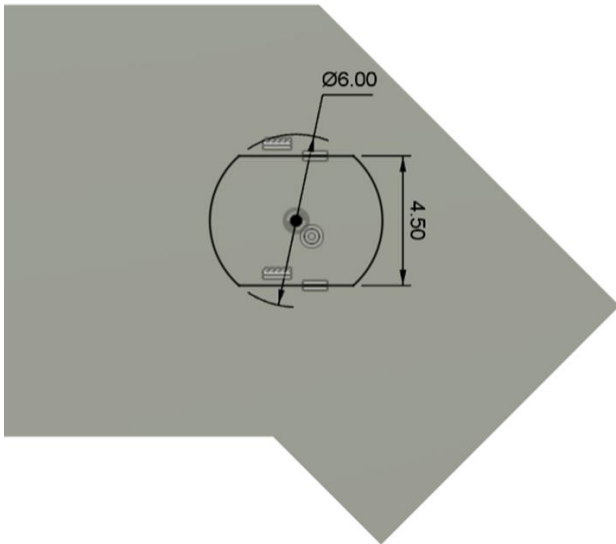




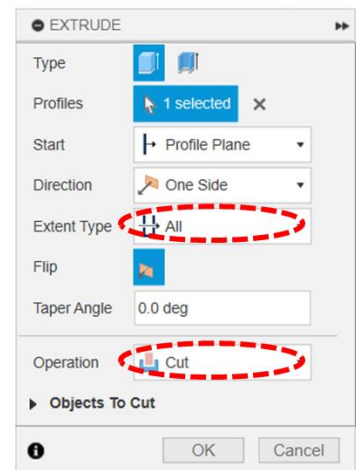
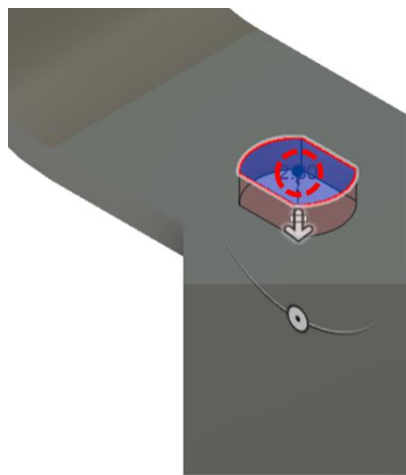
Linearno ekstrudirajte pravokutni profil (oba segmenta) u debljini od 2 mm, u smjeru suprotno od modela. Operaciju provedite kao spajanje s postojećim modelom (*Join*).



Započnite novu skicu na gornjoj šesterokutnoj plohi (prema slici). Skicirajte profil zadan na slici i ograničite ga zadanim relacijskim i dimenzijskim ograničenjima. Profil ćete najlakše napraviti tako da najprije skicirate kružnicu promjera 6 mm sa središtem u ishodištu, a zatim je presijete s dvije horizontalne ravne crte. Viškove možete odrezati koristeći alat *Trim*. Na kraju zadajte relacijsko ograničenje tako da su ravne crte iste duljine (*Equal*) i dimenzionirajte razmak između njih 4,5 mm.

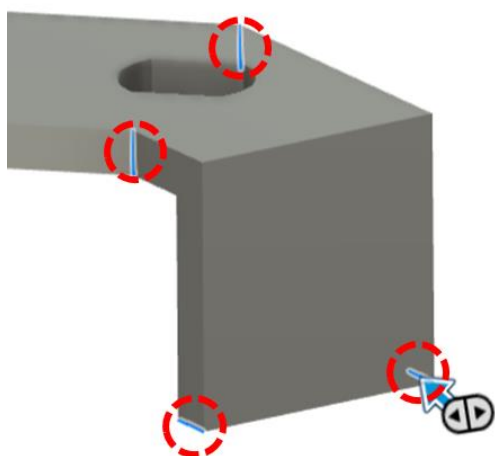


Koristeći alat za linearno ekstrudiranje , uklonite materijal cijelom debljinom modela, koristeći skicirani profil.

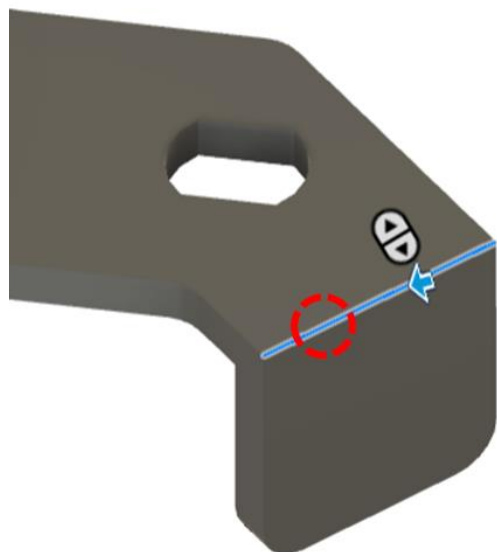


Na kraju, koristeći alat Fillet ,izradite zaobljenja na različitim bridovima:

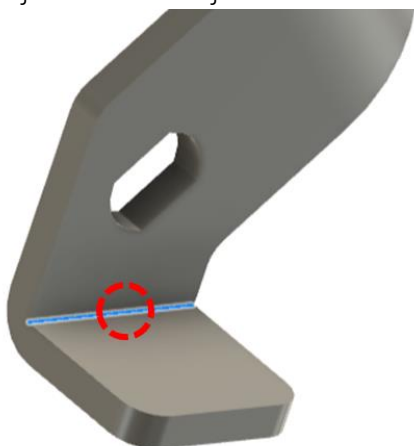
- Zaobljenja od 2 mm na četiri brida:



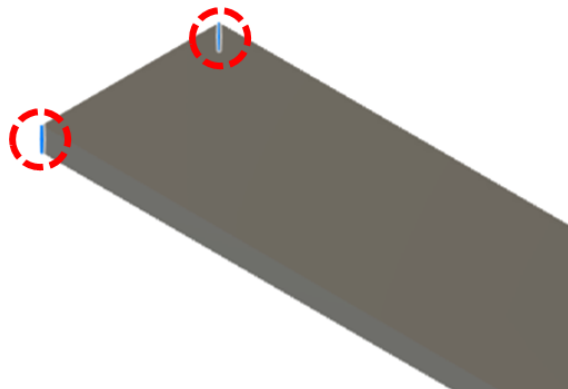
- Zaobljenja od 3 mm na jednom bridu:



- Zaobljenje od 1 mm na jednom bridu:



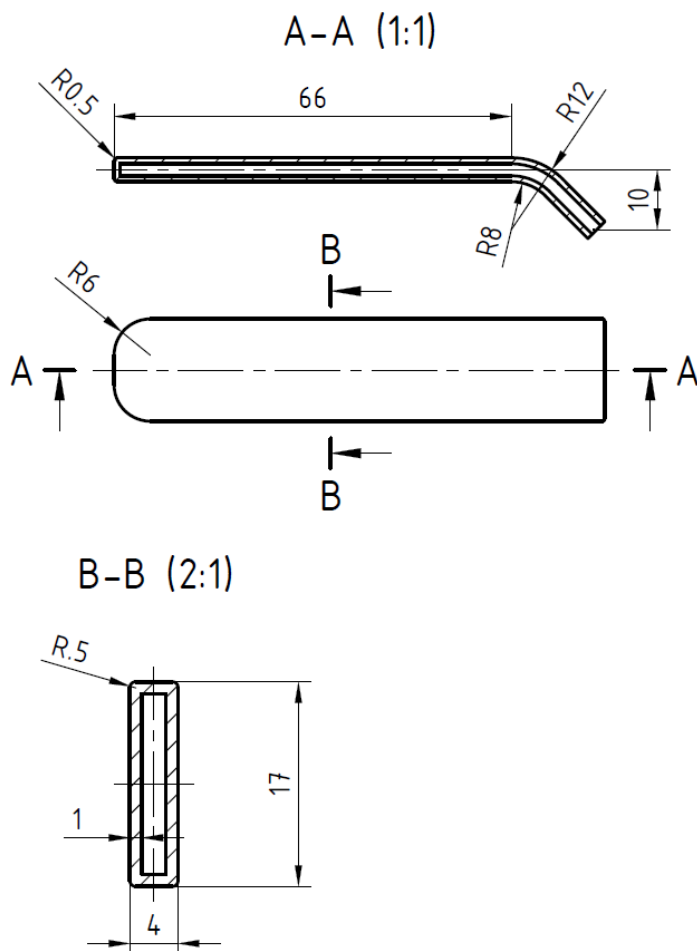
- Zaobljenje od 5 mm na dva brida:



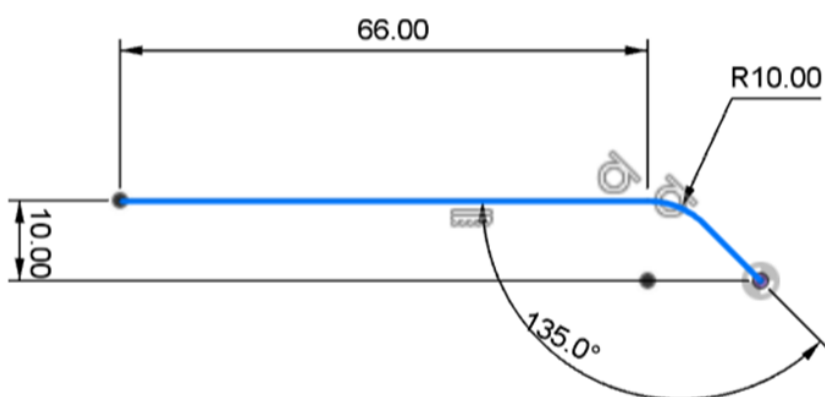
Ne zaboravite spremiti datoteku.

3.9. Vježba 9: Ekstrudiranje prevlake ručice po putanji

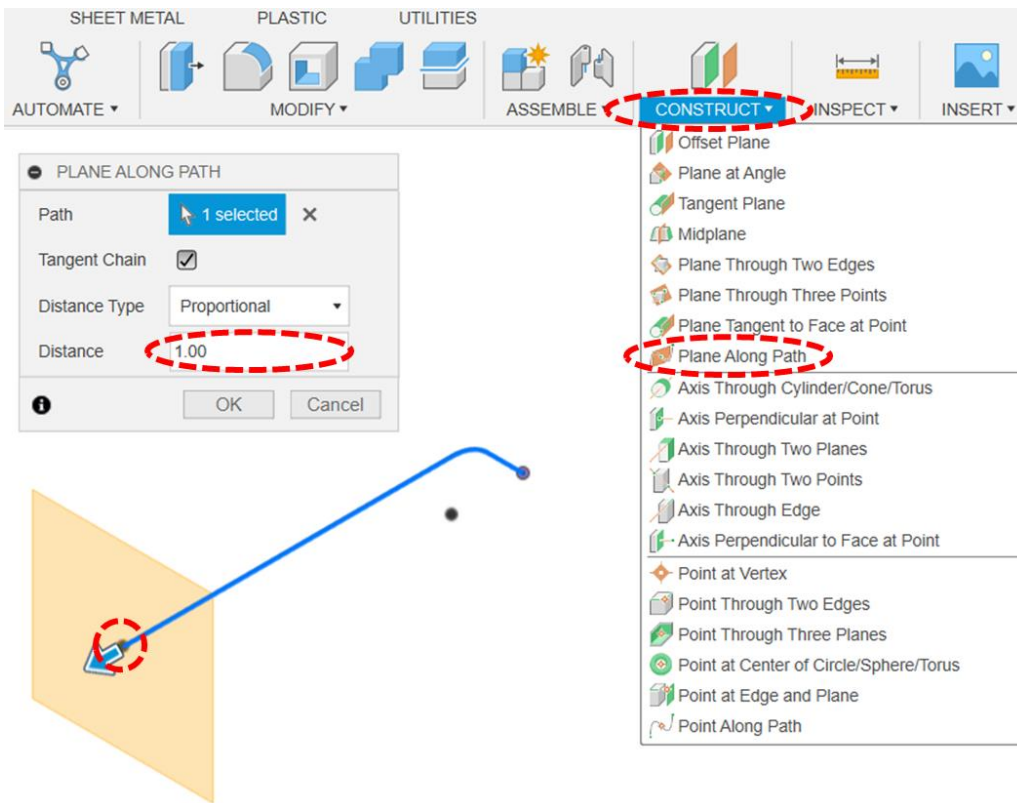
Nakon izrade ručke sličnim ćemo postupkom izraditi prevlaku ručice ventila. Za to će nam opet biti potrebno ekstrudiranje po putanji. Kako bi prevlaka bila šuplja, iskoristit ćemo i jednu novu značajku, a to je ljuska. Tehnički crtež konačne geometrije navlake prikazan je na slici.



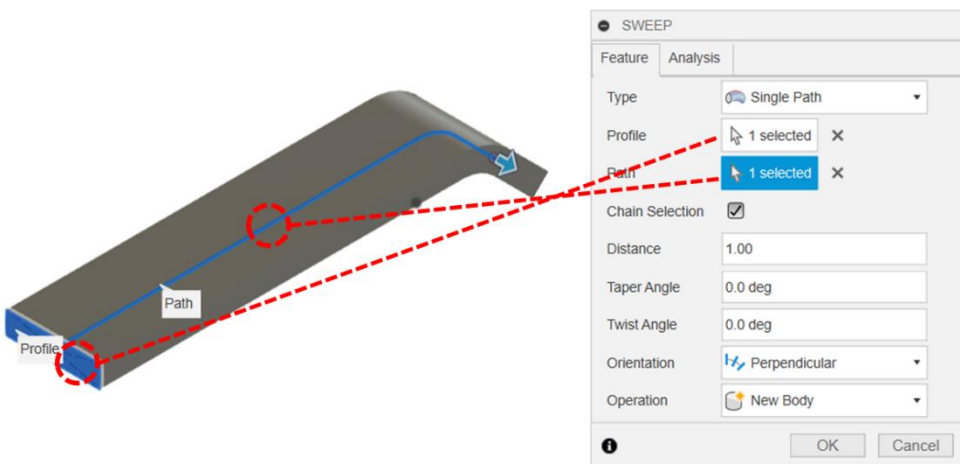
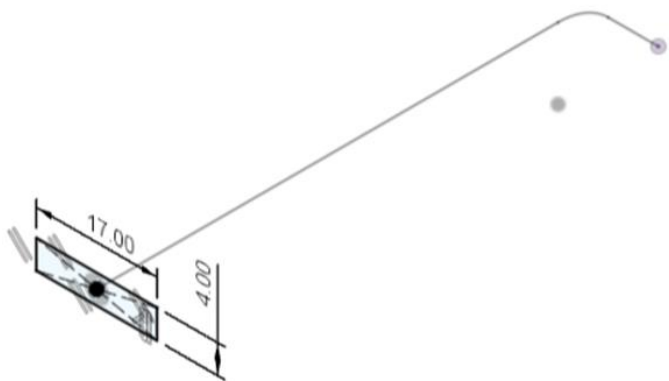
Za početak na ravnini XY napravite skicu putanje prema slici. Dodajte zadana relacijska i dimezijska ograničenja.



Pokrenite alat za izradu nove ravnine na temelju putanje i postavite ravninu na lijevi kraj putanje.

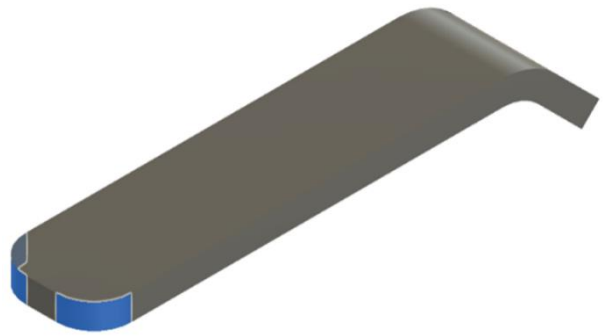


Na novoj ravnini započnite skicu. Skicirajte pravokutnih sa središtem u vrhu putanje. Širina pravokutnika neka bude 17, a visina 4 mm.

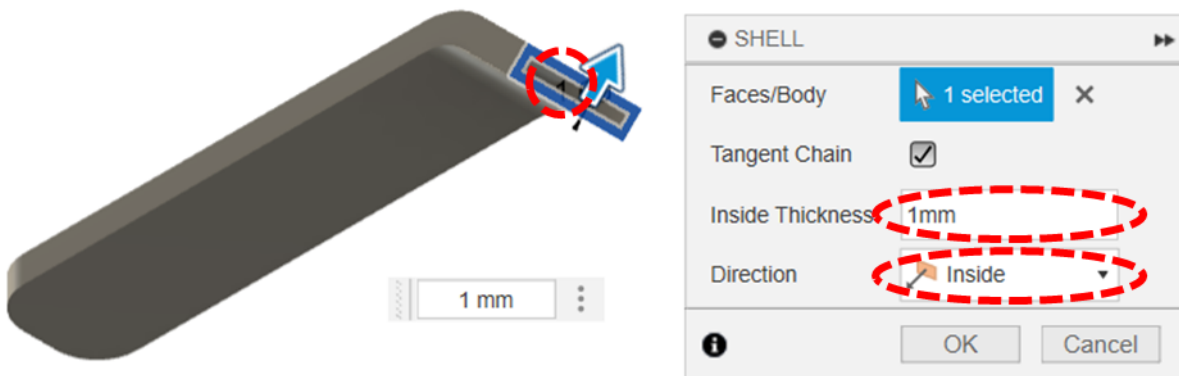


Koristeći alat Sweep ekstrudirajte profil pravokutnika po putanji.

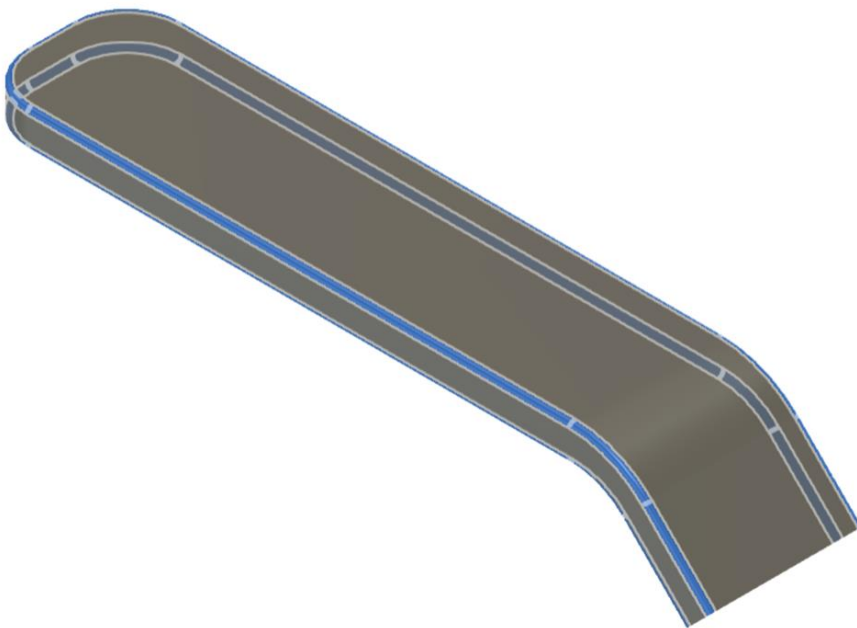
Zaoblite dva kratka brida na vrhu ručke u polumjeru od 6 mm.



Koristeći alat Shell, izradite ljusku koja ima otvor na malo pravokutnoj plohi, koja se nalazi na drugom kraju drške. Smjer izrade ljuske neka bude prema unutra (*Inside*). Potrebno je odabrati plohu i definirati debljinu ljuske koja iznosi 1 mm (*Inside Thickness*).



Na kraju zaoblite oba uzdužna brida na polumjer od 0,5 mm.

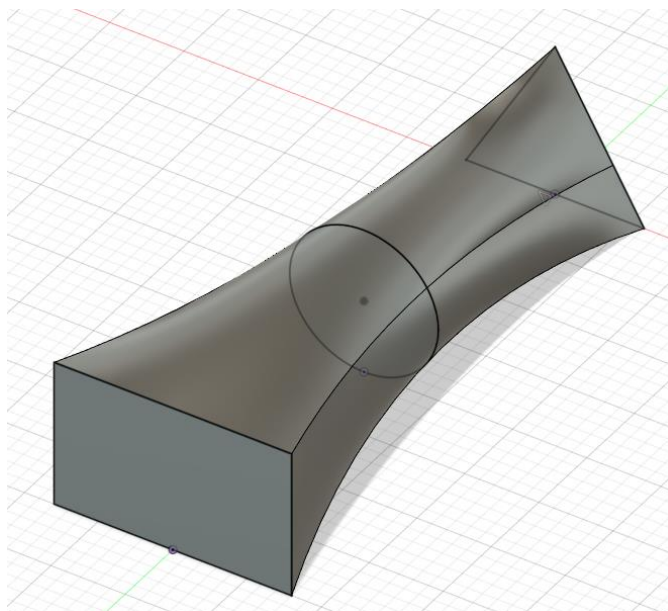


Ne zaboravite spremiti datoteku.

3.10. Ekstrudiranje povezivanjem profila

Kao posljednji tip osnovne značajke navodi se **ekstrudiranje povezivanjem profila** (*Loft*). Ova značajka služi za izradu složenijih oblika koje ne možemo dobiti izvlačenjem 2D skice. Naime, kao što sam naziv naredbe kaže – u ovom slučaju nema eksplicitno zadane putanje, već se spajaju različiti profili u jednu cjelinu. Profili se nalaze u različitim skicama (jedna skica – jedan profil). Naravno, različite skice su pozicionirane u različitim ravninama.

Ključni aspekt u definiranju ove značajke je osigurati uspješno povezivanje profila. Na primjer, na slici se prikazuje spajanje profila trokuta, kružnice i pravokutnika u jednu značajku, gdje Fusion uvodi dodatne vrhove kako bi omogućio izradu četiri krivulje za opisivanje značajke. Računalna pozadina CAD sustava upućuje na to da se odabirom točaka profila kreiraju krivulje koje povezuju profile. Kao što je prethodno pokazano, CAD sustav Fusion 360 teži usklađivanju profila. Ipak, u većini slučajeva preporuča se jednak broj vrhova na svakom profilu, kako bi se olakšala izrada značajke i međusobno povezivanje profila (što je ujedno i puno češći slučaj u strojarskim primjenama).

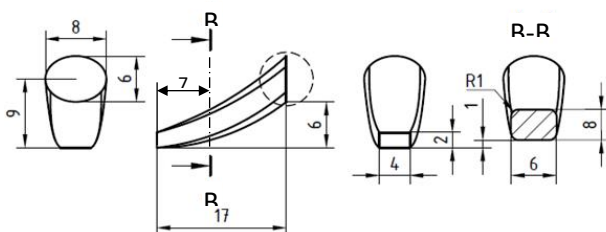
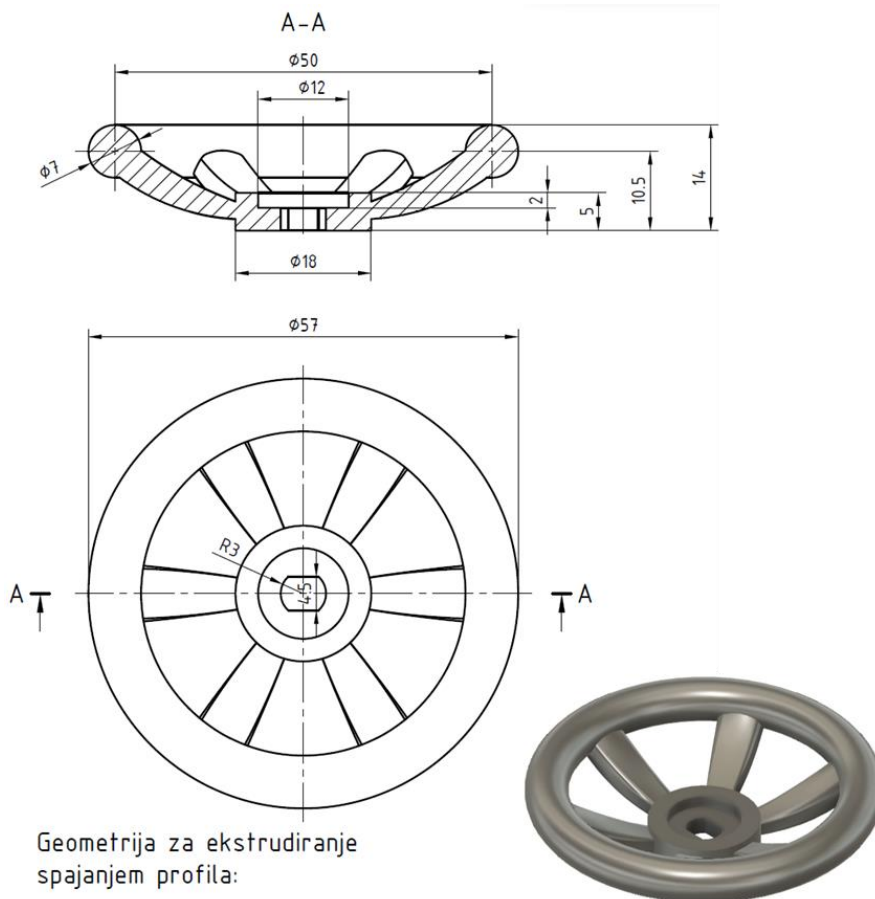


Slika 51. Primjer ekstrudiranja povezivanjem profila

Općenito gledano, ekstrudiranje povezivanjem profila omogućava kreiranje složenih geometrija, ali je pri izradi ove značajke potreban oprez. Naime, lako može doći do preklapanja geometrije (vidi primjer i kod ekstrudiranja po putanji), budući da CAD sustavi ne prepoznaju neželjene geometrijske oblike i ne mogu dokučiti namjeru konstruktora. Analizom odabranih vrhova i smjerova profila mogu se identificirati moguće greške i uzroci neželjenog oblika značajke. Također, Fusion nudi alat Analysis za detaljnu provjeru i analizu dobivenog oblika značajke (slično kao kod značajke Sweep).

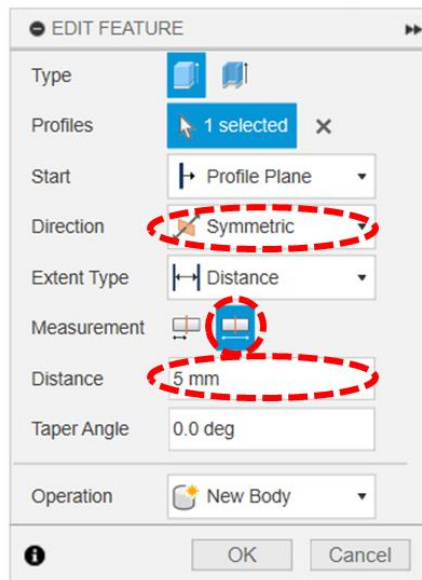
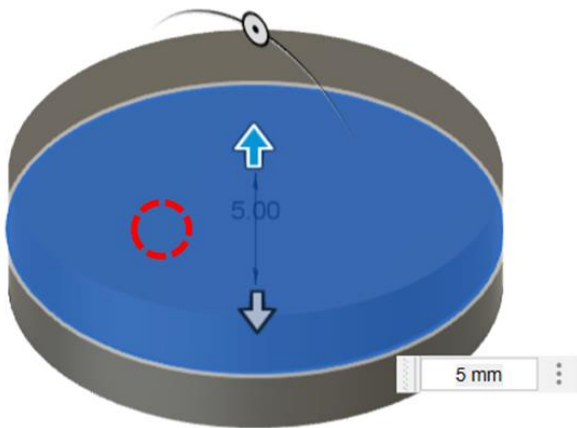
3.11. Vježba 10: Ekstrudiranje ručnog kola ventila povezivanjem profila

Zadnja vrsta ekstrudiranja koji moramo usvojiti je ekstrudiranje spajanjem profila. Ovu vrstu ekstrudiranja demonstrirat ćemo na primjeru kola, odnosno alternativne, okrugle ručice ventila. Tehnički crtež konačne geometrije ručice prikazan je na slici.

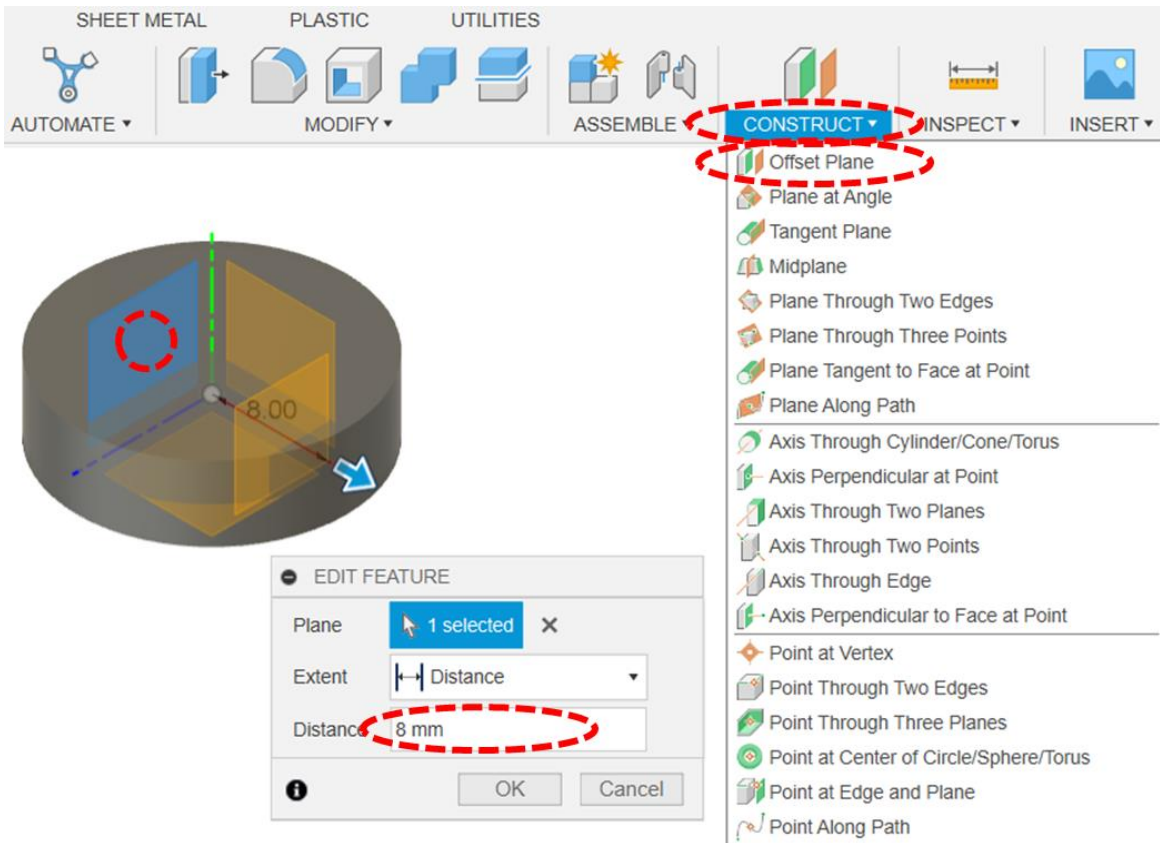


Pokrenite izradu novog modela, odnosno konstrukcije (*New Design*). Model možete odmah spremi pod nazivom „Kolo“.

U ravni XZ započnite novu skicu. Skicirajte kružnicu promjera 18 mm sa središtem u ishodištu. Linearno ekstrudirajte profil kružnice u oba smjera simetrično, u ukupnoj duljini od 5 mm.

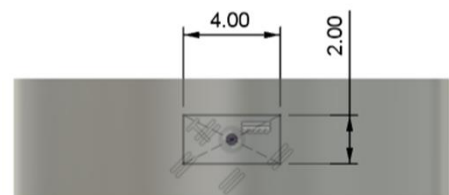


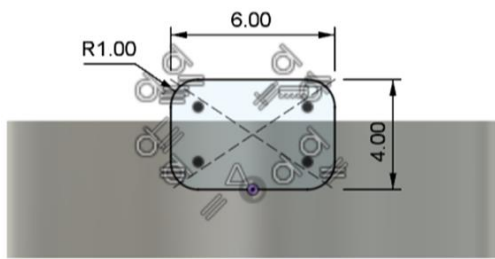
Izradite novu ravninu, paralelnu i odmaknutu od ravnine YZ za 8 mm (*Offset Plane*).



Ponovite postupak i na isti način napravite još dvije ravnine paralelne s ravninom YZ. Prva neka bude odmaknuta 15 mm, a druga 25 mm.

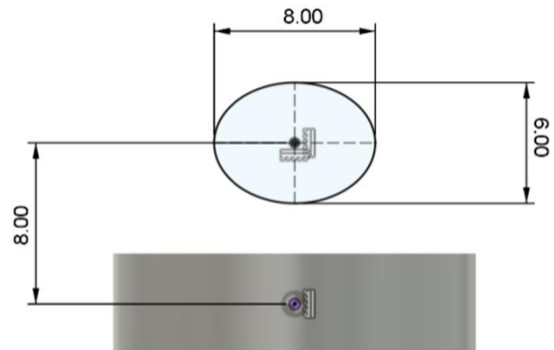
Na prvoj kreiranoj ravnini (udaljenoj 8 mm) skicirajte pravokutnih sa središtem u ishodištu, širine 4 mm i visine 2 mm.



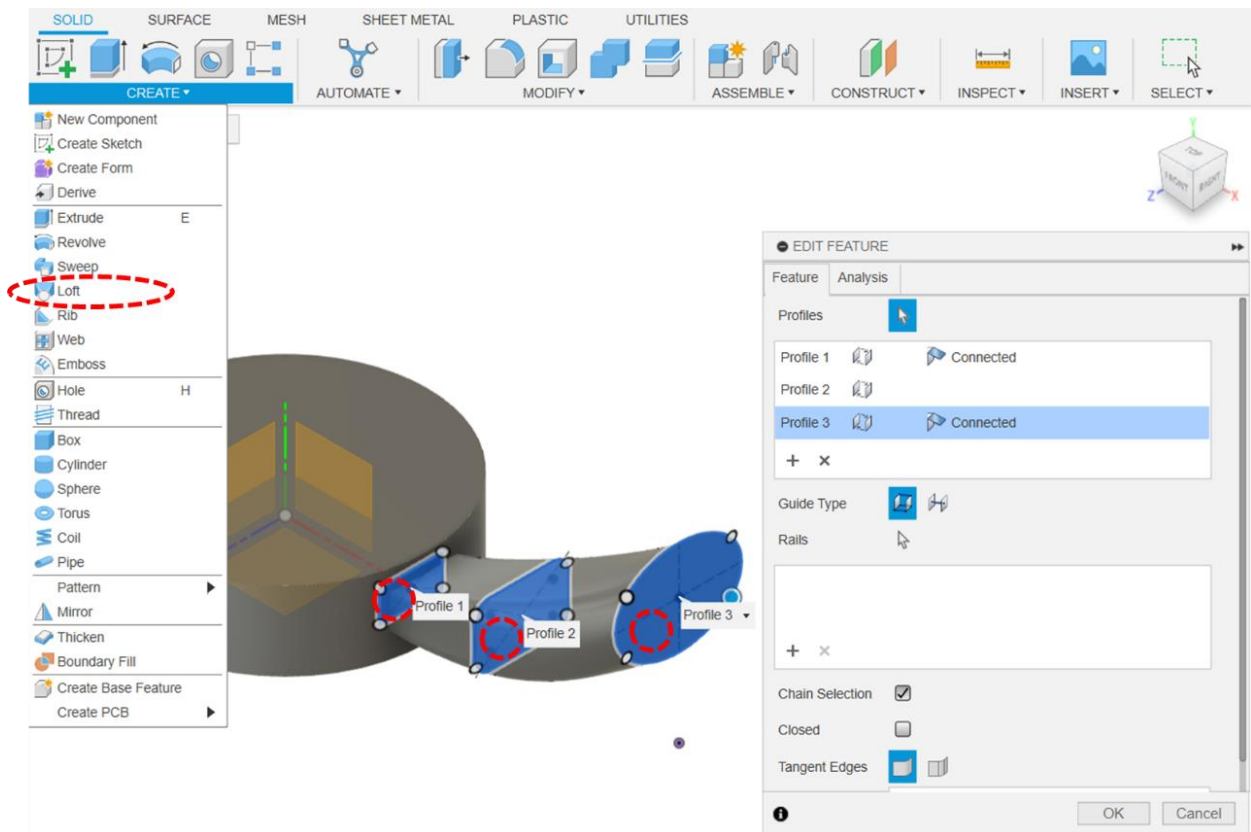


Na drugoj kreiranoj ravnini (udaljenoj 15 mm), skicirajte pravokutnik sa zaobljenim vrhovima ($R=1$ mm), širine 6 mm i visine 4 mm. Sredina donje stranice pravokutnika mora biti poravnata s ishodištem (*Midpoint* relacijsko ograničenje).

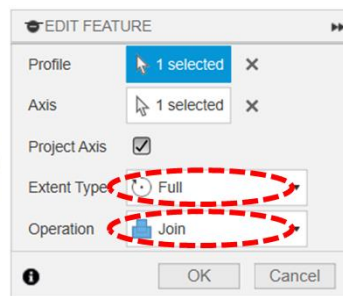
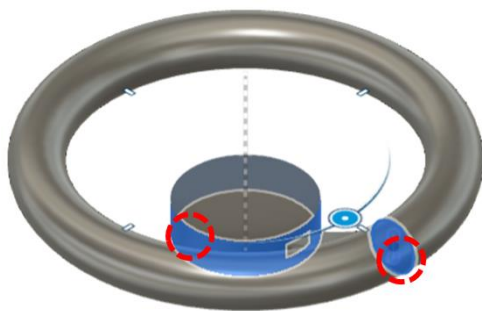
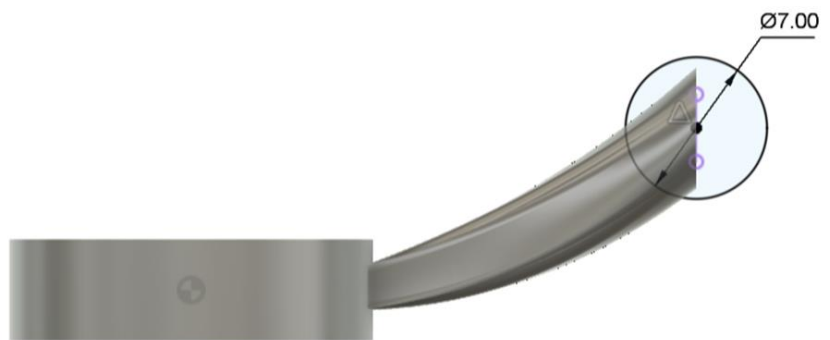
Na trećoj kreiranoj ravnini (udaljenoj 25 mm), skicirajte elipsu čije je središte vertikalno poravnato s ishodištem i od njega udaljeno mm. Širina elipse mora biti u mm, i visina u mm. Također, glavne osi elipse moraju biti horizontalno i vertikalno poravnate.



Koristeći alat Loft za ekstrudiranje povezivanjem profila izradite značajku koja će povezati profile triju izrađenih skica. Redom označite unutrašnjost skica, od prve do treće.

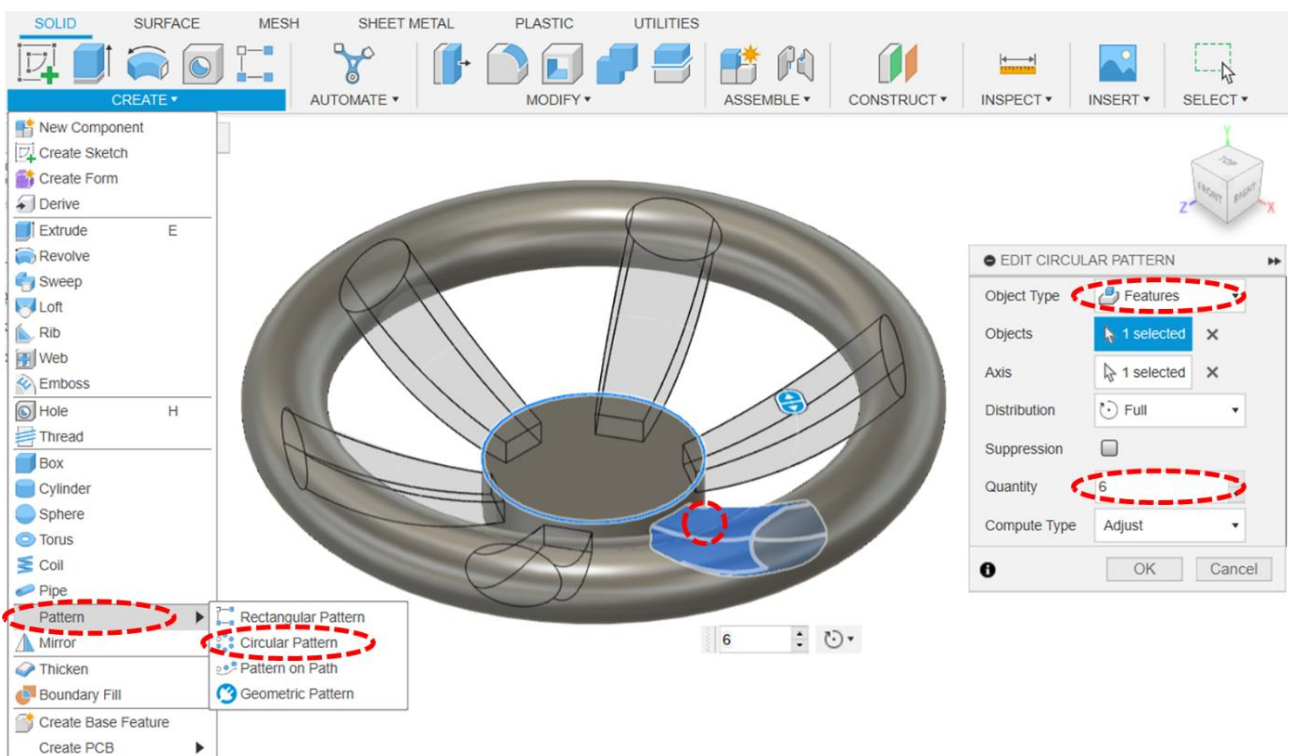


Započnite novu skicu na ravnini XY. Skicirajte kružnicu promjera 7 mm, sa središtem na ravnoj vertikalnoj konturi na kraju značajke Loft, kreirane u prethodnom koraku.

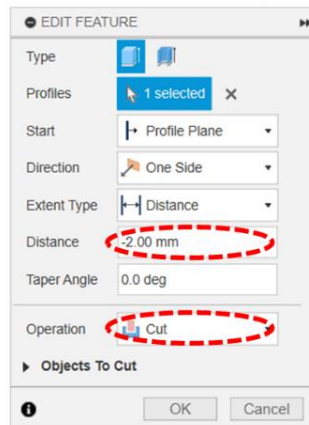


Koristeći značajku Revolve, ekstrudirajte profil kružnice oko osi Y (dovoljno je označiti okrugle bridove ili plohe prve značajke).

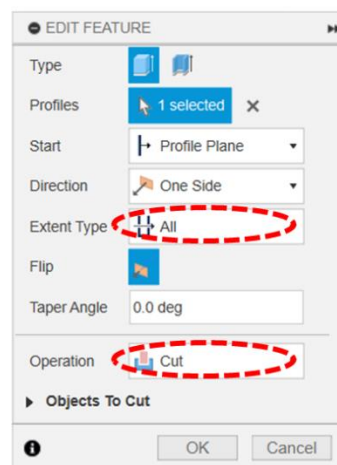
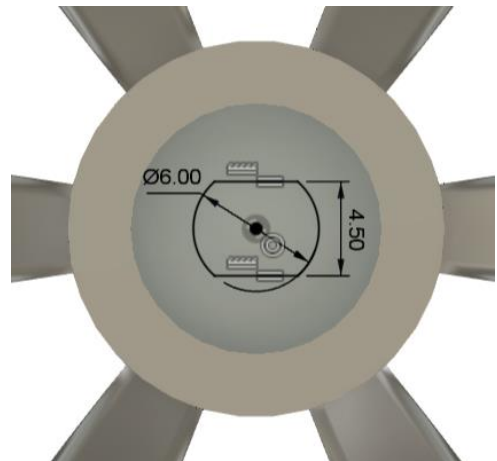
Značajku Loft potrebno je kopirati naokolo, tako da ukupno bude 6 takvih značajki. Za to je potrebno koristiti kružni obrazac, odnosno alat Circular Pattern.



Na gornjoj okrugloj plohi prve značajke započnite novu skicu. Skicirajte kružnicu promjera 12 mm sa središtem u ishodištu. Zatim linearnim ekstrudiranjem napravite okrugli utor dubine 2 mm.



Na okrugloj plohi utora započnite novu skicu. Skicirajte profil zadan na slici i ograničite ga zadanim relacijskim i dimenzijskim ograničenjima. Profil ćete najlakše napraviti tako da najprije skicirate kružnicu promjera 6 mm sa središtem u ishodištu te ju zatim presijecete s dvije horizontalne ravne crte. Viškove možete odrezati koristeći alat Trim. Na kraju, zadajte relacijsko ograničenje tako da su ravne crte iste duljine (*Equal*) i dimenzionirajte razmak između njih 4,5 mm.



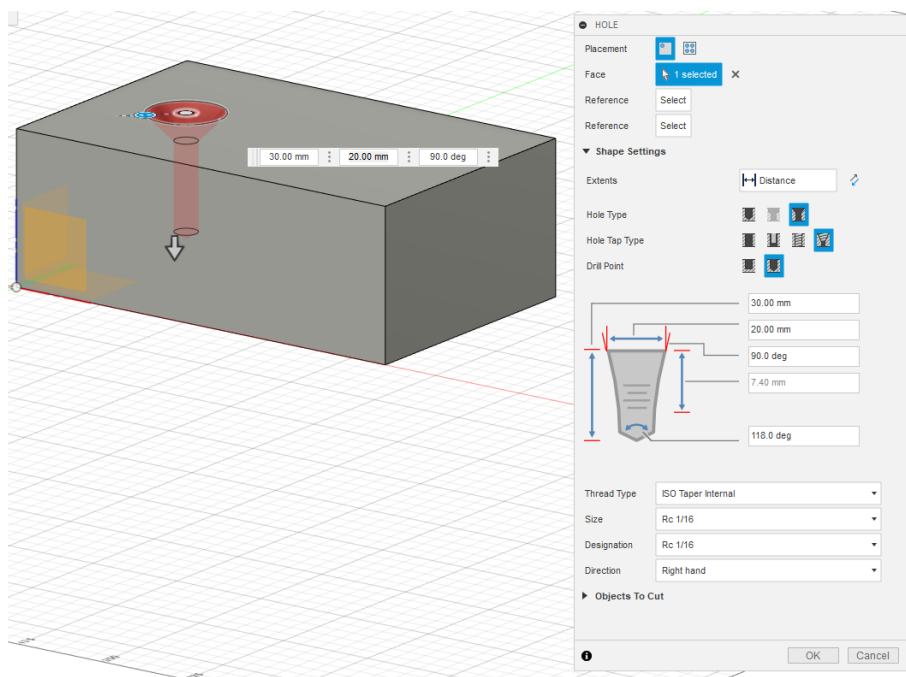
Ne zaboravite spremiti datoteku.

3.12. Izrada dodatnih značajki

Iako se pri izradi 3D modela najčešće koriste navedene osnovne značajke, važna je uloga dodatnih značajki kojima se na različite načine može prilagoditi oblik. Ovo poglavlje sadrži pregled najčešće korištenih dodatnih značajki, koje mogu dodatno pomoći konstruktoru pri oblikovanju modela.

3.12.1. Izrada standardiziranih rupa

U strojarskim primjenama često se upotrebljavaju **rupe** (*Hole*) za npr. pripremu vijčanog spoja (vijak-matica). Za izradu jednog takvog spoja, potrebno je modelirati rupe koje su napravljene prema određenim standardima i pravilima. S ciljem pojednostavljenja modeliranja rupa, Fusion 360 (i mnogi drugi CAD sustavi) nude specijaliziranu značajku koja omogućuje odabir željenog tipa rupe, uključujući preddefinirane geometrije prema međunarodnim normama poput ISO ili DIN. Rupu je moguće izraditi i korištenjem drugih značajki (primjerice, linearnim ekstrudiranjem i/ili ekstrudiranjem oko osi), ali korištenjem specijalizirane značajke, omogućava se unos dodatnih inženjerskih informacija u kreirani model.



Slika 52. Prikaz izrade rupa (Hole) u alatu Fusion 360

Ovaj pristup značajno ubrzava izradu rupa, zahtijevajući samo unos nekoliko osnovnih parametara (nema potrebe za skicom). Za definiranje rupe, potrebno je unijeti svega nekoliko parametara (ovisno o tipu rupe – *Hole Type*) i značajka je izrađena. Osim odabira vrijednosti parametara za definiranje izgleda rupe, nužno je i precizirati lokaciju rupe u određenoj plohi (*Placement*). Pozicioniranje značajke provodi se definiranjem jedne točke (*At point*) ili upotrebom skice kojom se određuje pozicija većeg broja rupa (*From Sketch*). Osim tipa rupe, moguće je detaljnije opisati vrstu i parametre navoja (*Thread*

Type, Size, Direction itd.) te geometriju donjeg dijela rupe u slučaju da je potrebno.

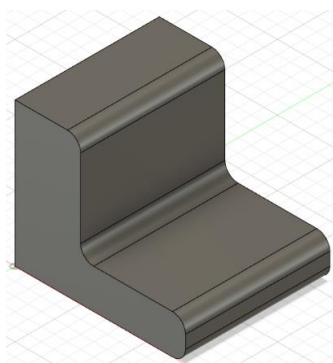
3.12.2. Izrada zaobljenja i skošenja

Primjena značajki zaobljenja (*Fillet*) i skošenja (*Chamfer*) uobičajeno je povezana uz uklanjanje oštih bridova i vrhova tijekom proizvodnih procesa. U tom kontekstu često se koristi pri modeliranju strojarskih uređaja i konstrukcija. Budući da se ove značajke vežu uz pojedine bridove te ih mijenjaju, njihova upotreba preporuča se na kraju kreiranja modela.

Zaobljenja (*Fillet*) predstavljaju zaobljeni prijelaz između dviju ploha (tangentan na obje) te se obično definiraju veličinom polumjera i odabranim bridom. Polumjer je moguće okarakterizirati na različite načine: konstantnom vrijednosti (*Constant*), upotrebom poprečne udaljenosti (*Chord Length*) i varijabilnim vrijednostima (*Variable*). Varijabilan način može biti prilično koristan u slučajevima kad zaobljenje mijenja svoj polumjer duljinom brida. Što se tiče bridova, oni na modelu mogu biti udubljeni (konkavni) i izbočeni (konveksni). Ipak, to značajno ne utječe na mogućnost provođenje navedene operacije.

Važno je naglasiti da je u okviru jedne značajke omogućen odabir većeg broja bridova koje je potrebno „zaobliti“. Preduvjet za takvu upotrebu značajke su jednake vrijednosti veličine polumjera (ili drugih vezanih parametara). Također, osim što je značajku moguće primijeniti na više bridova istovremeno, omogućeno je i zaobljenje više skupova bridova unutar iste značajke. Na primjer, za jednu grupu bridova polumjer zaobljenja je 5 mm, dok je za drugu grupu bridova 2 mm.

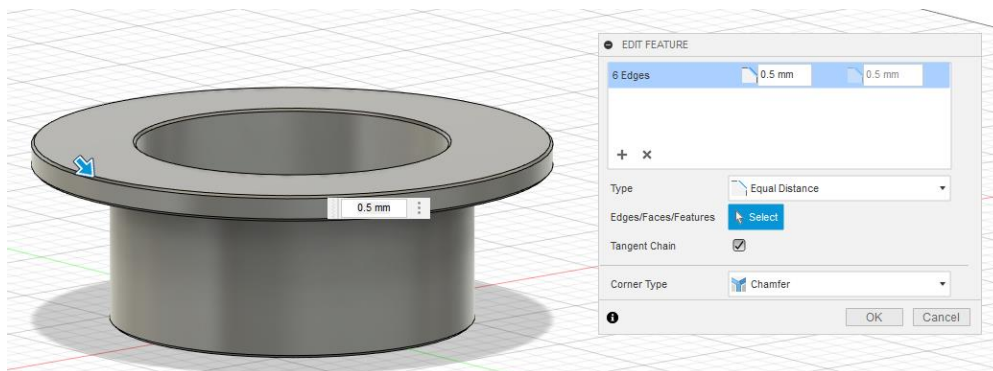
U slučaju primjene značajke zaobljenja većeg broja tangencijalno povezanih bridova, predlaže se uključivanje opcije *Tangent Chain*, koja olakšava označavanje bridova između kojih je tangencijalna relacija (umjesto selektiranja svakog brida zasebno).



Slika 53. Zaobljenja na udubljenim (konkavnim) i izbočenim (konveksnim) bridovima

Za razliku od zaobljenja, prilično slična operacija skošenja (*Chamfer*) svodi se na trokutasti profil koji se proteže određenim bridom. Trokutasti profil definira se duljinama svojih stranica (dvije jednake stranice -*Equal Distance*, ili dvije različite stranice – *Two Distance*) ili duljinom jedne od stranica trokutastog profila zajedno s kutom skošenja (*Distance and Angle*). CAD sustav Fusion također nudi

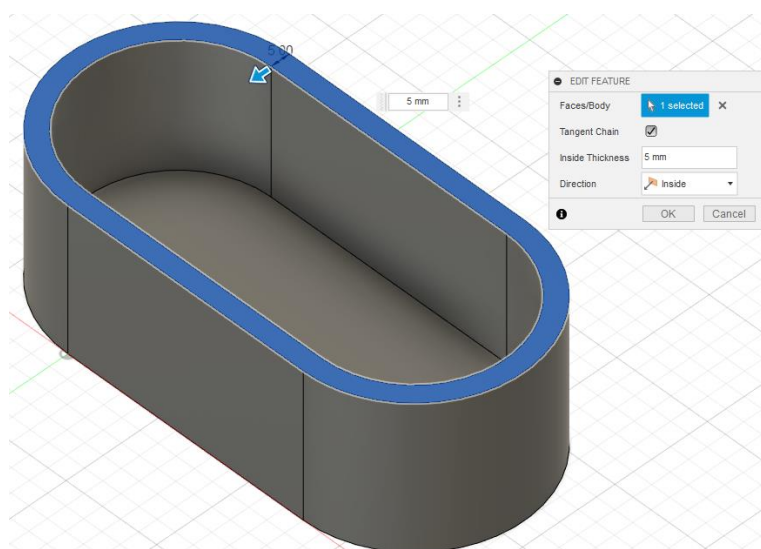
odabir većeg broja bridova ili skupova bridova pri izradi značajke skošenja. Za definiranje spojeva različitih zaobljenja i skošenja u pojedinom vrhu, postoje i dodatne opcije objedinjene pod nazivom – Corner Type.



Slika 54. Izrada višestrukih skošenja u okviru jedne značajke

3.12.3. Izrada ljuski

Još jedna značajka koja se uobičajeno koristi pri završetku izrade modela je – izrada ljuske (*Shell*). Njena upotreba nije toliko česta, ali može biti jako korisna pri izradi različitih „šupljih“ komponenti - spremnika i kućišta, spremnika i sličnih dijelova. Iznimno je jednostavno kreirati ovu značajku, budući da ne zahtijeva skicu, već samo označavanje „otvora“ i debljinu stijenku. Ova značajka zapravo uklanja unutrašnjost određenog oblika te samo ostavlja „ljusku“. Pri izradi se definira i debljina stijenke (*Inside Thickness*), koja je jednaka duž cijele značajke. Inače, CAD sustav Fusion nudi i definiranje debljine stijenke s vanjske strane (*Outside Thickness*) te u oba smjera (*Both*).

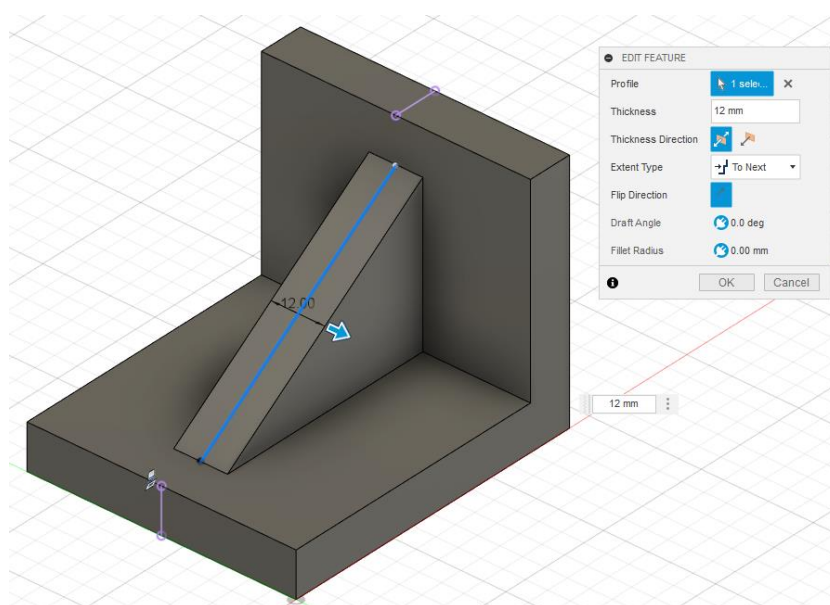


Slika 55. Izrada ljuske

3.12.4. Izrada rebra

Primjene modeliranja u kontekstu injekcijskog prešanja i lijevanja zahtijevaju uvođenje dodatnih elemenata s ciljem ojačavanja cijele strukture. U tom smislu značajka za izradu rebra (*Rib*) može pomoći, jer je namijenjena upravo povećanju čvrstoće i krutosti navedenih konstrukcija.

Za razliku od prethodnih dodatnih značajki, izrada rebra zahtijeva skicu otvorenog profila kako bi se naznačio oblik kreiranog ojačanja. Prvo je potrebno definirati ravninu u koju se smješta skica u prostoru. Zatim, slijedi pozicioniranje rebra u kontekstu skice (između ploha), koja se zatim bira kao traženi profil (*Profile*). Nakon pozicioniranja, slijedi unošenje vrijednosti parametara vezanih uz smjer ekstrudiranja (preddefinirani ili moguća promjena smjera upotrebom opcije *Flip Direction*) i debljinu rebra (*Thickness*).



Slika 56. Izrada rebra

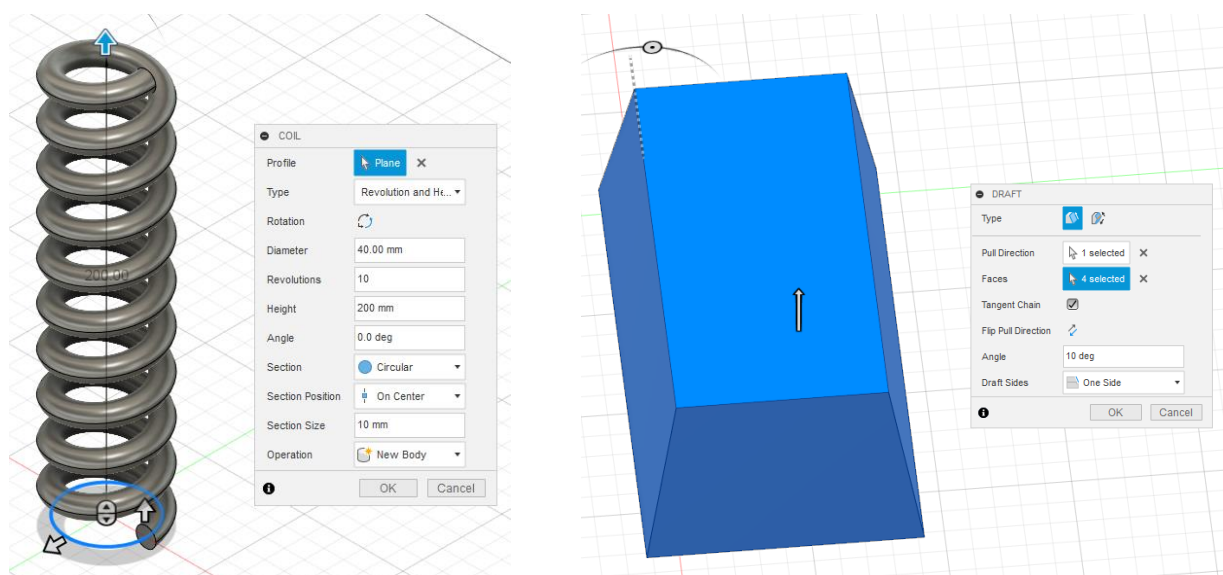
3.12.5. Ostale specijalizirane značajke u CAD sustavu Fusion 360

Na primjeru rupa i rebara, primjetno je da specijalizirane značajke imaju važnu ulogu pri modeliranju. Jednostavno rečeno, specijalizirane značajke pružaju efikasnost i jednostavnost u modeliranju, korištenjem preddefiniranih oblika za brže stvaranje značajki. Umjesto korištenja osnovnih značajki za generiranje kompleksnije geometrije i topologije, specijalizirane značajke u sustavu Fusion 360 ubrzavaju izradu modela. Osim prethodno navedenih, sustav nudi mnoštvo takvih opcija u izbornicima Create i Modify kao što su:

- *Box* – omogućava izradu jednostavnog kvadra unosom njegove pozicije te širine, dubine i visine,
- *Cylinder/Sphere* – omogućava izradu jednostavnog valjka/sfere definiranjem pozicije kružnice (i njenim promjerom) te visinom u slučaju cilindra,
- *Torus* – omogućava izradu rotacijskog tijela u obliku prstena definiranjem njene pozicije, unutarnjeg

promjera te promjera prstena.

- Navedene značajke omogućavaju jednostavnu izradu 3D oblika bez potrebe za dodatnom skicom, već se direktno u dijaloški okvir unose sve potrebne vrijednosti za definiranje geometrije. Važno je istaknuti i neke druge dodatne značajke koji mogu biti prilično korisne pri konstruiranju uređaja i strojeva:
- *Coil* – omogućava izradu zavojnice, dopuštajući različite načine definiranja njene geometrije, upotrebom broja zavoja i ukupne visine (*Revolution And Height*), broja zavoja i koraka zavoja (*Revolution And Pitch*) i ukupne visine i koraka zavoja (*Height And Pitch*). Također, omogućen je izbor različitih vrsta presjeka (*Circular, Square, Triangular*).
- *Pipe* – omogućava izradu cjevastog oblika upotrebom različitih tipova presjeka (*Circular, Square, Triangular*) te njihovim ekstrudiranjem po definiranoj putanji. Šupljina (*Hollow*) se definira upotrebom debljine stijenke (*Section Thickness*).
- *Draft* – omogućava skošavanje ploha već izrađenih značajki upotrebom fiksne ravnine (*Fixed Plane*) ili razdjelne linije (*Parting Line*) te definiranjem smjera skošavanja (*Pull Direction*), ploha koje je potrebno skositi (*Draft Sides*) i kuta skošavanja (*Angle*).



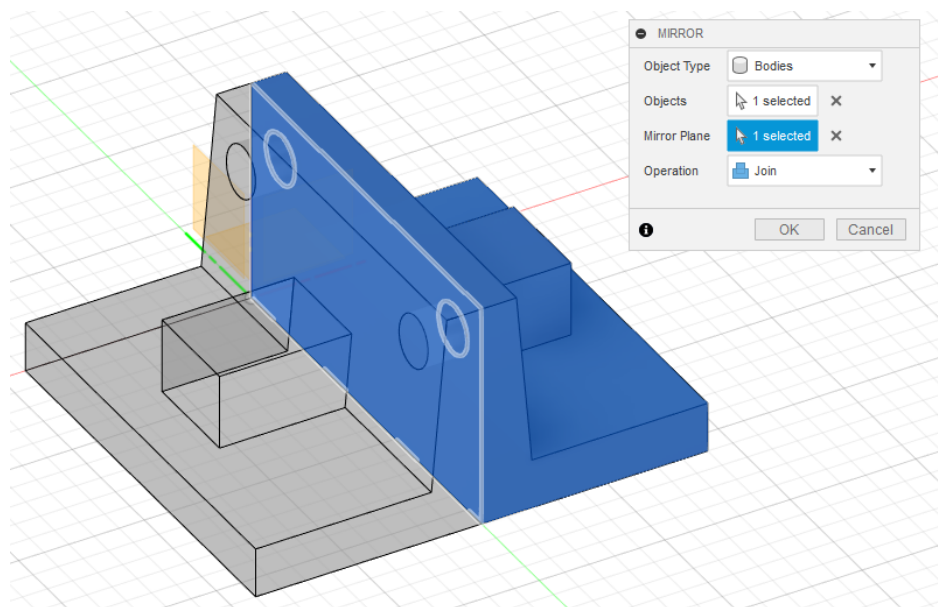
Slika 57. Izrada specijaliziranih značajki: a) Coil, b) Draft

3.12.6. Značajka zrcaljenja

Pojedine značajke koje su prethodno prikazane i objašnjene, ponekad trebaju biti dva ili više puta kreirane u okviru jednog modela. U tom kontekstu, kao jedan od važnijih aspekata pri CAD modeliranju, često se razmatra upotreba simetrije. Naime, simetrija može značajno ubrzati izradu modela te se pri samom planiranju izrade modela taj aspekt treba uzeti u obzir i, u slučaju da je moguće, iskoristiti. Postoji više načina iskorištavanja simetrije u CAD modelima, a kao jedan od najvažnijih nameće se značajka zrcaljenja (*Mirror*).

Značajka zrcaljenja temelji se na upotrebi ravnine simetrije, s ciljem izrade kopije jedne ili više značajki.

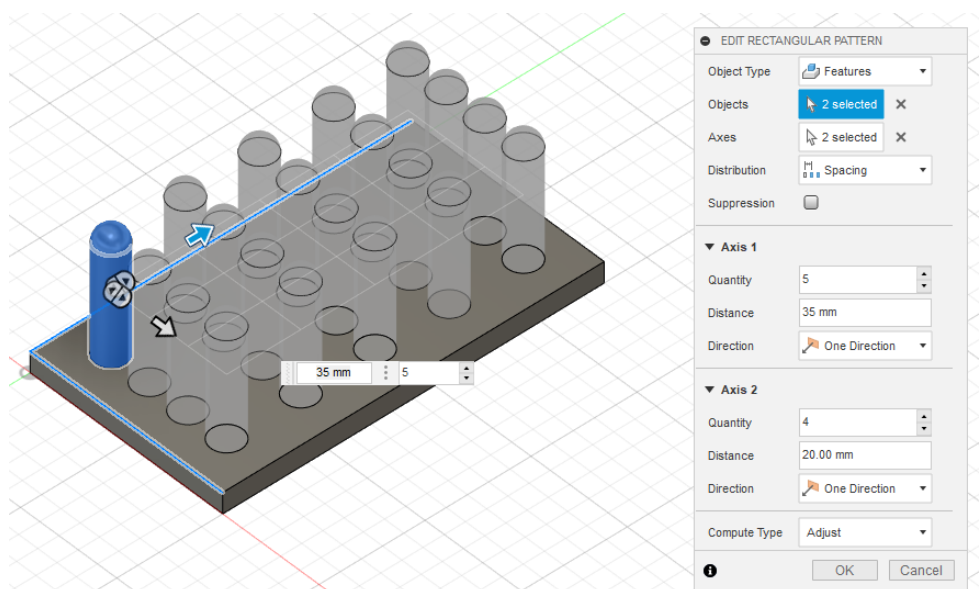
Dakle, značajka uključuje njihov odabir (*Object Type - Features*) te upotrebu ravnine simetrije (*Mirror Plane*). Naredba zrcaljenja rezultira izradom kopije jedne ili više značajki s druge strane ravnine simetrije. Važno je također naglasiti odabir vrste operacije (*Operation*) – spajanje (*Join*). Korištenje zrcaljenja ima mnogo pozitivnih strana , kao što su značajna ušteda vremena i jednostavnost promjene modela.



Slika 58. Izrada značajke zrcaljenja (Mirror)

3.12.7. Izrada obrazaca

Za brzu i jednostavnu izradu većeg broja kopiranih značajki, preporučuje se upotreba obrazaca. Fusion 360 razlikuje tri vrste obrazaca: **pravokutni** (*Rectangular Pattern*), **kružni** (*Circular Pattern*) i **obrasci po putanji** (*Pattern on Path*). Odabir tipa obrasca ovisi o rasporedu ponavljajućih značajki na određenom modelu. Upotrebom ove značajke moguće je znatno brže izraditi veći broj istih značajki, koje bi inače trebalo pojedinačno dodavati modelu. Svi obrasci definiraju se na sličan način te koriste nekoliko glavnih parametara vezanih uz odabir ponavljajućih značajki i specificiranje njihovog rasporeda. Na primjer, pravokutni obrazac (*Rectangular Pattern*) zahtijeva odabir značajki koje želimo ponavljati (*Objects*; npr. izbočenje dobiveno ekstrudiranjem) te odabir smjera ponavljanja (*Axes*; npr. odabirom postojećih ravnina ili bridova), broj ponavljanja (*Quantity*) i način raspodjele značajki (*Distribution*). Za upravljanje izradom pravokutnog obrasca , predlaže se „ručno“ korištenje strelica smjerova na grafičkoj površini, za bolji osjećaj pri definiranju značajke. Primjer pravokutnog obrasca prikazan je na slici u nastavku.

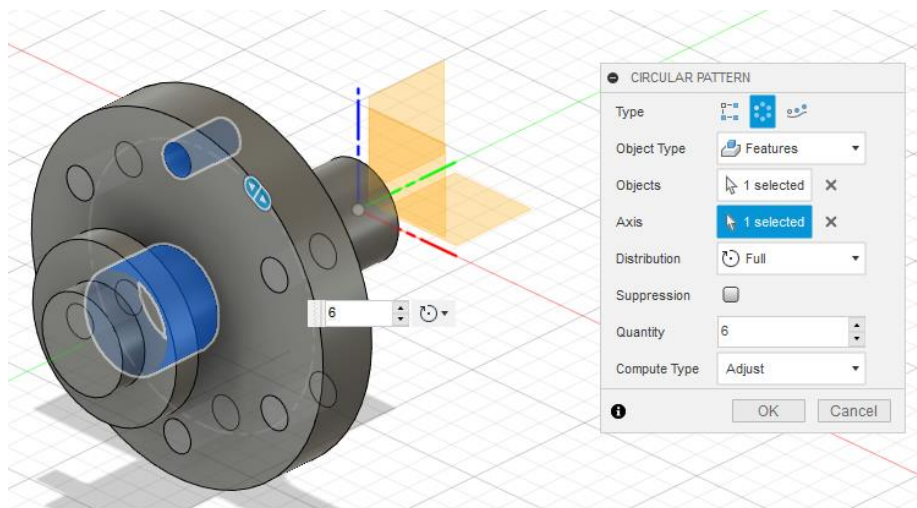


Slika 59. Izrada pravokutnog obrasca

Izrada **pravokutnih obrazaca** u Fusionu omogućava i mnoštvo dodatnih prilagodbi. Naime, raspodjelu broja elemenata u obrascu moguće je definirati pomoću ukupne udaljenosti prvog i zadnjeg elementa (*Extent*) ili drugom opcijom koja uključuje definiranje udaljenosti između dva najbliža elementa (*Spacing*). Naravno, moguće je kreiranje obrazaca u jednom smjeru (*One Direction*) ili simetrično u oba smjera (*Symmetric*), duž odabrane osi ponavljanja. Za dodatnu preciznost ili povećavanje brzine izrade obrazaca koristi se *Compute Type* koji obuhvaća tri načina izračuna geometrije – optimiziran (*Optimized*), identičan (*Identical*) i prilagođen (*Adjust*). Optimiziran način je najbrži, jer koristi površine značajki za kreiranje kopija, dok identičan način podrazumijeva kopiranje cijelih značajki. Prilagođen način je najsporiji, jer se temelji na ponovnom izračunavanju svakog ponovljenog elementa (gotovo kao da se pojedinačno izrađuje svaka ponovljena značajka).

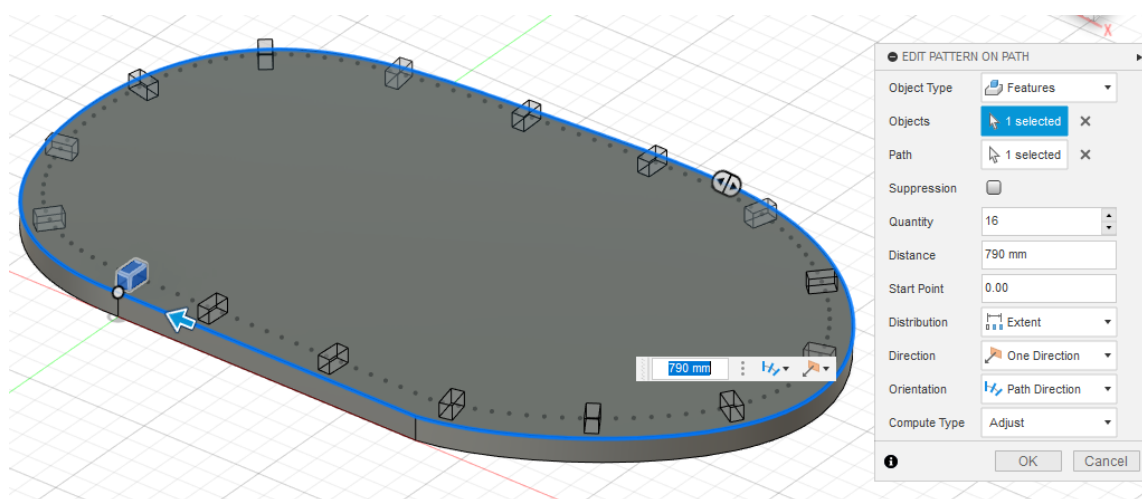
CAD sustav Fusion unutar opcije izrade pravokutnih obrazaca omogućava jednostavnu izmjenu tip obrasca (*Type*) – na taj način, korisnik može lako promijeniti u kružni obrazac (*Circular Pattern*) ili obrazac po putanji (*Pattern on Path*).

Kružni obrazac, kao što sam termin opisuje, podrazumijeva kružni raspored ponavljajućih značajki, Definicija značajke uključuje izbor ponavljajuće značajke (*Objects*), osi rotacije (ili brida ili značajke cilindričnog oblika; *Axis*), kutne raspodjele ponavljanja (*Distribution*) te broja ponavljanja (*Quantity*). Kao i kod pravokutnih obrazaca, moguće je rasporediti elemente obrasca po punom krugu (*Full*), na dijelu kruga (*Partial*) ili simetrično (*Symmetric*). Ova značajka također se izračunava na iste načine (*Optimized, Identical, Adjust*) kao i linerani obrasci.



Slika 60. Izrada kružnog obrasca

Izrada **obrazaca po putanji** upotrebljava se u slučaju zahtjevnijih putanja po kojima se moraju izraditi ponavljajući obrasci. Većina opcija slična je kao i u prethodne dvije značajke, ali ovdje je važnije napomenuti ulogu orijentacije značajke (*Orientation*), koja može ostati ista kao kod izvorne značajke koja se ponavlja (*Identical*) ili se može prilagođavati putanji (*Path Direction*).



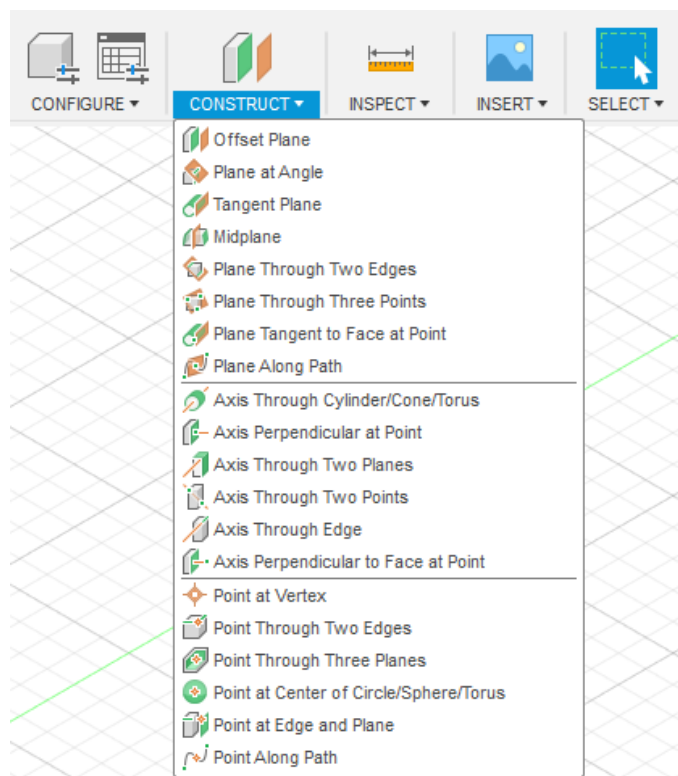
Slika 61. Izrada obrasca po putanji

U sva tri navedena tipa obrazaca, najčešće ćete kao tip objekta (*Object Type*), odabrati značajke (*Features*). Prilično korisna opcija pri izradi obrazaca također je izbjegavanje izrade pojedinog elementa obrasca (*Supression*), čime je moguće uklanjanje elementa koji npr. nije prikladan za ostatak geometrije modela (tj.nije u skladu s nekim izbočinama ili udubljenjima na modelu).

3.12.8. Izrada dodatne pomoćne geometrije

U okviru opisa prethodnih značajki, lako je primijetiti da je za pojedine značajke potrebno uvesti nove

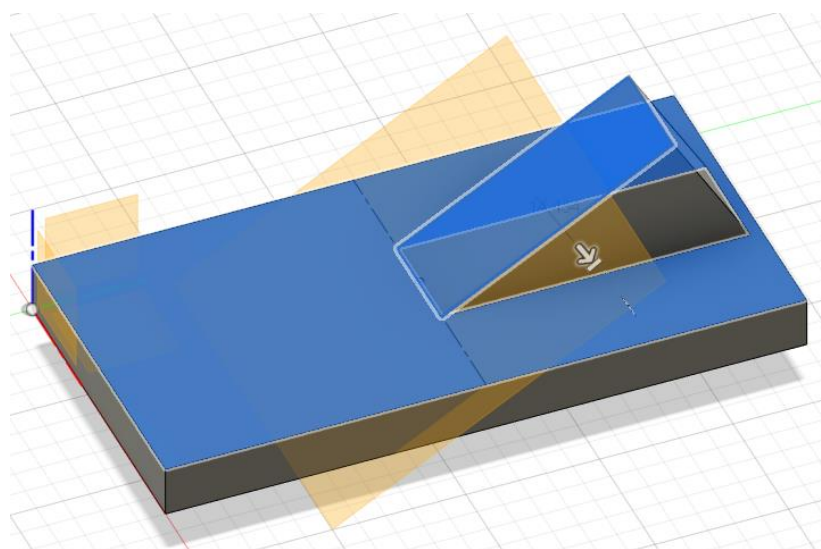
geometrijske elemente koji služe za referenciranje i pomažu pri pozicioniranju tijekom izrade značajke. Ti elementi pripadaju grupi dodatne pomoćne geometrije (*Reference Geometry*) koja uključuje **ravnine** (*Plane*), **osi** (*Axis*) ili **točke** (*Point*). Ovi elementi imaju sličnu ulogu pri izradi značajki, kao i elementi skice s konstrukcijskom ulogom pri izradi skica. Navedene mogućnosti izrade dodatne pomoćne geometrije, nalaze se u padajućem izborniku Construct. U padajućem izborniku moguće je primijetiti da postoje različite varijante izrade dodatne pomoćne geometrije, podijeljene u tri grupe – vezane uz ravnine, osi i točke.



Slika 62. Vrste opcija za izradu dodatnih ravnina, osi i točaka u padajućem izborniku Construct

Dodatna pomoćna geometrija može pomoći pri izradi različitih značajki, primjerice, obrazaca ili značajki zrcaljenja, tijekom kojih se često upotrebljavaju naknadno izrađene ravnine upotrebom ovih opcija. Naime, početni skup ravnina često nije dovoljan za definiciju i izradu svih traženih značajki te se u tom slučaju kreiraju dodatne ravnine. Izrada novih elemenata pomoćne geometrije iznimno je važna, jer pruža konstruktoru veliku fleksibilnost pri izradi traženih oblika. Pri modeliranju krutim tijelima postoji više učestalih načina izrade ravnina, ali neki od najčešćih uključuju:

- paralelni pomak od ravnine/ravne plohe/površine – Offset Plane,
- kutni pomak od ravnine/ravne plohe/površine – Plane at Angle,
- izrade tangentne ravnine na zakrivljenoj površini – Tangent Plane,
- izrada središnje ravnine između dviju paralelnih ravnina – MidPlane.



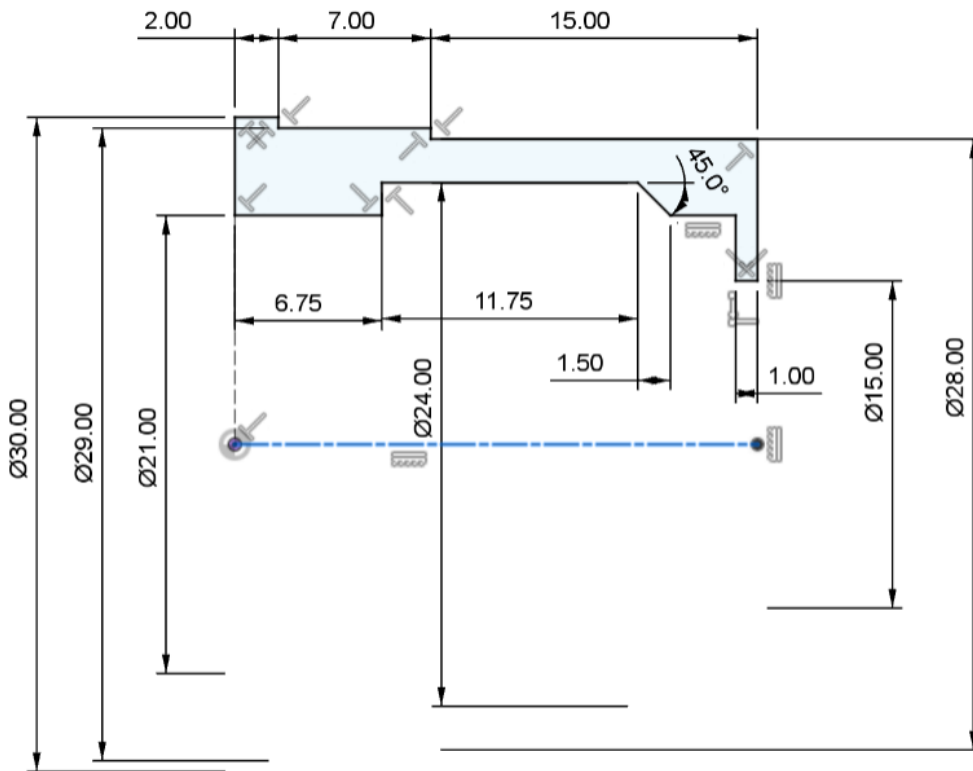
Slika 63. Upotreba dodatne pomoćne ravnine (Plane at Angle) za izradu značajke

3.12.9. Upotreba kratice

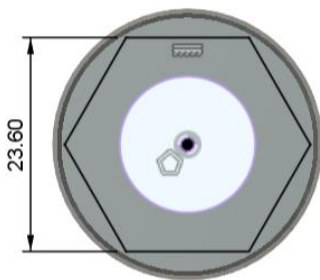
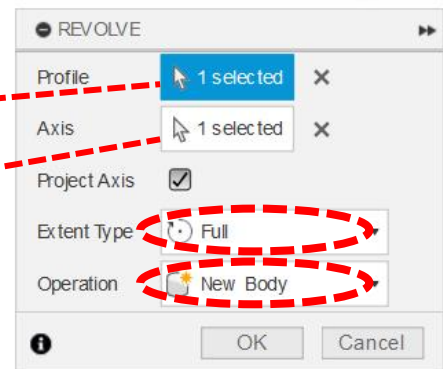
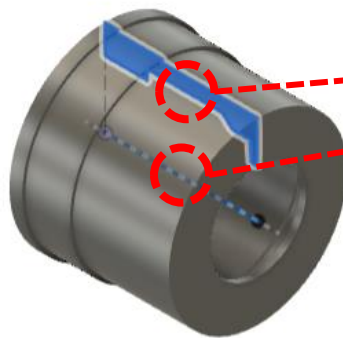
Sustav Fusion 360 omogućava brži izbor naredbi i opcija upotrebom različitih kratice. Na sljedećoj tablici nalaze se neke od ranije spomenutih naredbi i opcija (vezane uz skice i 3D značajke) te njima dodijeljene kratice. Naravno, njih je moguće dodatno podešavati i prilagođavati upotrebom opcije *Change Keyboard Shortcut*, koja se nalazi u okviru dodatnih opcija pojedine značajke (*More*) u padajućim izbornicima alatnih traka.

Extrude	E
Hole	H
Model Fillet	F
Display Component Colors	Shift+N
Line	L
2-point Rectangle	R
Center Diameter Circle	C
Trim	T
Offset	O
Measure	I
Project	P
Normal / Construction	X
Sketch Dimension	D
Sketch Coincident Constraint at Midpoint	Shift
Delete	Del

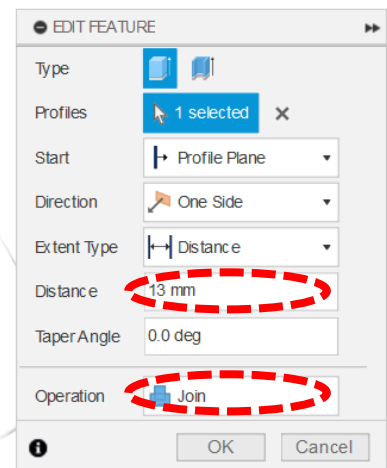
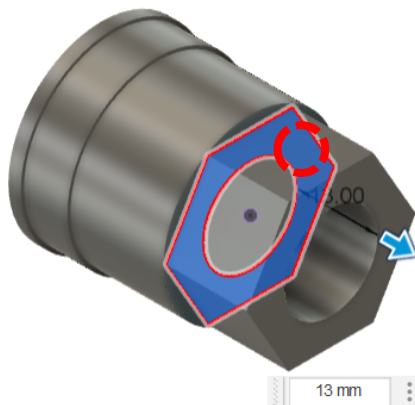
Tablica 1. Kratice na tipkovnici dodijeljene različitim opcijama vezanim uz skice i 3D značajke



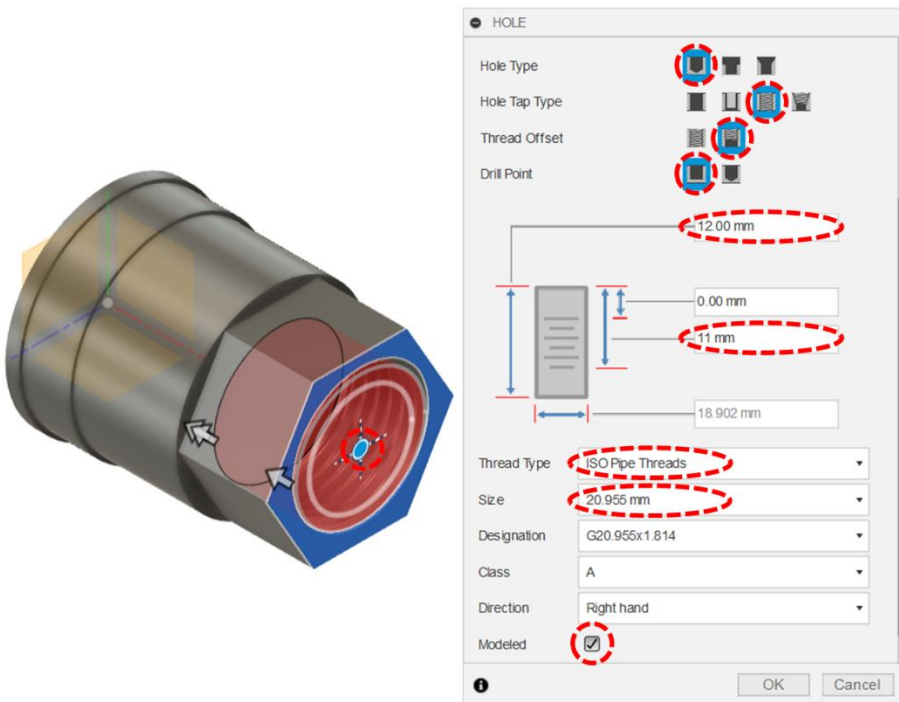
Na manjoj okrugloj plohi (oblika kružnog vijenca) započnite novu skicu. Skicirajte šesterokut i projicirajte unutarnji brid u obliku kružnice. Dvije stranice šesterokuta moraju biti horizontalne (relaciju je dovoljno zadati samo jednoj), a razmak između njih 23,6 mm.



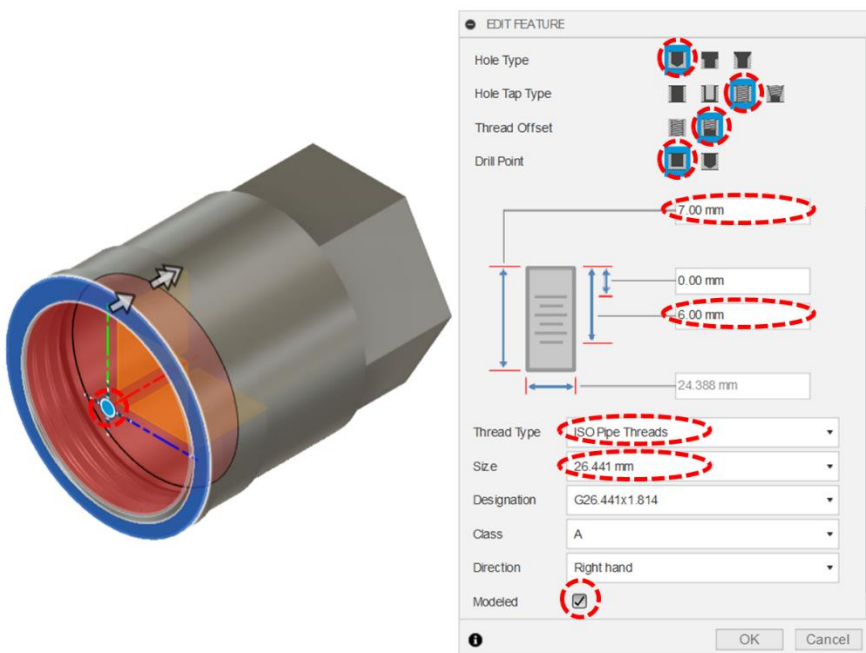
Ekstrudirajte zadani profil suprotno od modela u duljini od 13 mm uz spajanje s postojećim modelom (Join).



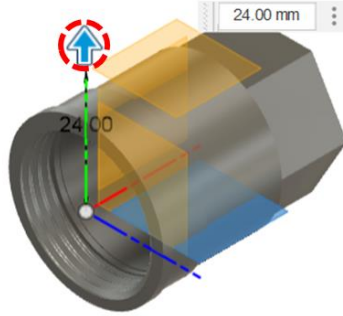
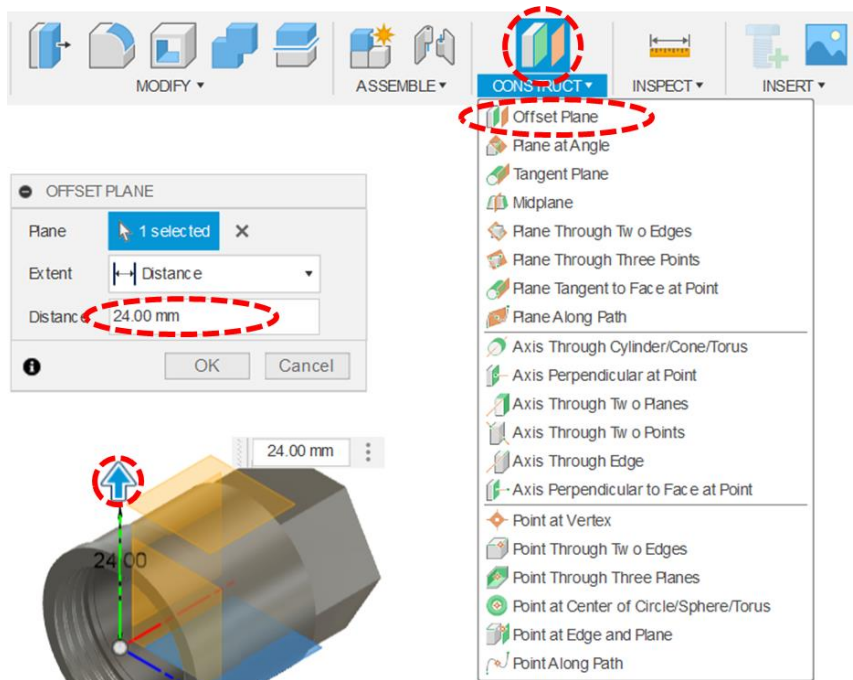
Pomoću alata za izradu provrta (Hole), dodajte navoje rupama na krajevima kućišta. Na užoj rupi dodajte provrt s ISO cjevastim navojem promjera 20,955 mm, dubine 12 mm (od čega je dubina navoja 11 mm). Provrt mora imati ravno dno (Drill Point: Flat). Središte provrta je sredina šesterokutne plohe, a provrt prodire u model. Uključite stvarni prikaz navoja (Modeled).



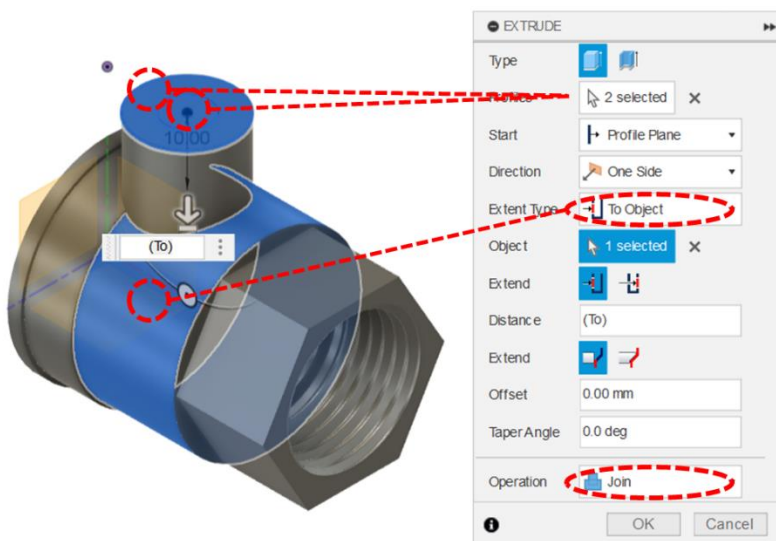
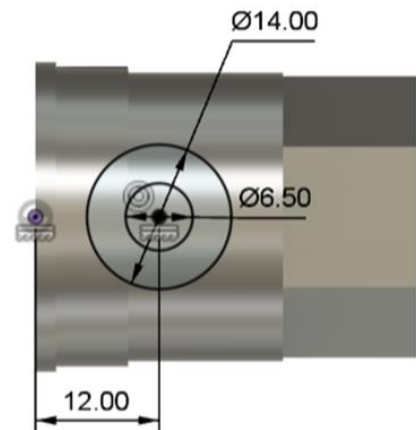
Na suprotnoj strani (gdje se nalazi šira rupa) pomoću alata za izradu provrta (Hole), dodajte provrt s ISO cjevastim navojem promjera 26,441 mm, dubine 7 mm (od čega je dubina navoja 6 mm). Provrt mora imati ravno dno (Drill Point: Flat). Središte provrta je sredina plohe oblika kružnog vijenca, a provrt prodire u model. Uključite stvarni prikaz navoja (Modeled).



Izradite novu ravninu (Offset plane), paralelnu s ravninom XZ i od nje udaljenu 24 mm u smjeru osi Y.

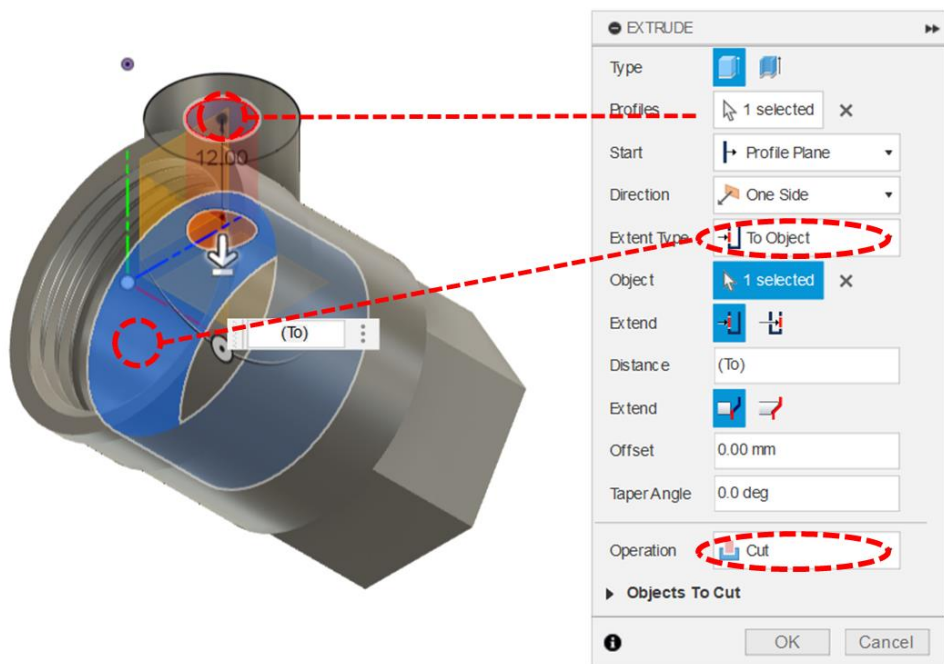


Na novoj ravnini izradite novu skicu – dvije koncentrične kružnice, čije je središte horizontalno poravnato s ishodištem i od njega udaljeno 12 mm. Promjer veće kružnice mora biti 14 mm, a manje 6,5 mm.

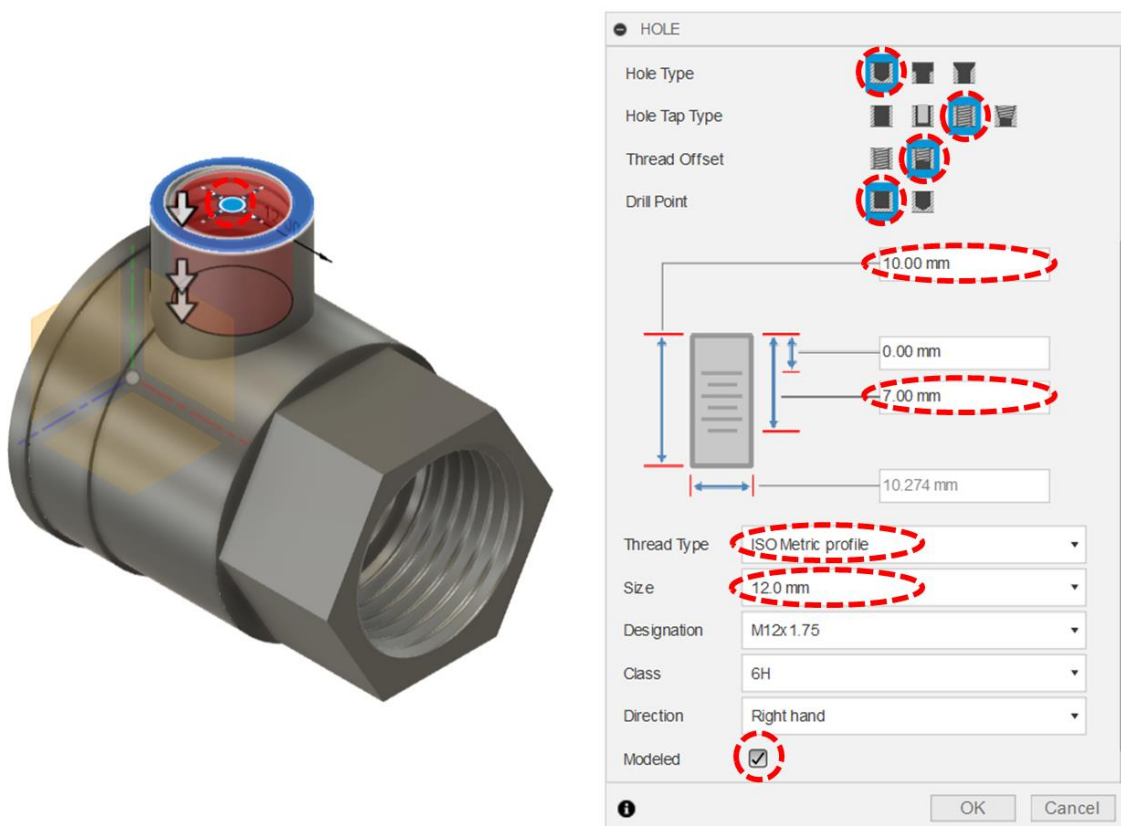


Ekstrudirajte profil koji uključuje obje kružnice do modela i spojite ga s njim (Join).

Koristeći istu skicu ponovno provedite operaciju ekstrudiranje, ali ovaj put samo s profilom unutarnje kružnice, oduzimajući pri tome materijal do unutarnjih ploha modela. Rezultat bi trebao biti provrt koji prodire do unutaršnjosti kućušta.

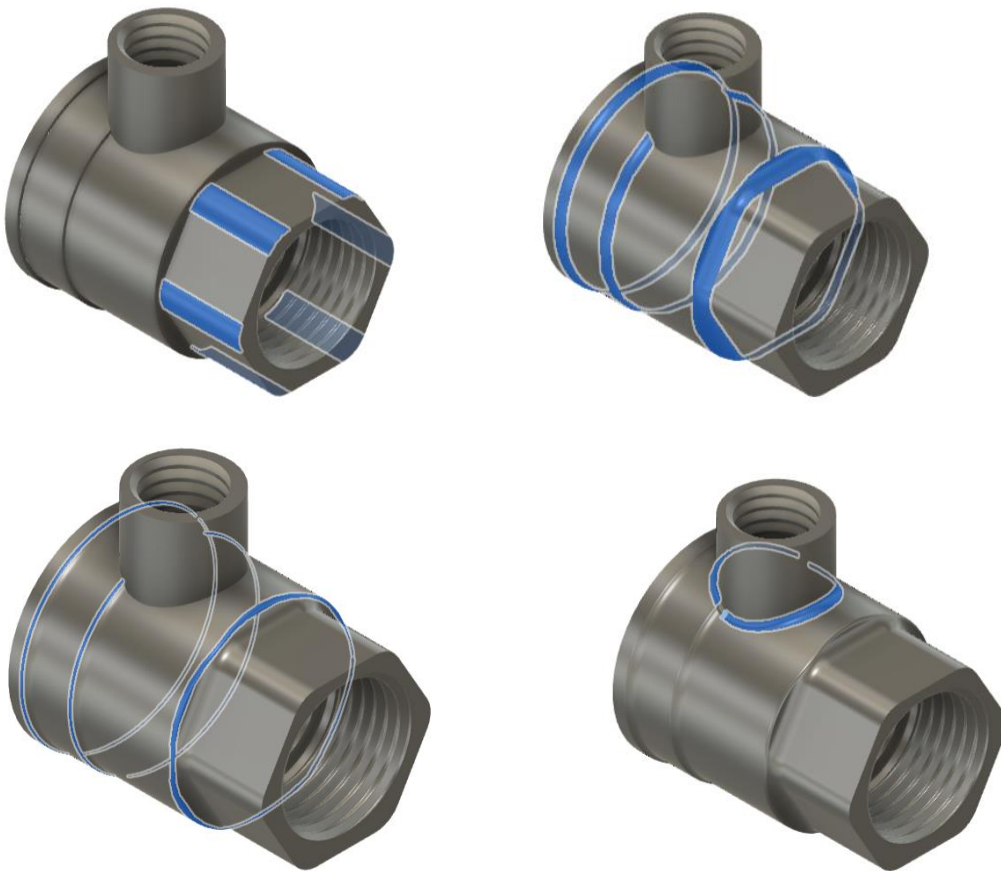


Na gornjoj okrugloj plohi, na kojoj se nalazi prethodno kreirana skica, pomoću alata za izradu provrta (Hole), dodajte provrt s ISO metričkim navojem M12x1,75, dubine 10 mm (od čega je dubina navoja 7 mm). Provrt mora imati ravno dno (Drill Point: Flat). Središte provrta je sredina plohe oblika kružnog vijenca, a provrt prodire u model. Uključite stvarni prikaz navoja (Modeled).



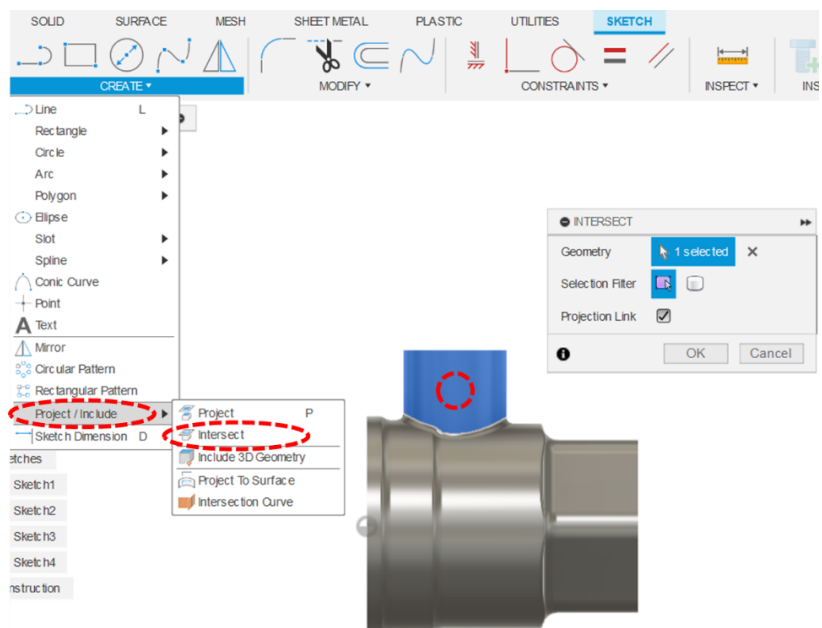
Pomoću alata za izradu zaobljenja (Fillet) zaoblite sljedeće bridove modela:

- Uzdužne bridove šesterokutne značajke na polumjer od 4 mm
- Konkavne okrugle bridove na stupnjevanim prijelazima na polumjer od 2 mm
- Konveksne okrugle bridove na stupnjevanim prijelazima na polumjer od 0,5 mm
- Brid na mjestu prodora cilindrične značajke u tijelo kućišta na promjer od 1 mm

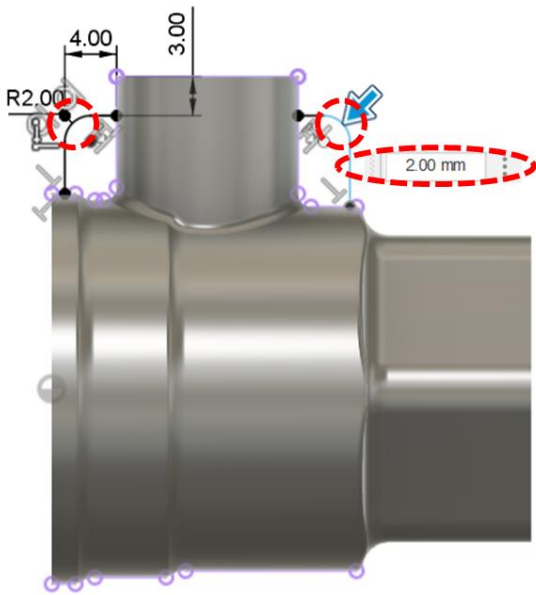
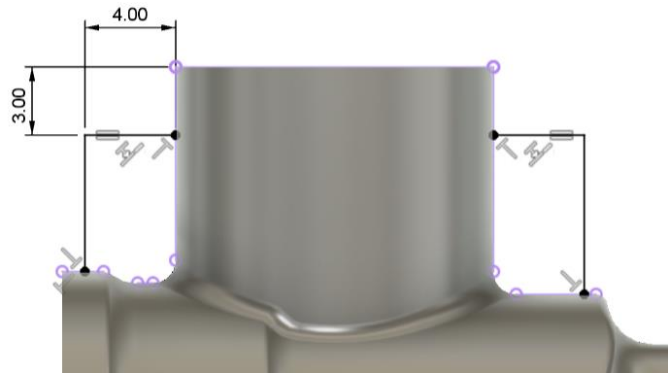


U ravnini XY izradite novu skicu. Pomoću alata za presijecanje geometrije (Intersect) preslikajte linije koje se nalaze na mjestu gdje se plašt vertikalnog cilindra siječe s ravninom skice.

Ponovite isto za horizontalne cilindre.

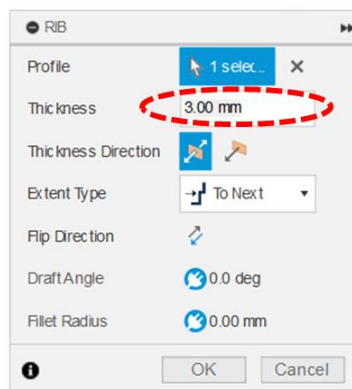
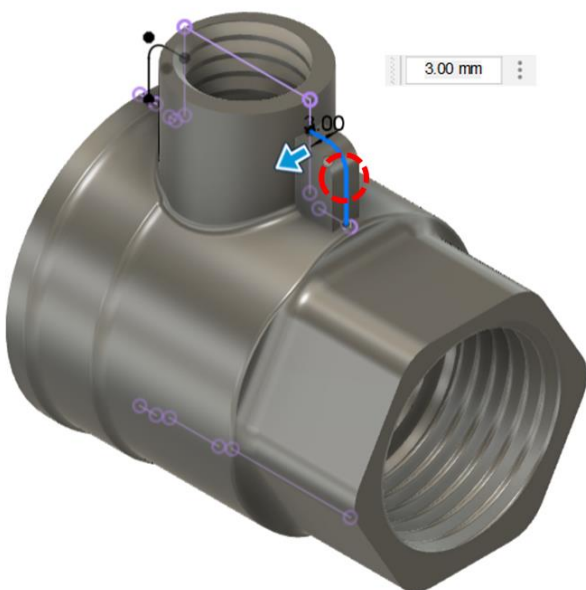


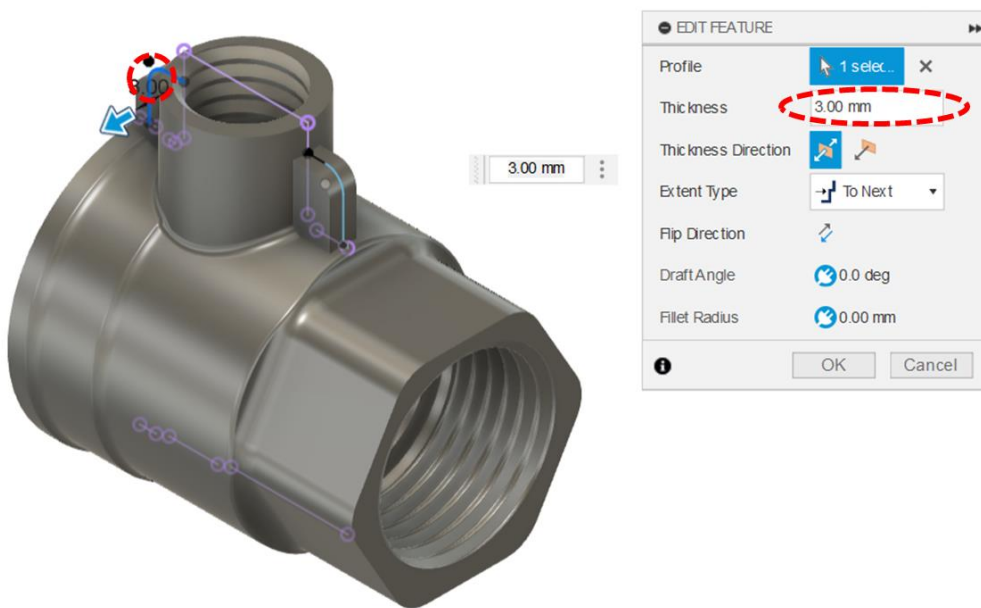
Nadalje na temelju projiciranje geometrije skicirajte profile prema slici – dva para međusobno okomitih ravnih linija koje dodiruju projiciranu geometriju.



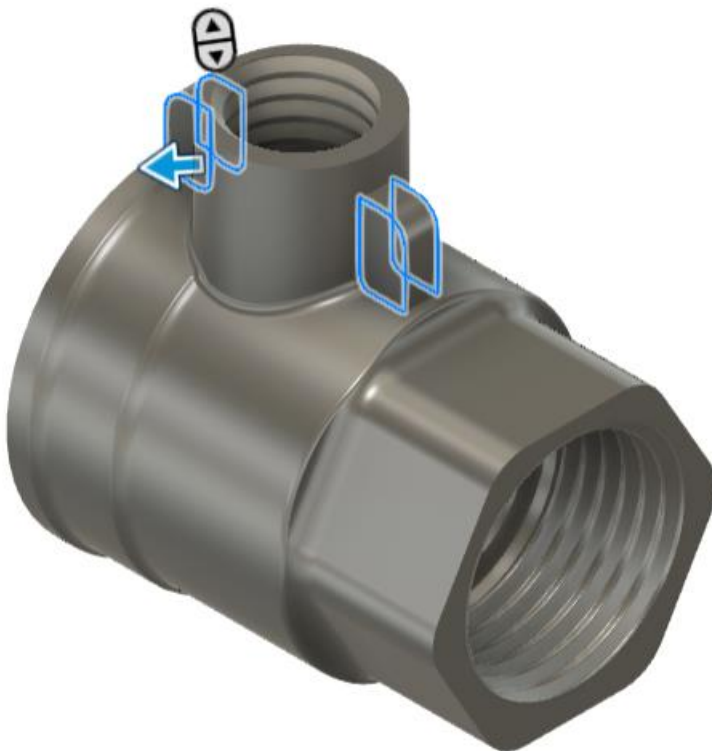
Pomoću alata za zaobljenje elemenata u skici (Fillet), zaoblite vrhove gdje se parovi ravnih linija spajaju na polumjer od 2 mm.

Pomoću alata za izradu rebra (Rib) ekstrudirajte zadane profile u debljini od 3 mm. Ovu operaciju je potrebno provesti za svako rebro posebno.





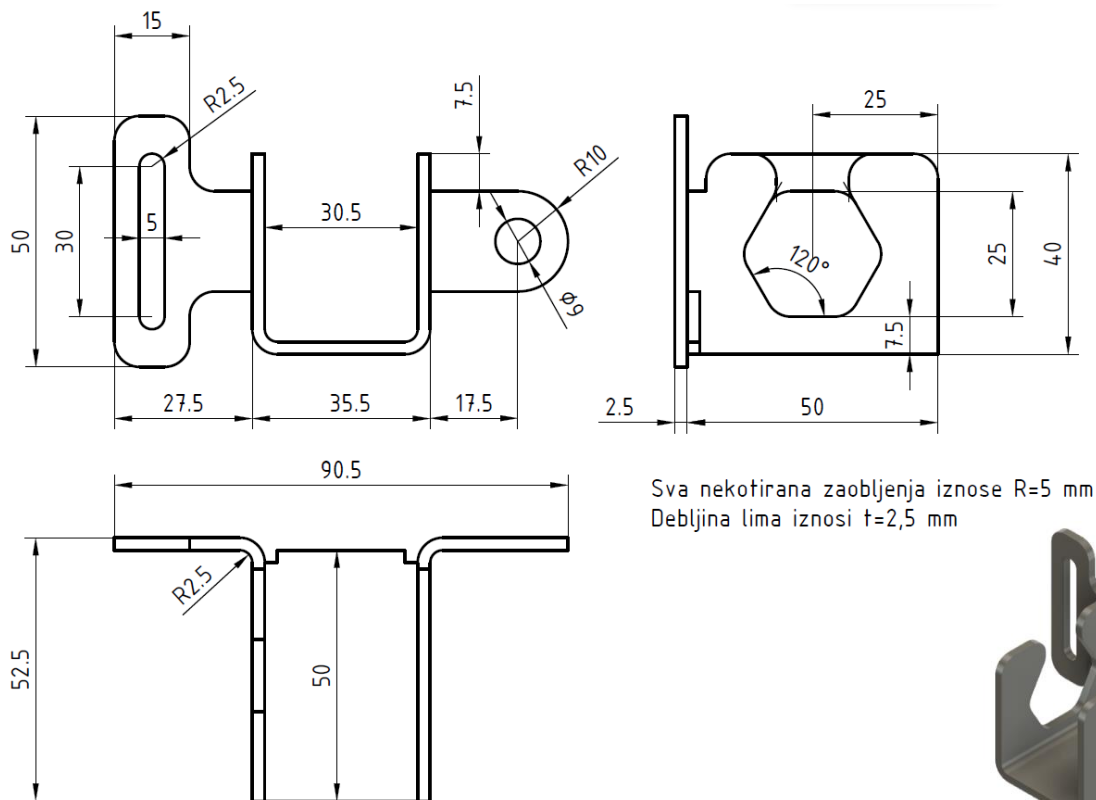
Pomoću značajke za izradu zaobljenja (Fillet) zaoblite bridove rebra na polumjer od 0,5 mm.



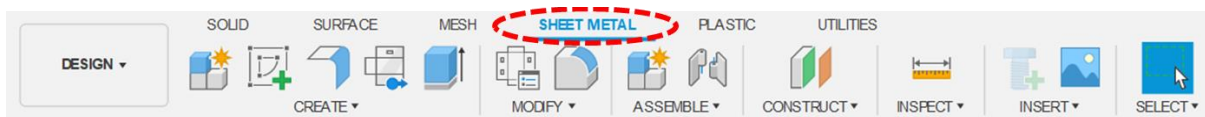
Ne zaboravite spremiti model.

3.14. Vježba 11: Modeliranje dijela od lima

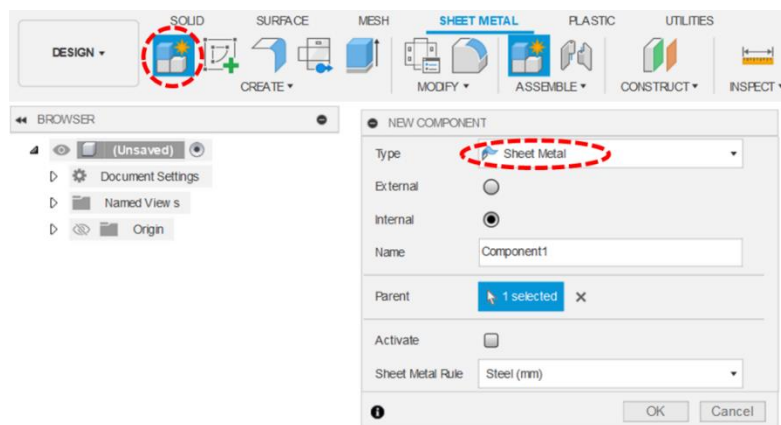
U ovoj vježbi predstaviti ćemo modeliranje dijelova koristeći alate za oblikovanje lima (Sheet Metal). Karakteristika dijelova izrađenih od lima je njihova jednolika debljina duž cijele geometrije. Uz to, često se pri njihovom oblikovanju koriste jednoliki polumjeri savijanja. Tehnički crtež limenog nosača kojeg je potrebno modelirati prikazan je na slici.



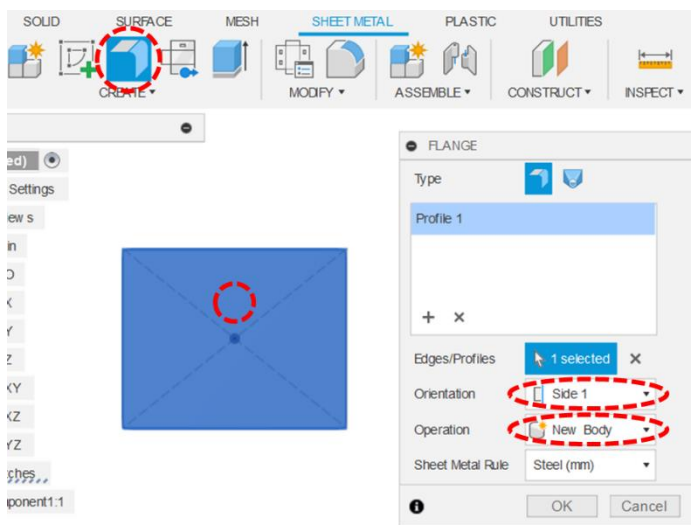
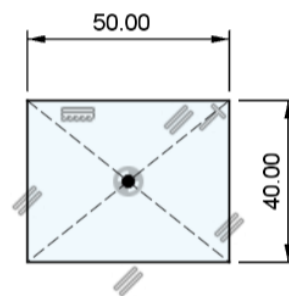
Izradite novi dokument i spremite ga pod nazivom Limeni nosač. Uključite jezičak Sheet Metal.



U sklopu dokumenta izradite novu komponentu vrste Sheet Metal.



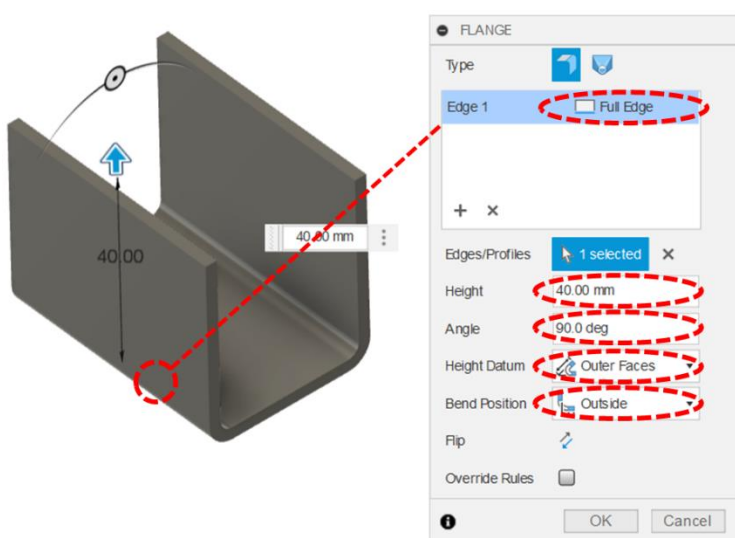
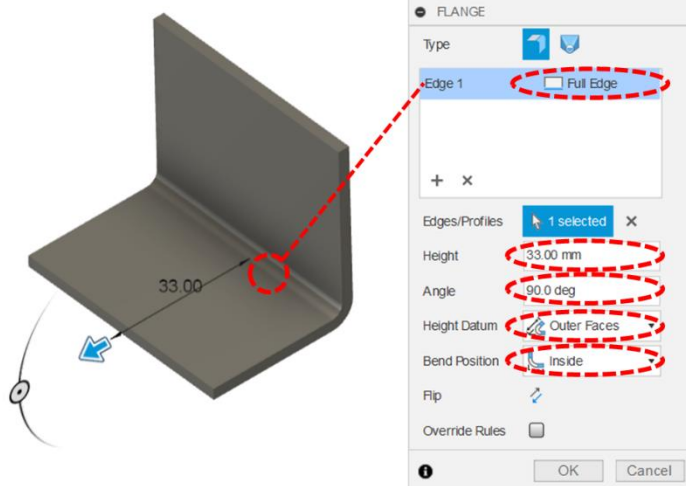
Izradite novu skicu na ravnini YZ napravite skicu pravokutnika sa središtem u ishodištu (Center Rectangle), širine 50 mm i visine 40 mm.



Koristeći alat za izradu prirubnice (Flange), pretvorite skicirani profil u lim. Rezultat neka bude novo tijelo.

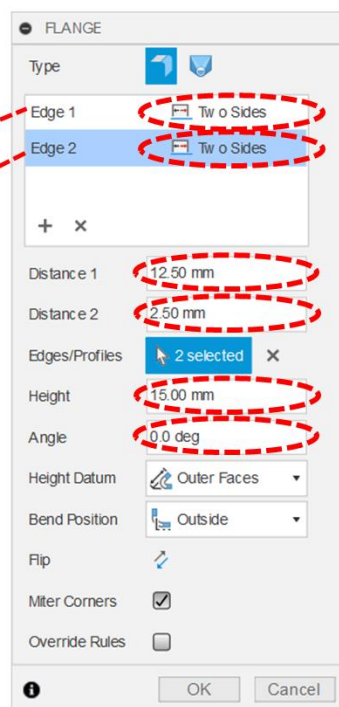
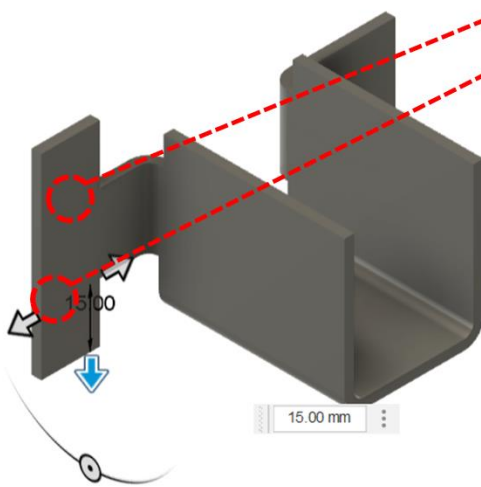
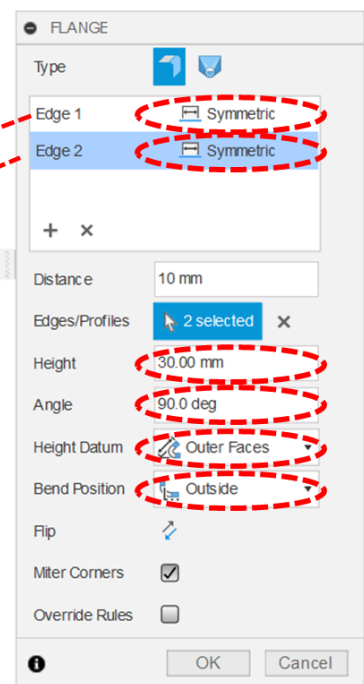
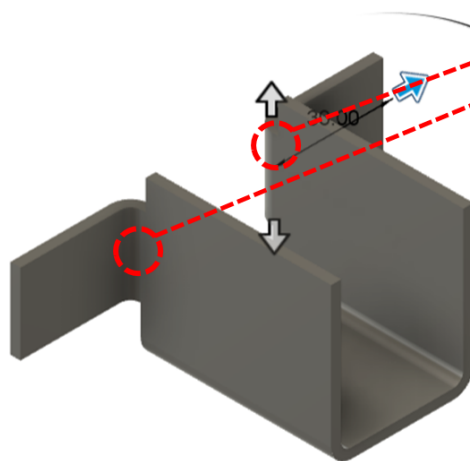
Primijetite da je ovom operacijom od profila izrađen lim, a da niste morali zadati njegovu debljinu. Naime, limu je dodijeljena zadana debljina, koju je moguće naknadno prilagoditi.

Koristeći alat prirubnice (Flange) izucite prirubnicu lima na donjem bridu modela. Prirubnica neka bude zakrenuta za 90° i duljine 33 mm od vanjske plohe (Height Datum: Outer Faces), sa savijanjem s unutarnje strane (Bend Position: Inside). Savijanje mora biti duž cijeloga brida (Full Edge).



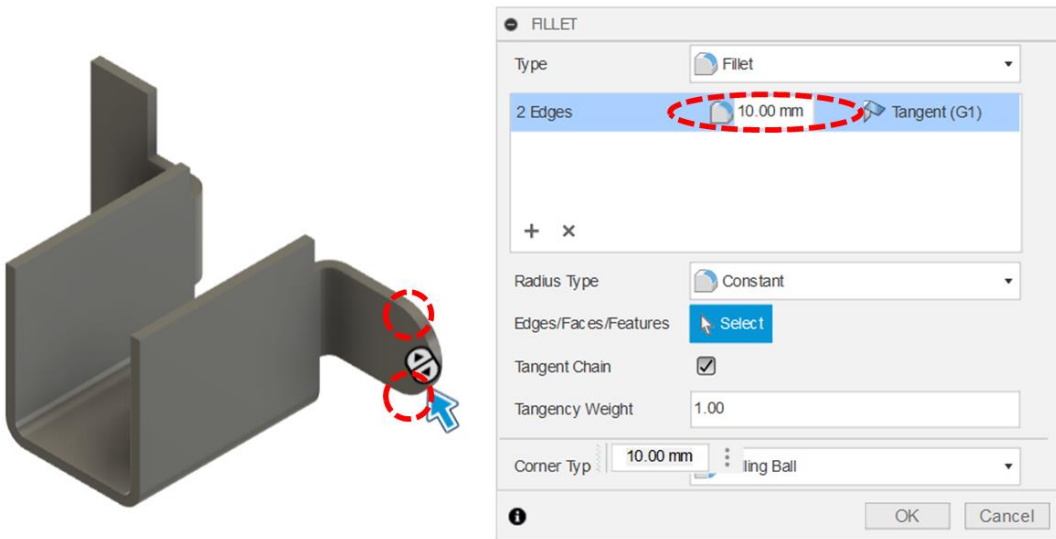
Ponovno pokrenite alat prirubnice (Flange), ali ovaj put na unutarnjem bridu koji je nastao u prethodnom koraku. Ponovno je kut savijanja 90°, no ovog puta definira se vanjsko savijanje (Bend Position: Outside) i duljina prirubnice 40 mm.

Ponovno upotrijebite alat za izradu prirubnice (Flange) i označite vanjske rubne bridove komponente s obje strane (prema slici). Ovog puta savijanje nije duž cijeloga ruba, već simetrično po 10 mm od sredine odabranih bridova (ukupno 20 mm). Kut savijanja je 90°, savijanje je s vanjske strane (Bend Position: Outside), a duljina prirubnice 30 mm.

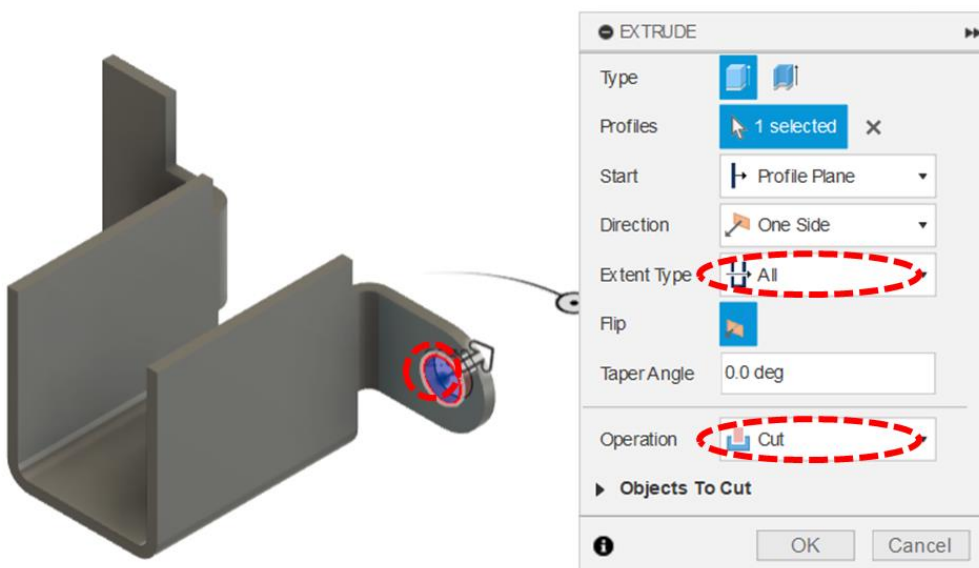
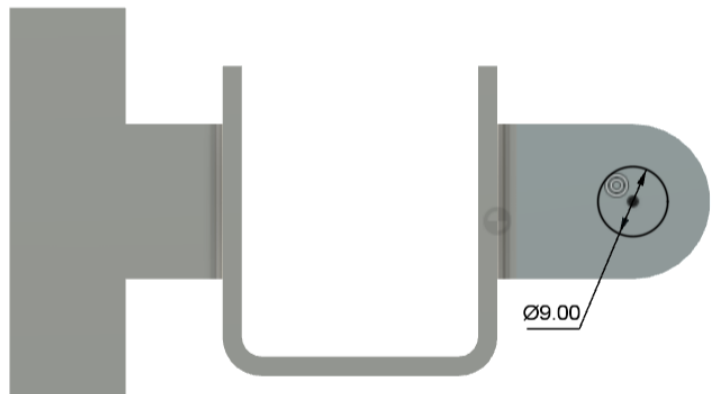


Novonastalu prirubnicu s lijeve strane proširite u visinu koristeći alat za izradu prirubnice (Flange), ali ovaj put, umjesto savijanja, unesite kut od 0°. Duljina prirubnica neka bude 15 mm, a širina 12,5 mm od sredine brida u lijevu stranu i 2,5 mm u desnu. Za to je potrebno umjesto opcije prirubnice, cijelom duljinom brida odabrati opciju dvostranog definiranja (Two Sides).

Vrhove prirubnice s desne strane zaoblite na polumjer od 10 mm pomoću alata za izradu zaobljenja (Fillet).

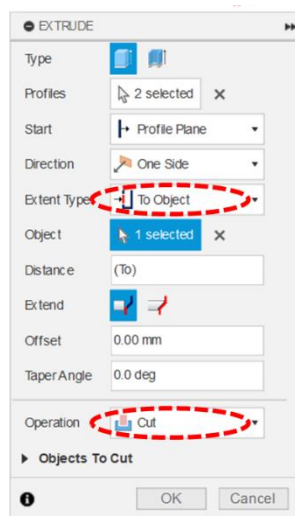
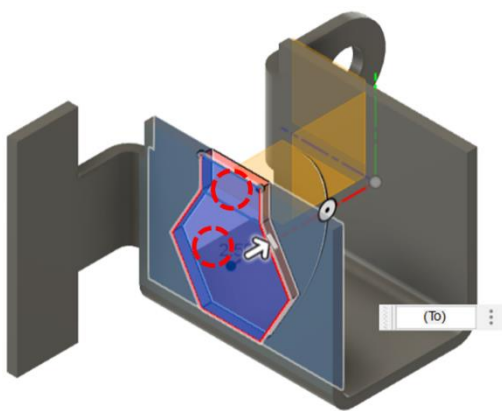
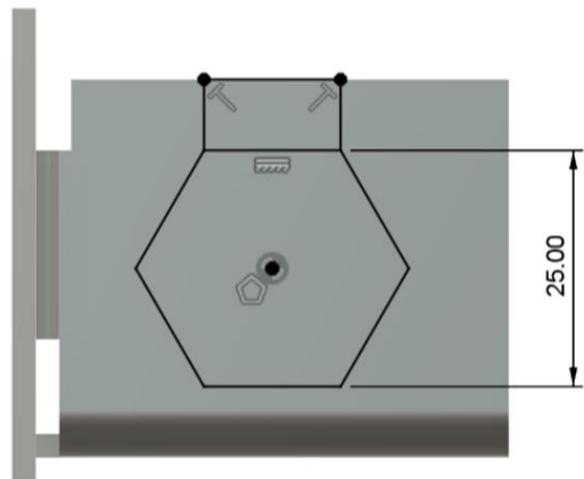


Na prednjoj plohi iste prirubnice napravite novu skicu. Skicirajte kružnicu promjera 9 mm koja je koncentrična u odnosu na izrađena zaobljenja i pomoću alata za ekstrudiranje (Extrude) izradite provrt duž cijele debljine modela.



Na vanjskoj plohi lijeve bočne prirubnice izradite novu skicu. Skicirajte šesterokut sa središtem u ishodištu. Jednu od njegovih stranica postavite kao horizontalnu i nakon toga ravnim linijama spojite

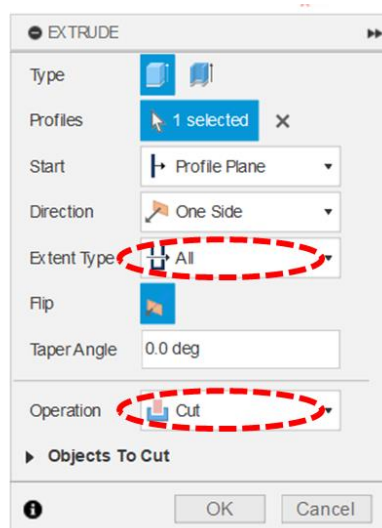
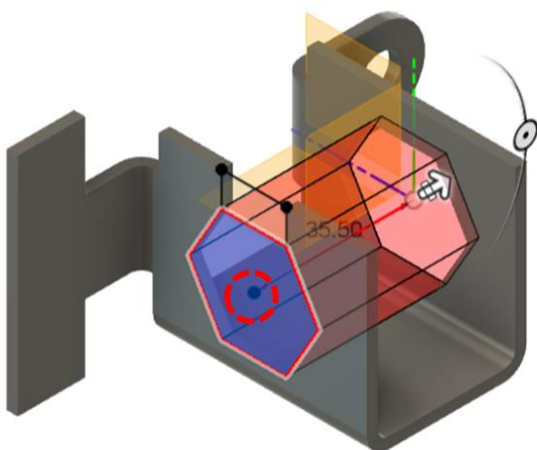
dva gronja vrha šesterokuta s gornjim bridom prirubnice te dodatnom ravnom crtom zatvorite profil prema slici. Razmak između dviju paralelnih stranica šesterokuta mora biti 25 mm.



Pomoću alata za ekstrudiranje uklinute materijal na lijevoj strani, koristeći oba zatvorena profila skice.

Nakon toga ponovite istu operaciju, ali ovaj puta uklonite materijal duž cijelog modela, koristeći samo profil šesterokuta. Pripazite da uključite vidljivost skice, kako biste je mogli iskoristiti za drugu značajku

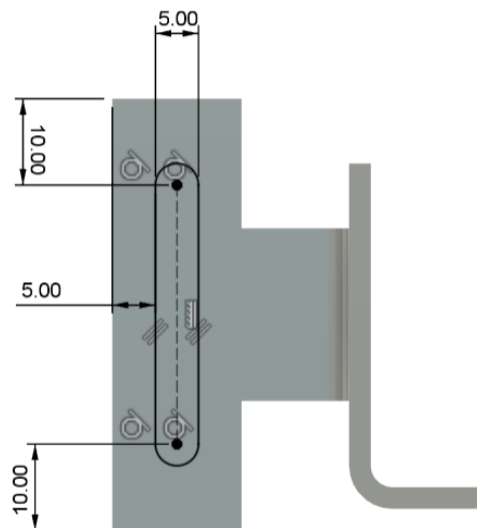
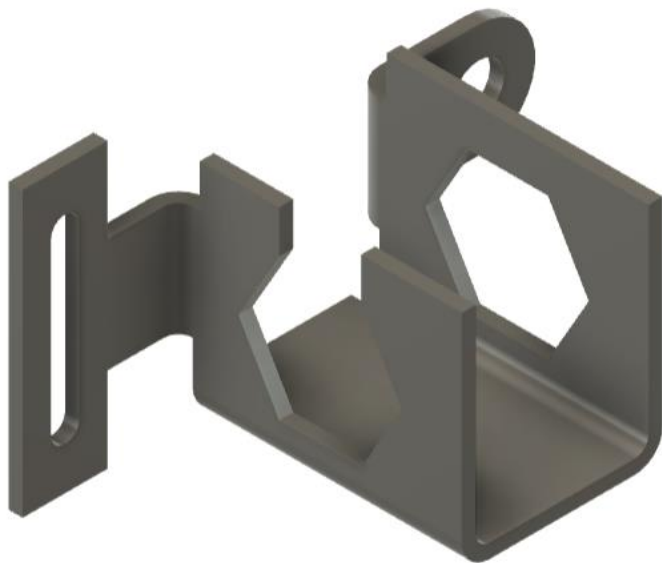
ekstrudiranja.



Nakon ovog koraka možete ponovno isključiti vidljivost skice.

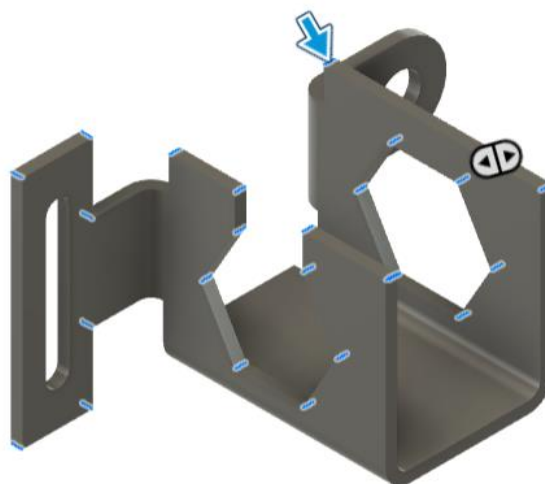
Na prednjoj plohi lijeve prirubnice izradite novu skicu. Skicirajte utor (Center to Center Slot) i dimenzionirajte ga prema slici.

Koristeći alat za ekstrudiranje, uklonite materijal unutar profila cijelom debljinom lima.

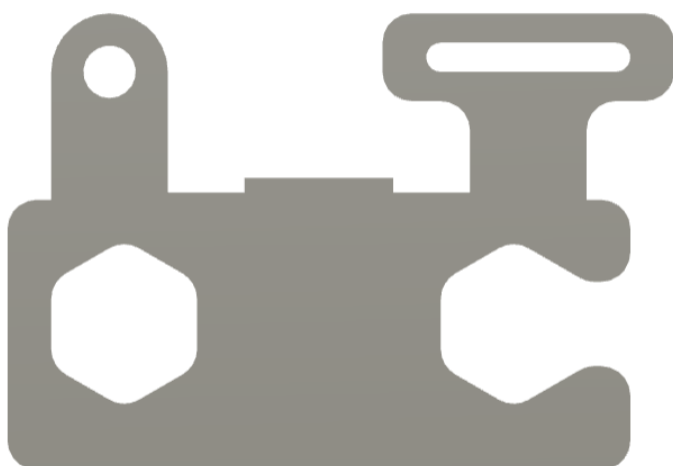
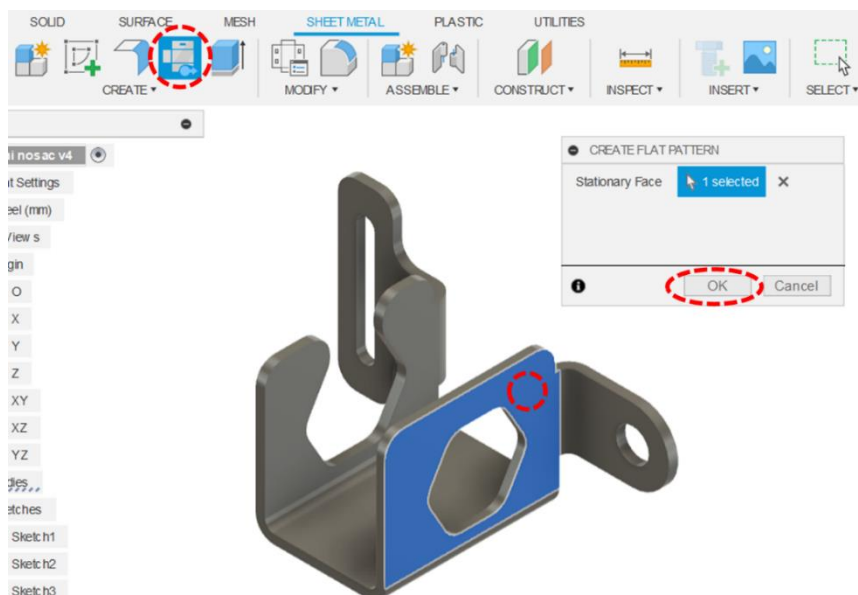


Na kraju, sve preostale oštre bridove (njih ukupno 24) zaoblite, koristeći alat za zaobljenje na polumjer od 5 mm.

Ne zaboravite spremi model.



Ako želite vidjeti razvijeni oblik limenog dijela, dovoljno je u izborniku odabrati alat za izradu razvijenog obrasca (Create Flat Pattern) te nakon toga odabrati fiksnu plohu (npr. prvu izrađenu značajku) i potvrditi odabir.

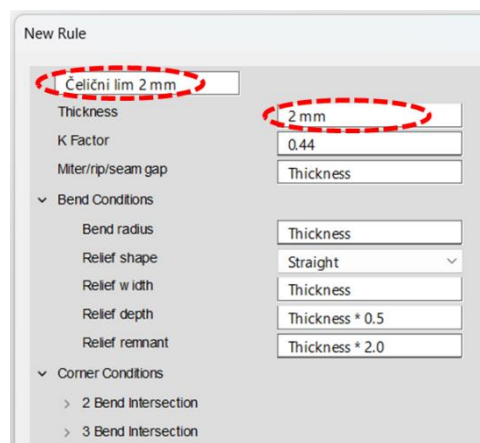


Ako želite koristiti drugačije postavke za lim (npr. drugačiju debljinu, materijal i polumjere savijanja), morate ih postaviti pomoću posebnih "pravila". U izborniku identificirajte i pokrenite alat s pravilima za oblikovanje lima (Sheet Metal Rules).

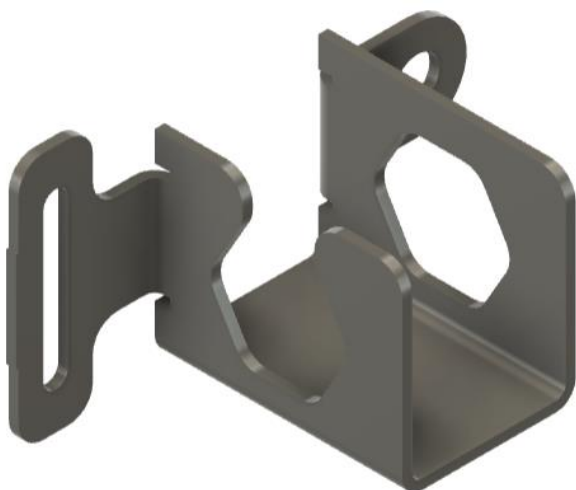
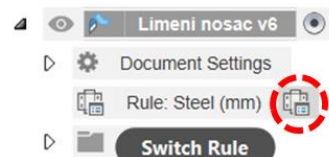


Na temelju zadanog pravila (naziva Steel (mm)) izradite novo pravilo (New Rule).

Pravilo nazovite Čelični lim 2 mm i zadajte debljinu 2 mm. Ostale postavke ostavite kao što su zadane (njih se prilagođava iskustveno ili na temelju stroja koji se koristi za savijanje i materijala koji se savija).



Izradom novog pravila, ono nije automatski dodijeljeno izrađenoj komponenti. Naime, potrebno je u stablu značajki locirati značajku kojom se definiraju pravila oblikovanja lima i kliknuti na opciju za zamjenu pravila (Switch Rule). Umjesto zadanog pravila Steel (mm), odaberite pravilo Čelični lim 2 mm. Primijetit ćete promjenu debljine modela i promjenu pojedinih detalja oblikovanja lima. Po potrebi popravite pogreške na modelu.

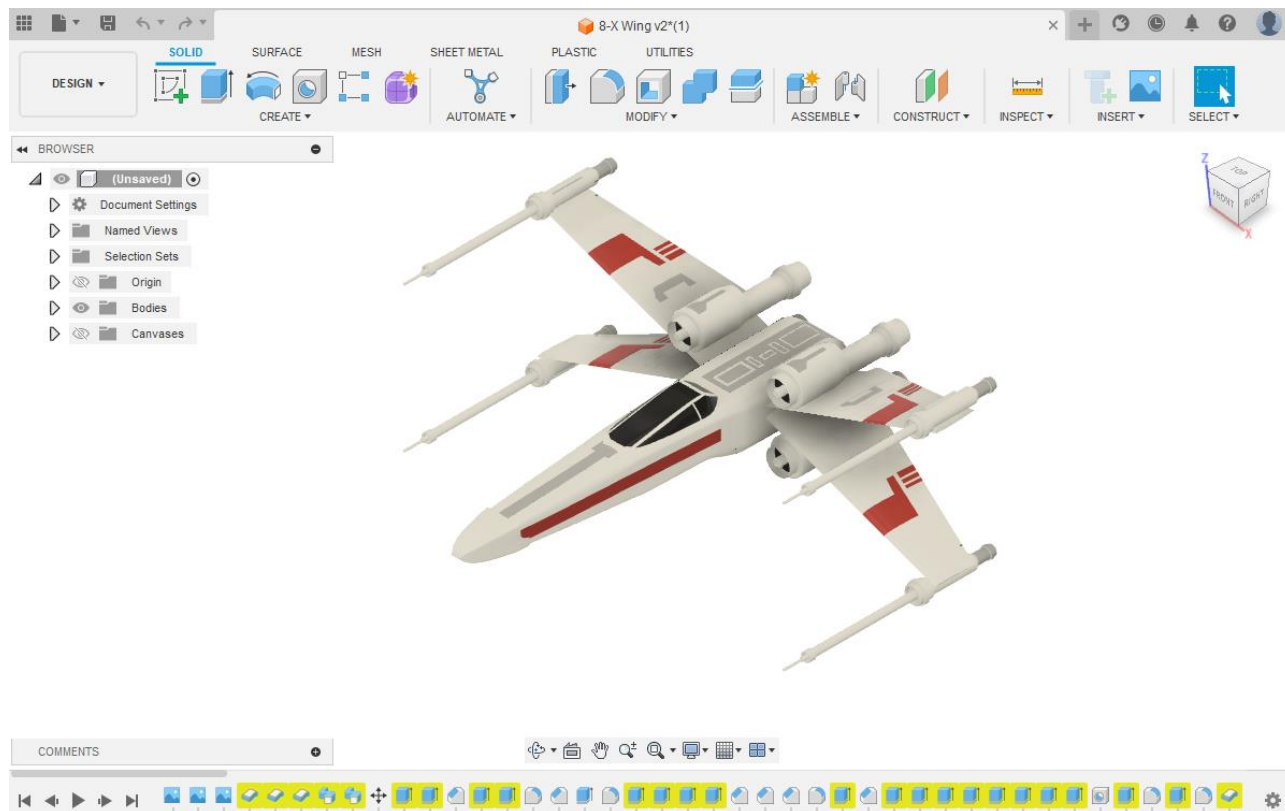


Ako se ne koriste zadana pravila, poželjno ih je prilagoditi prilikom izrade prvih značajki kako bi se izbjegle kasnije pogreške u modeliranju.

3.15. Modeliranje pomoću površina

Uz modeliranje krutim tijelima suvremeni 3D CAD alati često kombiniraju modeliranje površinama. Površine, slično kao i ravnine, predstavljaju dvodimenzionalnu geometriju u trodimenzionalnom prostoru. No, za razliku od ravnina, površine ne moraju biti ravne, već su vrlo često zakrivljene u prostoru. Stoga je površine najlakše opisati kao kruta tijela beskonačno male debljine. Na rubovima površina nalaze se bridovi, a točke u kojima se dva brida spajaju su vrhovi površina.

Modeliranje površinama je zahtjevnije i teže te se zato najčešće uči nakon savladavanja osnovnih značajki modeliranja krutih tijela. Često se koristi i za modeliranje vanjske geometrije proizvoda kod kojih su poželjni zakrivljeni i organski oblici, na primjer kod automobila, zrakoplova, kućanskih aparata i sl. Upravo zato se u tim industrijama koriste napredniji CAD sustavi, koji nude veću kvalitetu površina i daju bolju podršku modeliranju površinama.

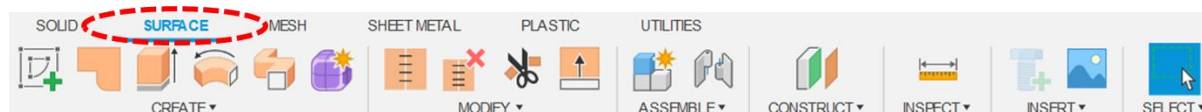


Slika 64. Primjer modela izrađenog modeliranjem pomoću površina

3.16. Vježba 12: Modeliranje dijela pomoću površina

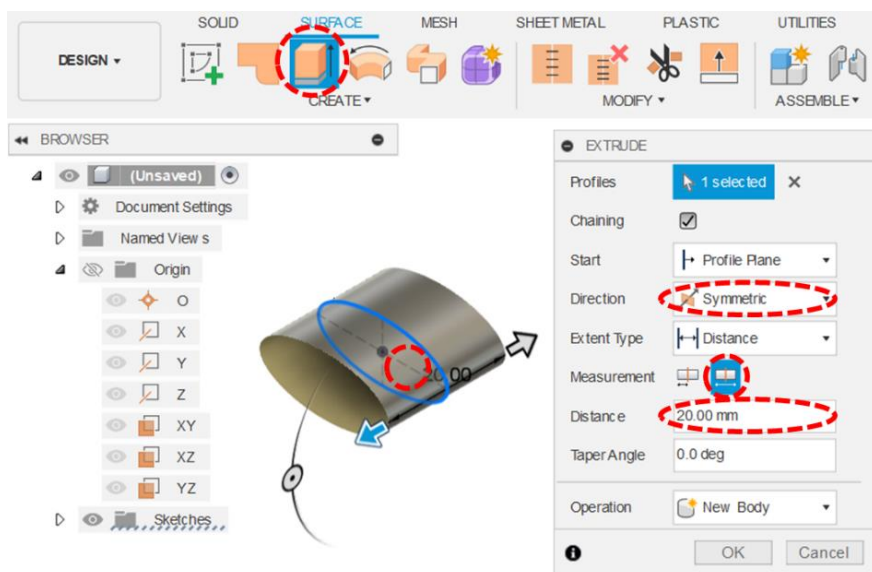
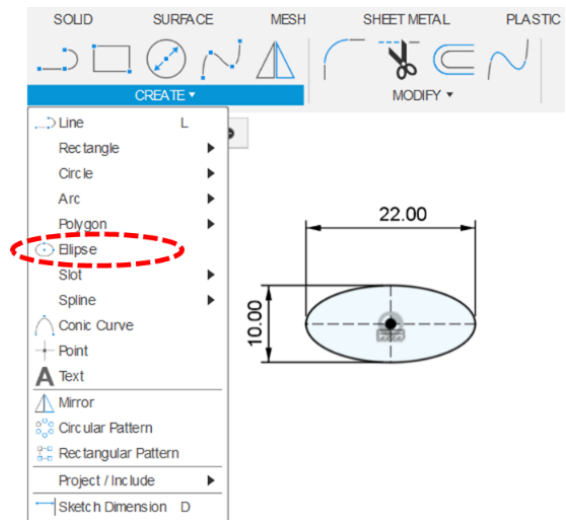
U ovoj vježbi predstaviti ćemo modeliranje pomoću površina. Alati za modeliranje površina slični su onima za modeliranje osnovnih značajki krutog tijela, no ono što karakterizira značajke površina je da se često namjerno presijecaju, kroje i brišu – ne bi li se dobio zadovoljavajući konačni oblik, a koji je zatim moguće pretvoriti u kruto tijelo određene debljine. U ovom primjeru nije zadan tehnički crtež, već je dovoljno samo pratiti upute modeliranja.

Izradite novi dokument i spremite ga pod nazivom Gumena oznaka smjera. Uključite jezičak Surface.

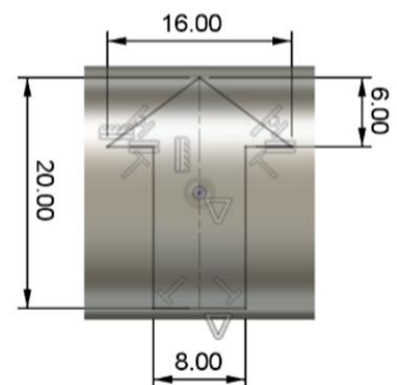


Na ravnini YZ izradite novu skicu. Skicirajte elipsu (Ellipse) širine 22 mm i visine 10 mm.

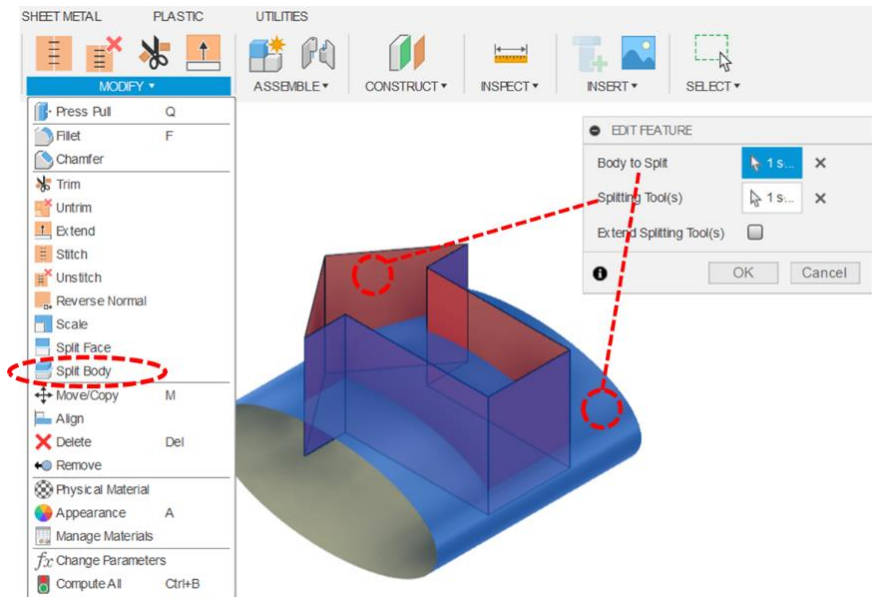
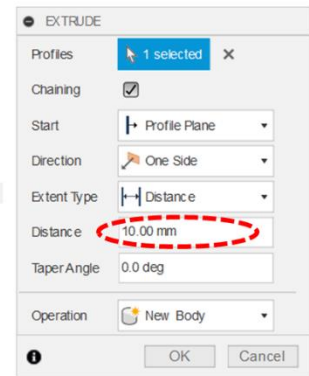
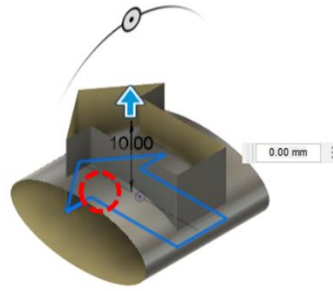
Završite izradu skice i pomoću alata za ekstrudiranje površine (Extrude) ekstrudirajte zadani profil simetrično u oba smjera, u ukupnoj duljini od 20 mm.



Započnite novu skicu u ravnini XZ. Skicirajte profil strelice kao na slici. Simetrala koja strelicu dijeli na dvije zrcalne polovice ima središte u ishodištu. Horizontalne linije na krakovima gornjeg dijela strelice su iste duljine i međusobno kolinearne.

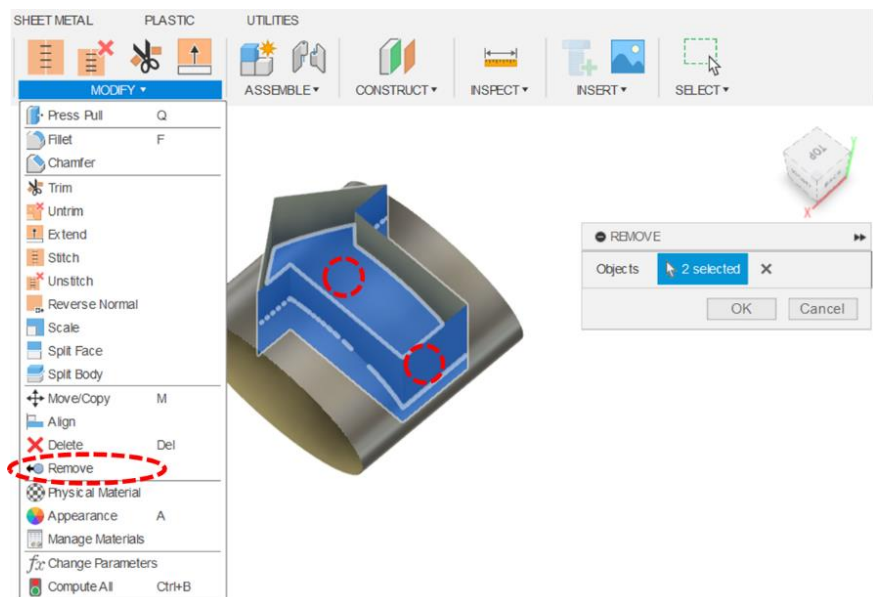


Ekstrudirajte zadani profil strelice minimalno za 10 mm u smjeru osi Y, tako da novonastala površina presijeca prvu površinu.

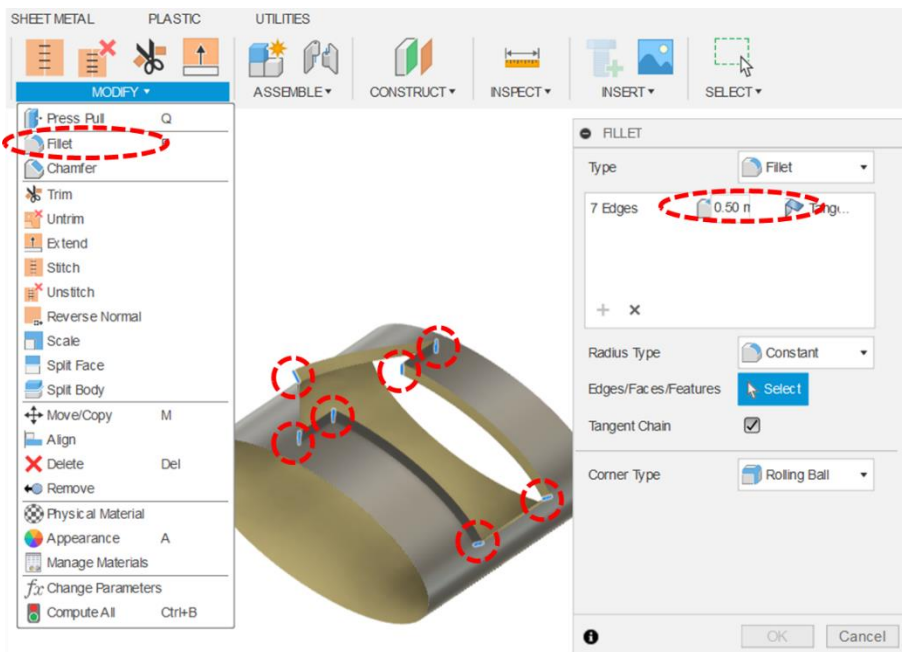
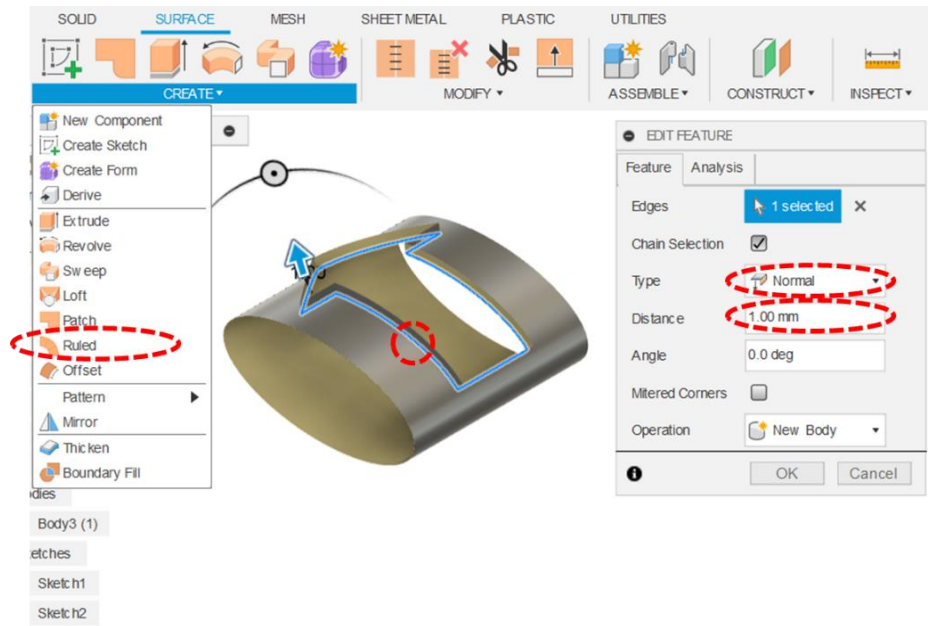


Pomoću alata za razdvajanje tijela (Split Body) podijelite prvo tijelo (Body 1, odnosno prva površina eliptičnog profila) na dvije površine koristeći drugo tijelo (Body 2, odnosno druga površina u obliku strelice). Važno je da tijela označite u stablu značajki – one se nalaze unutar mape Bodies. Dakle, Body to Split je prvo tijelo, a Splitting Tool je drugo tijelo.

Na prvi pogled ništa se nije dogodilo, no pregledom tijela u mapi Bodies, moguće je ustanoviti da je prvo tijelo podijeljeno na dva dijela. Sada, koristeći alat za uklanjanje (Remove), obrišite tijela, odnosno površine ekstrudirane strelice i unutarnje površine eliptičnog oblika.

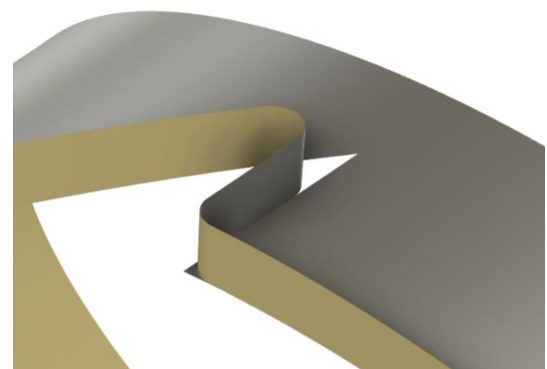


Pomoću alata za izvlačenje površina u smjeru normale (Ruled), izradite novu površinu koja prati bridove izrezanog oblika strelice. Izvucite površinu za 1 mm.

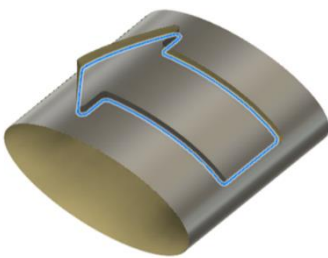
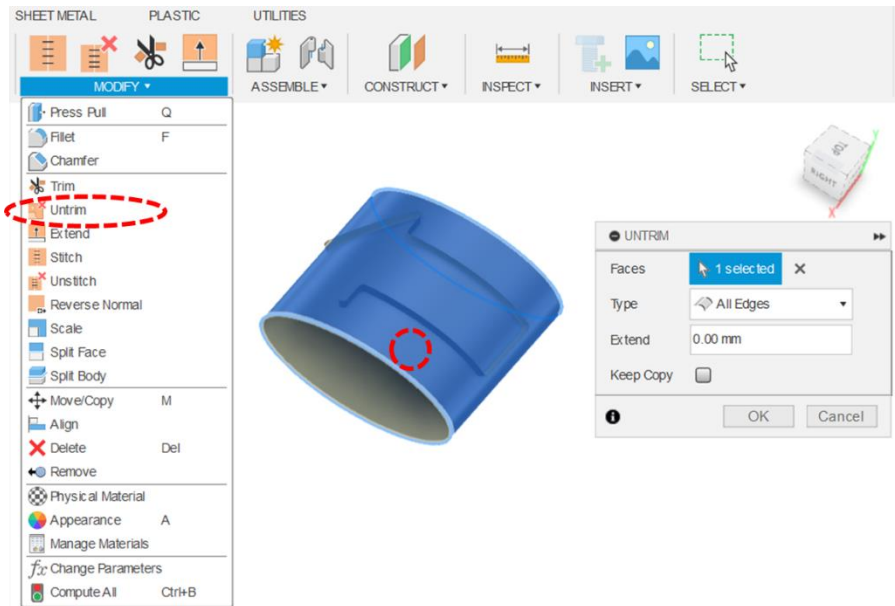


Pomoću alata za izradu zaobljenja, zaoblite sve kuteve na konturi strelice (bridove na spojevima površina koje sačinjavaju oblik strelice). Polumjer zaobljenja neka bude 0,5 mm.

Primijetit ćete da su zbog ove operacije na spojevima tijela (površina) nastale pukotine koje je potrebno popuniti.

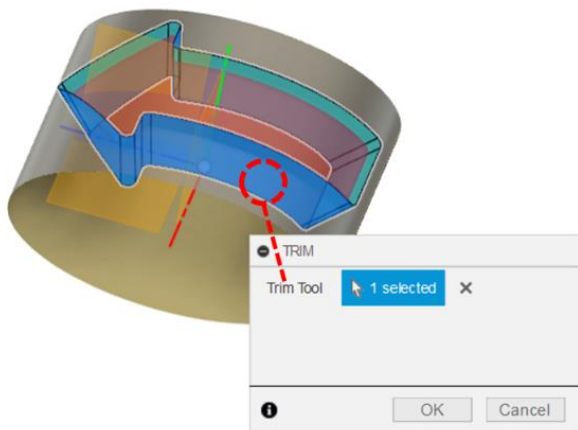
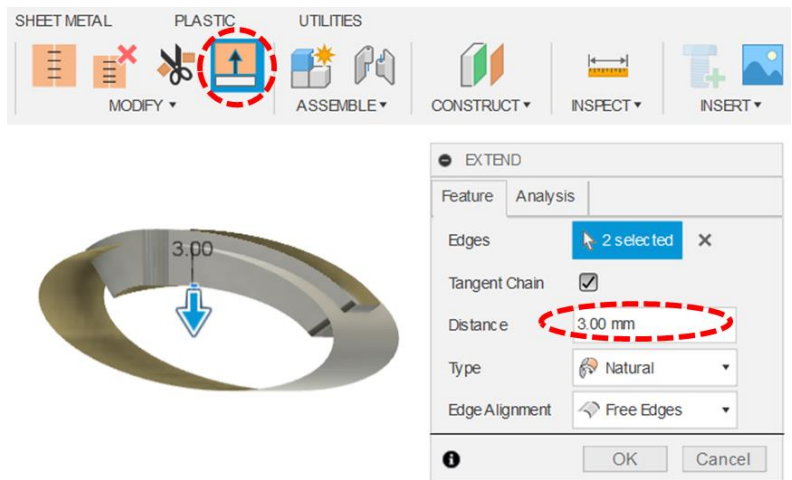


Najprije pomoću alata za poništavanje skraćivanja, (Untrim) poništite izrez na eliptičnoj plohi (potrebno je samo označiti plohu).



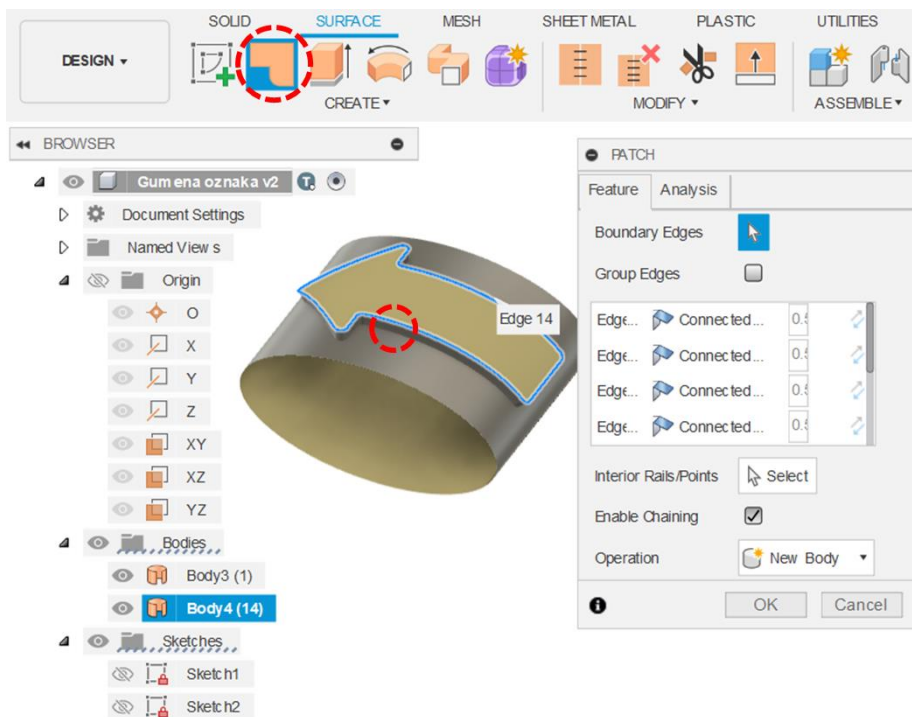
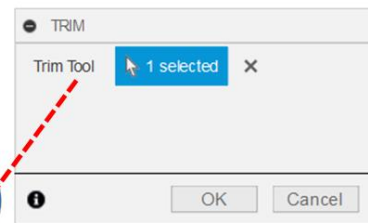
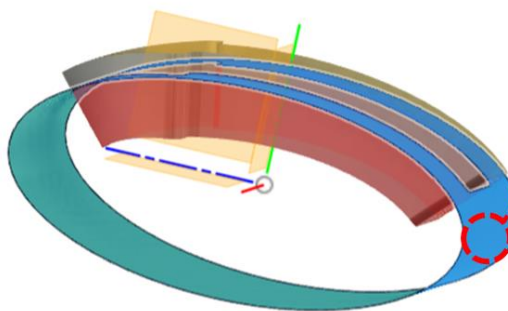
Zatim, najprije držeći tipku CTRL, označite sve bridove na konturi strelice.

Nakon što su bridovi označeni, koristeći alat za produživanje površine, (Extend) produžite površinu u smjeru unutrašnjosti modela za otprilike 3 mm.



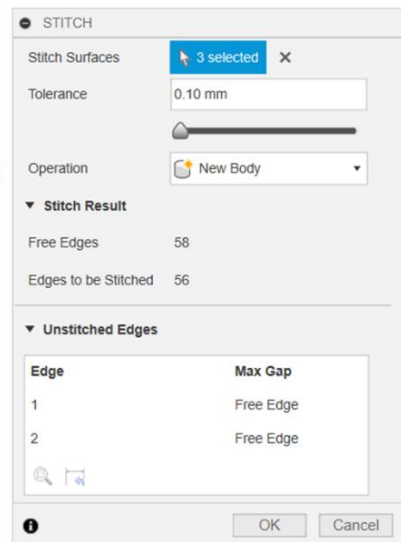
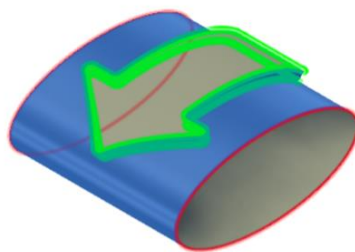
Koristeći alat za skraćivanje ponovno izradite otvor u obliku strelice na eliptičnoj ploči. Kao alat za skraćivanje (Trim Tool) odaberite tijelo koje odgovara površinama u obliku strelice, a nakon toga označite unutrašnjost eliptične površine. Pripazite da prilikom odabira unutrašnjosti u pozadini nije ni jedna druga površina!

Ponovite istu operaciju, ali ovaj put obrišite višak površina u obliku strelica, tako da kao alat za skraćivanje (Trim Tool) koristite eliptičnu površinu.



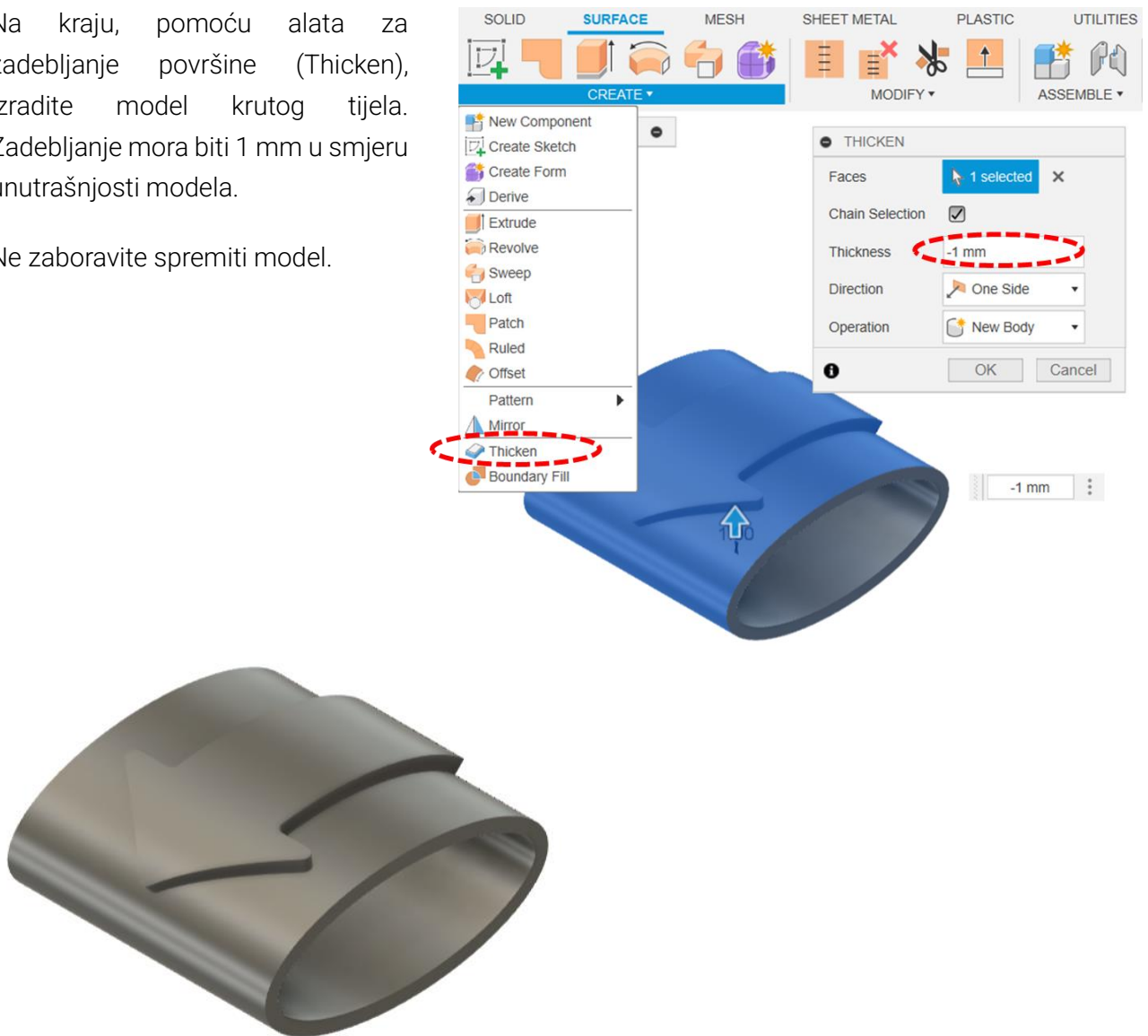
Pomoću alata za izradu zakrpe (Patch), popunite zatvoreni profil bridova u obliku strelice novom površinom.

Odabirom pomoću miša s desne na lijevu stranu, označite sve kreirane površine. Zatim ih pomoću alata za izradu šavova (Stitch) spojite u jedno tijelo.



Na kraju, pomoću alata za zadebljanje površine (Thicken), izradite model krutog tijela. Zadebljanje mora biti 1 mm u smjeru unutrašnjosti modela.

Ne zaboravite spremiti model.

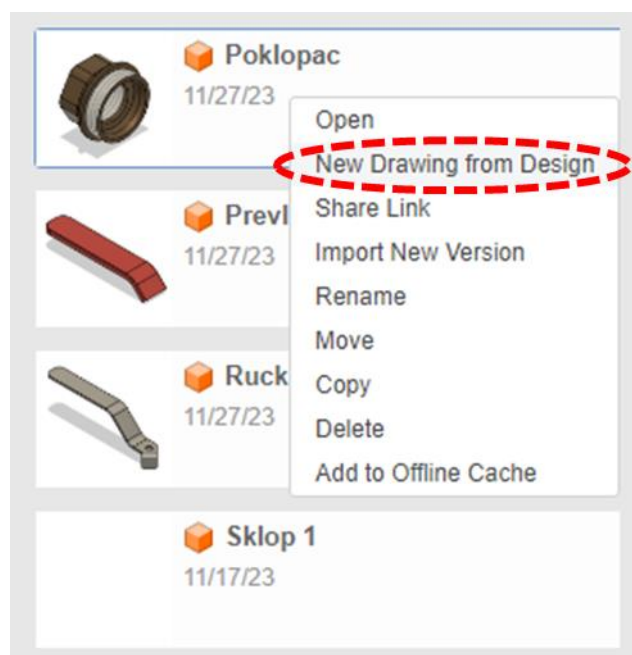


4. Izrada računalnih modela sklopova

Proces izrade modela sklopa uobičajeno prate precizno definirani koraci s ciljem postizanja funkcionalnog modela. Izrada sklopa započinje definiranjem projekta, a zatim slijedi uvođenje prethodno izrađenih modela dijelova (komponenti). Kao što je objašnjeno u prvom poglavlju, dijelove ili komponente možemo objasniti kao nerastavljive cjeline u određenoj konstrukciji (mogu biti klasični dijelovi kao što prikazani u 2. poglavlju ili dijelovi izrađeni od lima). Model sklopa podrazumijeva korištenje većeg broja modela dijelova te njihovo spajanje u cjelinu. Spajanje pojedinih dijelova provodi se uspostavljanjem odnosa, odnosno relacijskih ograničenja između njih. U okviru ovog poglavlja, prikazane su osnovne funkcionalnosti te način izrade računalnog modela sklopa u CAD sustavu Fusion 360.

4.1. Uvođenje modela dijelova

Izrada sklopa često započinje uvođenjem prethodno modeliranih dijelova. Važno je poznavati pravilan način uvođenja komponenti te njihovo pozicioniranje i orijentaciju u okruženju sklopa. Jedan od načina je upotreba ploče s projektima (*Data Panel*) te uvođenje dijelova korištenjem opcije *Insert into Current Design* (pritisak desne tipke miša na odabranu komponentu (slika 65)). Također, moguće je navedenu komponentu povući i spustiti (engl. *Drag-and-drop*) u prostor modeliranja. Rad sa sklopovima u CAD sustavu Fusion 360 integriran je u postojeće sučelje i ne postoje dodatni izbornici za pojedinačno ili grupno uvođenje dijelova u sklop (kao npr. u Solidworksu).

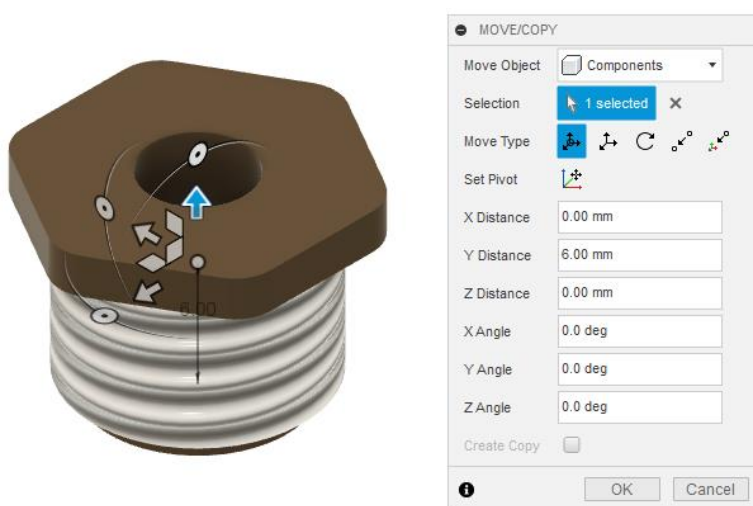


Slika 65. Odabir opcije *Insert into Current Design* pri uvođenju dijelova u prostor modeliranja sklopa

Pri uvođenju prvog modela komponente, otvara se dijaloški okvir *Move/Copy* koji nam omogućava

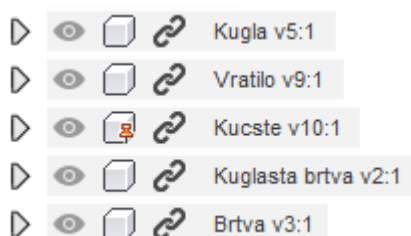
definiranje njegovog položaja (slika 66). Navedeni izbornik omogućava nam detaljno pozicioniranje definiranjem numeričkih vrijednosti vezanih uz osi x, y i z. Izborom opcije *Create Copy*, također se omogućava izrada dodatne kopije modela (povlačenjem komponente u jednu od strana u prostoru modeliranja).

Općenito gledano, pozicioniranje prvog dijela također je često povezano uz ishodište ili ravnine koordinatnog sustava. Nakon ubacivanja prvog dijela u sklop, njega je moguće pomicati ovisno o potrebama korisnika. Ipak, preporuka je fiksirati prvu komponentu upotrebom ograničenja *Ground*. Često su kriteriji za odabir fiksirane/prve komponente - kontakt s početnim ravninama ili prethodni odabir temeljne komponente sklopa (npr. kućište). Ova opcija pokreće se pritiskom desne tipke miša na naziv komponente u pregledniku te njenim odabirom. Na taj način, prva komponenta je "zaključana" i nije ju moguće pomicati ili joj mijenjati orijentaciju. Također, fiksirana komponenta u pregledniku pored svog naziva dobiva oznaku crvene pribadače.



Slika 66. Uvođenje komponente u prostor modeliranja (opcija *Move/Copy*)

Ovo je ujedno uobičajen način rada za većinu CAD sustava i, kao takav, primjenjiv je i za Fusion 360. Naravno, bitno je naglasiti da cijelo vrijeme postoji veza između modela dijelova i modela sklopa, kako bi se omogućilo prenošenje promjena iz jednog modela u drugi. U pregledniku se nalaze oznake poveznice pored svakog ubačenog modela dijela (slika 67).



Slika 67. Poveznice prikazane u Pregledniku

Fusion360 omogućuje i izradu cijelog modela sklopa u okviru jedne datoteke (engl. *top-down* ili *odozgo*)

prema dolje pristup), iako taj način podrazumijeva dobro shvaćanje cijele konstrukcije od samog početka modeliranja (što često nije slučaj). U tom slučaju, svi modeli dijelova se izrađuju, na primjer, korištenjem jedne zajedničke skice te se zatim razdvajaju korištenjem opcije *New Component*. Obzirom na zahtjevnost navedenog načina rada, ipak predlažemo prvu opciju za početnike, a zbog veće sličnosti s drugim CAD sustavima.

Sve sljedeće dijelove moguće je uvesti na isti način kao i prvi model dijela (*Insert into the Current Design* ili povlačenjem i spuštanjem s ploče s projektima u prostor modeliranja). Osim uvođenja pojedinačnih dijelova, također je potrebno staviti i relacijska ograničenja između njih. Sve dijelove prvo pozicioniramo u prostor modeliranja, a zatim postavljamo odnose između dijelova.

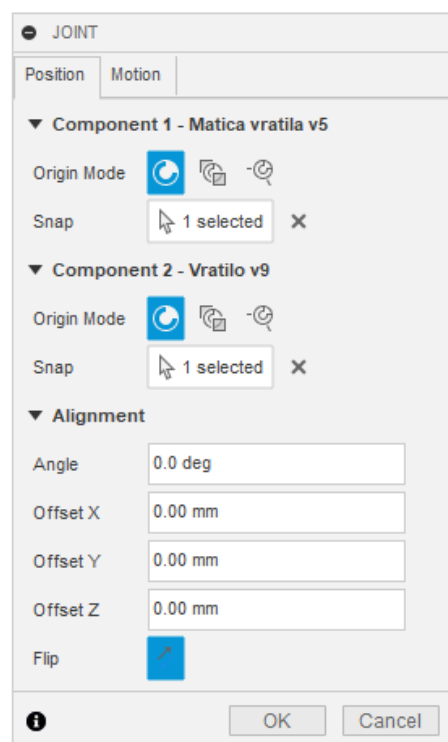
4.2. Postavljanje relacijskih ograničenja između modela dijelova

Jedan od najvažnijih aspekata izrade sklopova upravo je postavljanje relacijskih ograničenja, koje se u Fusionu 360 definira pomoću spojeva (*Joint*). Spoj definira mehanički odnos između dva modela dijela te opisuje relativnu poziciju i njihovo međusobno kretanje. Spoj omogućava definiranje načina kretanja pojedine komponente translatorno duž x, y i z osi ili rotacijski oko navedenih osi. Općenito gledano, prvo se odabiru entiteti (npr. brid, ploha) komponenti, između kojih je potrebno postaviti odnos te se definira njihova međusobna pozicija (*Position*; slika 68), a zatim slijedi specificiranje načina međusobnog kretanja dijelova (*Motion*; slika 69). Na taj način, pomoću spojeva, korisnik definira kako se određeni dio kreće te na koji je način povezan s drugim dijelovima. Većina drugih CAD sustava (kao npr. Solidworks) zahtijeva uvođenje ograničenja te se postepeno smanjuju stupnjevi slobode pojedinih dijelova (koriste se, na primjer, tri ograničenja za odnos između dvije komponente). Fusion 360 definiranjem spoja, na svoj način, prvo posve oduzima stupnjeve slobode između dva dijela te zatim omogućava relativno kretanje dijelova (ovisno o odabranoj opciji). Zbog toga nije potrebno koristiti više različitih ograničenja za pojedine dijelove, već se bira način kretanja kao što je prikazano u nastavku.

Fusion 360 razlikuje dvije osnovne vrste spojeva: *As-Built Joint* i *Joint*. Obje opcije moguće je odabrati na padajućem izborniku jezička *Assemble*. Temeljna razlika između te dvije vrste spoja je u početnim pozicijama dva dijela za koje se postavlja odnos.

U slučaju kad dijelovi nisu u željenoj poziciji, potrebno je koristiti opciju *Joint*. Pri izradi spojeva, korištenjem kratice na tipkovnici, J pokreće naredbu i njeno uzastopno korištenje može ubrzati cijeli proces definiranja odnosa u sklopu. Sustav pomiče prvu odabranu komponentu prema drugoj odabranoj komponenti. Pri odabiru opcije otvara se dijaloški okvir koji uključuje dva dijela - *Position* i *Motion*. U dijelu *Position*, definiraju se reference prve i druge komponente. Reference uključuju opcije:

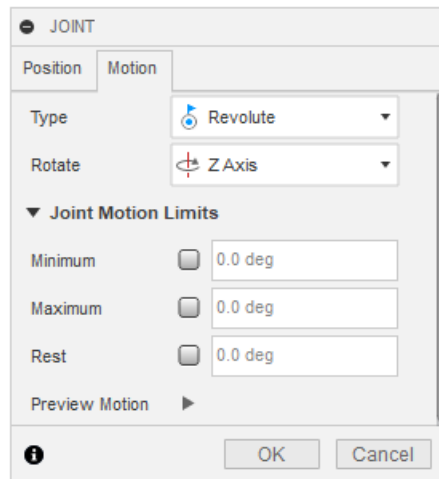
Simple (odabir ishodišta spoja na plohi, brida ili u točki), *Between Two Faces* (odabir dviju ravnina i ishodišne točke) i *Two Edge Intersection* (odabir dva brida koji međusobno nisu paralelni). *Simple* je najjednostavniji način i preddefiniran pri određivanju pozicije spoja. U slučaju da je potrebno centriranje određenih komponenata, predlaže se korištenje načina *Between Two Faces*. Prvo se definiraju reference prve komponente, a zatim i druge. Pri odabiru točaka na ploham, uputno je pritisnuti Ctrl tijekom pozicioniranja pokazivača miša kako bismo mogli uhvatiti (*Snap*) željenu točku. Korištenjem iste tipke na tipkovnici, omogućen je odabir točaka duž određene rupe.



Slika 68. Prikaz *Position* dijela dijaloškog okvira *Joint*

Nakon definiranja postavki u segmentu *Position* dijaloškog okvira, slijedi definiranje kretanja između dvije komponente. U okviru dijela *Motion*, Fusion 360 razlikuje 7 tipova *Joint* spojeva (uz svaki tip napisano je što je potrebno dodatno definirati):

- Kruti odnos (*Rigid*) – zaključava odnos između dvije komponente te uklanja sve stupnjeve slobode
- Rotacijski odnos (*Revolve*) – omogućava rotaciju komponente oko ishodišta spoja
 - Nužno je odabrati os rotacije
- Klizač (*Slider*) – omogućava klizanje komponente duž osi klizanja
 - Nužno je odabrati os klizanja
- Cilindrični odnos (*Cylindrical*) – omogućava rotaciju i klizanje komponente duž jedne osi
 - Nužno je odabrati os rotacije i klizanja
- Utor (*Pin-Slot*) – omogućava rotaciju i klizanje komponente pomoću dvije osi
 - Nužno je odabrati os rotacije i os klizanja
- Ravninski odnos (*Planar*) - omogućava rotaciju komponente oko osi normale kao i duž dviju osi paralelnih s ravninom
 - Nužno je odabrati os normale i dvije osi klizanja
- Kuglični odnos (*Ball*) – omogućava rotaciju komponente unutar kugličnog udubljenja
 - Nužno je odabrati lateralnu i okomitu os



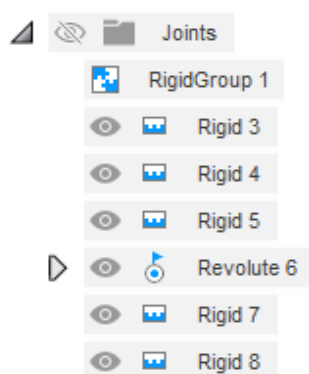
Slika 69. Prikaz *Motion* dijela dijaloškog okvira *Joint*

As-Built spojevi koriste se u slučaju kad su dijelovi već u željenoj poziciji (ili je za jedan od njih položaj fiksiran – postavljeno ograničenje *Grounded*) te je samo potrebno ograničiti njihov odnos. U tom smislu su jednostavniji za izradu od opcije izrade klasičnih spojeva (*Joint*). Ipak, detalji provođenja ove dvije opcije - *As-Built Joint* i *Joint* – jako su slični. Za pokretanje naredbe koristi se kratica na tipkovnici Shift + J.

Nakon definiranja parametara u dijelovima Position and Motion, odabirom *Start* ikonice neposredno uz *Preview Motion* i simulira se međusobno kretanje dva dijela. Na taj način, prije konačne potvrde, moguće je provjeriti ispunjava li definirani spoj sve potrebne zahtjeve. Ova jednostavna animacija daje uvid u konačno definirani način kretanja komponenti.

Ponekad će pri izradi sklopa, CAD sustav orijentirati komponentu na neželjen način. U tom slučaju, potrebno je koristiti mogućnost okretanja (*Flip*; sastavni dio izbornika *Joint/Position*) te prilagoditi međusobnu orijentaciju.

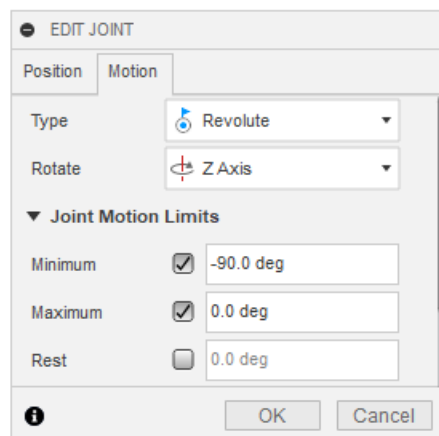
Svi izrađeni spojevi pohranjuju se u direktorij spojeva (*Joints*) koji se nalazi u pregledniku (slika 70). Korištenjem direktorija omogućen je pregled preko svih kreiranih spojeva te interakcija s njima.



Slika 70. Prikaz direktorija *Joints* u pregledniku

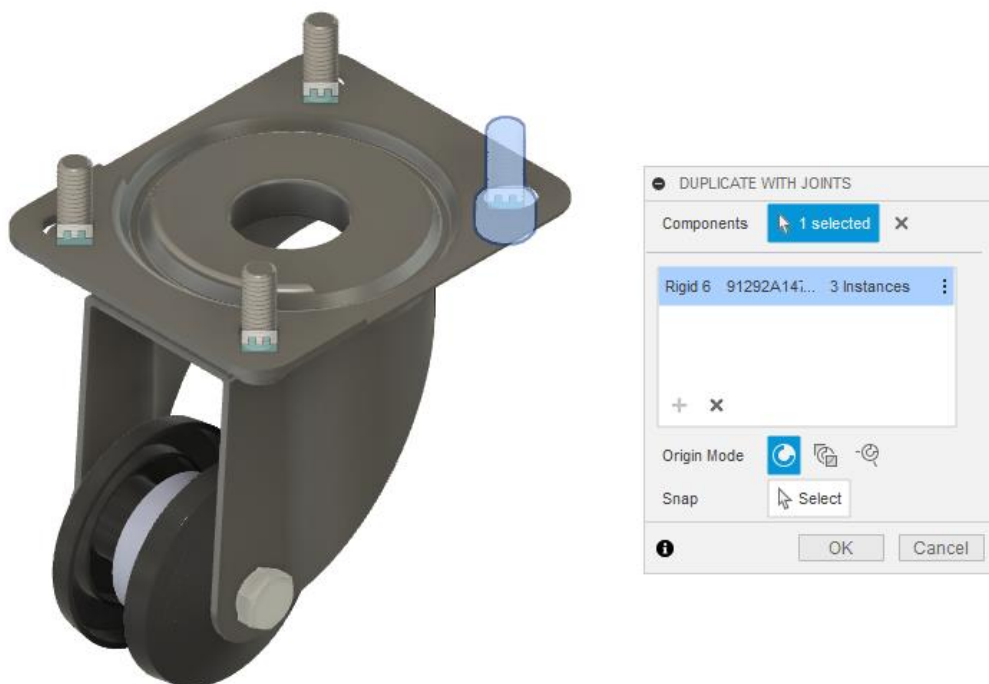
Prethodnu proceduru potrebno je provesti za sve dijelove i, na isti način, definirati međusobne odnose dijelova. Konačno, rezultat cijelog procesa je funkcionalni model sklopa koji simulira mehaničke principe stvarnog sklopa koji će se naknadno izraditi.

Nakon definiranja odnosa između pojedinih dijelova, potrebno je razmotriti mogućnost analize njihovih sudara i kolizija. Za razliku od sličnih CAD sustava, Fusion 360 nema automatsko prepoznavanje kolizija, što znači da komponente mogu „prolaziti jedne kroz druge“. Ipak, moguće je doskočiti tom problemu upotrebom ograničenja spojeva (*Joint Motion Limits*; slika 71). Osim upotrebom padajućeg izbornika *Assemble* na alatnoj traci, moguće je pokrenuti ovu opciju i odabirom spoja u ranije spomenutom direktoriju preglednika (pritisak desne tipke miša na spoj i odabir opcije *Edit Joint Limits*). Ova opcija služi za ograničavanje međusobnog kretanja pojedinih dijelova (u smislu određene putanje ili raspona kretanja). Za definiranje takvog ograničenja, potrebno je specificirati tip kretanja (*Motion*; u slučaju da ih je više), minimalni iznos nekog definiranog raspona (*Minimum*), maksimalni iznos nekog definiranog raspona (*Maximum*) i mirnu poziciju (*Rest*). Umjesto korištenja numeričkih vrijednosti u dijaloškom okviru opcije, moguće je definirati granice kretanja manipulacijom komponente u prostoru modeliranja. Ova ograničenja prikladna su za definiranje krajnjih pozicija kretanja, kako bi se spriječio prolazak „kroz“ druge komponente.



Slika 71. Prikaz dijaloškog okvira *Joint Motion Limits*

Kao jednu od dodatnih opcija pri definiranju spojeva u sklopu, važno je istaknuti opciju *Duplicate With Joints* (slika 72). Ova opcija može biti jako korisna u slučaju da postoje pojedini dijelovi ili grupe dijelova koje se ponavljaju nekoliko puta u sklopu. Odabirom jednog ili više dijelova u okviru ove opcije, omogućeno je višestruko kopiranje instanci u modelu sklopa. Nakon odabira jednog ili više spojeva između komponenti koje je potrebno kopirati, nužno je odabrati lokaciju novih instanci. Bitno je naglasiti asocijativnost između originalnog dijela ili grupe dijelova i kopiranih instanci, što znači da se promjene originalnog ili kopiranog dijela preslikavaju na sve preostale instance. S druge strane, promjene na spojevima između pojedinih dijelova, nezavisne su i neće se međusobno kopirati.

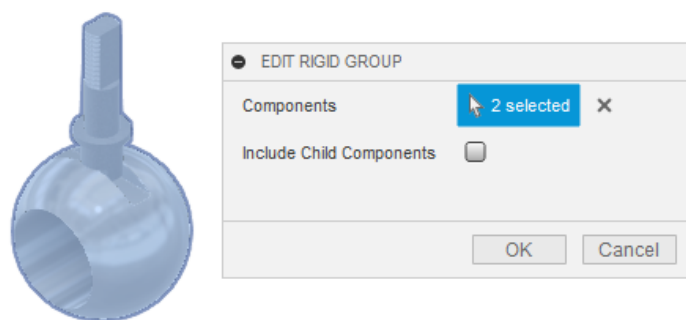


Slika 72. Prikaz korištenja opcije opciju *Duplicate With Joints*

4.3. Ostali aspekti izrade modela sklopova u Fusionu

4.3.1. Rad s grupama dijelova i podsklopovima

U određenim slučajevima možda će biti korisno grupirati sve komponente u jednu grupu/cjelinu. Na primjer, za pojedine komponente nisu predviđene nikakve značajne promjene odnosa te ih je uputno povezati u cjelinu. Za takvu primjenu moguće je koristiti opciju *New Component* (padajući izbornik *Assemble* na alatnoj traci) i zatim odabrati komponente koje je potrebno grupirati pritiskom lijeve tipke miše na njihove nazive u Pregledniku. Nakon navedene operacije, Fusion 360 prikazuje novokreiranu grupu kao novi podsklop u Pregledniku. Dakle, iako se koristi opcija za kreiranje nove komponente, ona za ovu svrhu služi za definiranje podsklopa. Bitno je naglasiti da provedbom ove operacije, spojevi nisu postavljeni, ali se znatno ubrzava njihovo kasnije postavljanje. Spojeve je moguće postaviti, kao i u prethodno pokazanom slučaju, upotrebom dvije osnovne vrste spojeva – *As-Built Joint* i *Joint*. Ipak, takvo definiranje spojeva bio bi zamoran i dugotrajan proces, ako želimo na neki način fiksirati grupu pojedinih dijelova. Fusion 360 nudi jednostavan način za uvođenje ovakvog tipa ograničenja. U tom slučaju za povezivanje komponenti i podsklopova upotrebljava opcija *Rigid Group* (slika 73), koju je moguće pronaći na alatnoj traci u padajućem izborniku *Assemble*. Opcija omogućava uključivanje svih komponenti koje sačinjavaju određeni podsklop što prilično olakšava njihov odabir (*Include Child Components*).



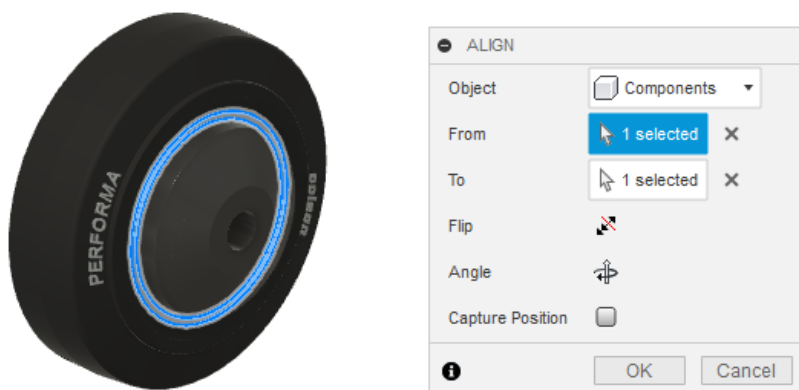
Slika 73. Prikaz dijaloškog okvira opcije *Rigid Group*

Upotrebom opcije *Rigid Group*, svi su odnosi između komponenata postavljeni te su oni međusobno „ukruženi“, odnosno „zaleđeni“. Naime, nije dopušteno pomicanje sastavnih komponenata u okviru spomenutog podsklopa. Ova opcija može biti jako dobro rješenje, u slučaju da se želite fokusirati na pojedini dio sklopa te raditi na definiranju novih spojeva između preostalih dijelova.

Općenito u radu na pojedinim podsklopovima, morate biti sigurni da je pojedini podsklop aktivan (provjeriti status u pregledniku). Navedeni način rada na podsklopu pokreće se opcijom *Isolate* (pritisak desne tipke miša na komponentu). Na taj način, korisnik radi isključivo na podsklopu, bez utjecaja na ostatak modela sklopa.

4.3.2. Pozicioniranje komponenti bez postavljanja međusobnih odnosa

U slučaju da je potrebno samo postaviti komponente u određenu poziciju (umjesto njihovog ograničavanja), ne koristi se *Joint*, već opcija poravnavanja (*Align*, slika 74). Takvu opciju moguće je koristiti u situacijama kad je potrebno brzo međusobno pozicioniranje dijelova modela npr. za izradu tehničke dokumentacije. Naravno, tako postavljeni dijelovi neće rezultirati funkcionalnim modelom sklopa, ali su „poravnati“/pozicionirani u skladu sa zahtjevima konstrukcije. Važno je naglasiti da će taj model sklopa imati izgled konačnog sklopa, ali bez uključene mehanike kretanja.



Slika 74. Prikaz dijaloškog okvira opcije *Align*

4.3.3. Uvođenje modela standardnih komponenti i modela iz drugih CAD sustava

Korištenje CAD modela standardnih komponenti (npr. vijci, matice, podložne pločice, itd.) uobičajeno je pri izradi modela sklopa zbog brže i precizne izrade sklopa. Fusion 360 nudi nekoliko načina za uvođenje standardnih dijelova. Kao prvi nameće se upotreba padajućeg izbornika *Insert* u alatnoj traci te odabir opcije *Insert a manufacturer part* (slika 75). Navedena opcija otvorit će stranicu u Internet pregledniku na kojoj su zastupljeni brojni proizvođači standardnih komponenti. Kao drugi izbor koristi se McMaster-Carr baza (*Insert McMaster-Carr Component*) koja sadrži mnoštvo standardnih dijelova. Moguća je situacija u kojoj nije moguće pronaći CAD model za pojedinu standardnu komponentu, ali su dostupne potrebne informacije za naručivanje komponente. Postoji još načina, ali ova dva se nameću svojim prednostima.



Slika 75. Prikaz dijela liste ponuđenih proizvođača nakon odabira opcije *Insert a manufacturer part*

Procedura uvođenja standardne komponente ne razlikuje se od prethodno opisane procedure za uvođenje modela dijelova. Ipak, važno je napomenuti da se često pojedine komponente višestruko upotrebljavaju u okviru jednog modela sklopa. Dupliciranje ili multipliciranje komponenti omogućeno je: 1. ponavljanjem iste procedure uvođenja standardne komponente, 2. odabirom komponente u pregledniku te upotrebom kopiraj i zalijepi (eng. Copy-Paste) tehnike, te 3. korištenjem obrazaca (Solid → Create → Pattern → Rectangular Pattern/Circular Pattern/Pattern on Path). Pri izradi obrazaca, potrebno je promijeniti tip obrasca (*Pattern Type*) u komponente (*Components*) te odabrati traženi model i ostale parametre obrasca. Naravno, ovaj način multipliciranja komponenti ne vrijedi samo za modele standardnih komponenti, već i za druge modele dijelova.

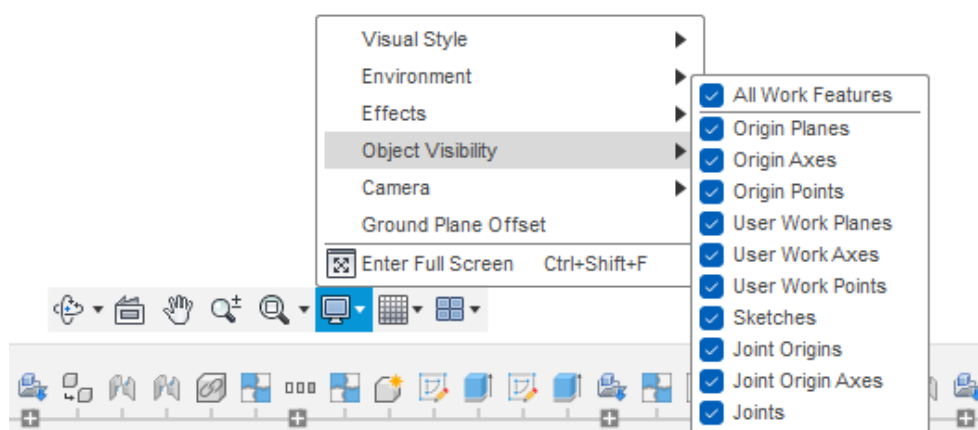
Pri izradi modela sklopa, potrebno je ponekad upotrebljavati komponente ili podsklopove iz drugih CAD sustava. Takve modele možete uvesti u sustav korištenjem opcije *Upload* u ploči s projektima. Tijekom učitavanja na ploču, ujedno se provodi i translacija modela za potrebe novog CAD sustava. Prvo je potrebno provjeriti jesu li svi ubačeni dijelovi kvalificirani kao komponente (a ne kao tijelo – engl. *body*). U slučaju da nisu, u pregledniku se označavaju navedena tijela te se pritiskom desne tipke miša i

odabirom opcije *Create Components from Bodies*, vrši tražena konverzija i omogućuje korištenje navedenih elemenata modela. Bez provedene konverzije, tijela se neće moći pomicati i mnoge mogućnosti pri izradi sklopa neće biti dostupne.

4.3.4. Prikaz i pregledavanje modela sklopa

Različite mogućnosti prikaza i pregledavanja modela iznimno su važne pri izradi sklopa. Zato je važno napomenuti specifičnosti Fusiona 360 u tom kontekstu. Ovaj CAD sustav posjeduje u padajućem izborniku *Position* na alatnoj traci dvije opcije – jedna je zadržavanje pozicije sklopa (*Capture Position*), a druga vraćanje u prethodnu poziciju sklopa (*Revert*). Ove opcije često su korisne, jer pomažu pri općenitoj manipulaciji modelom. *Capture Position* zadržava, odnosno „pamti“, pozicije u prostoru svih komponenata koje su pomicanje ili rotirane. Zapis o toj zadržanoj poziciji sklopa pohranjuje se u sustavu te ga je moguće pronaći vremenskoj liniji (traka u donjem lijevom kutu ekrana). Time se uvijek moguće vratiti na određeni prikaz modela sklopa. Ovu opciju uputno je koristiti kad je potrebno referenciranje na različite komponente (na primjer, gdje geometrija jednog modela utječe na drugi) pa je onda moguće ubrzati proces prilagodbe modela. Također, može se koristiti za potrebe zadržavanja početne i krajnje pozicije modela sklopa. Ipak, potrebno je pripaziti na učestalost korištenja opcije, s obzirom na njenu računalnu zahtjevnost. U većini slučajeva ne koristi se ova opcija, već je potrebno, nakon pomicanja pojedinačnih dijelova po prostoru modeliranja – vratiti ih u prethodno stanje. Upravo se takav čin provodi opcijom *Revert*.

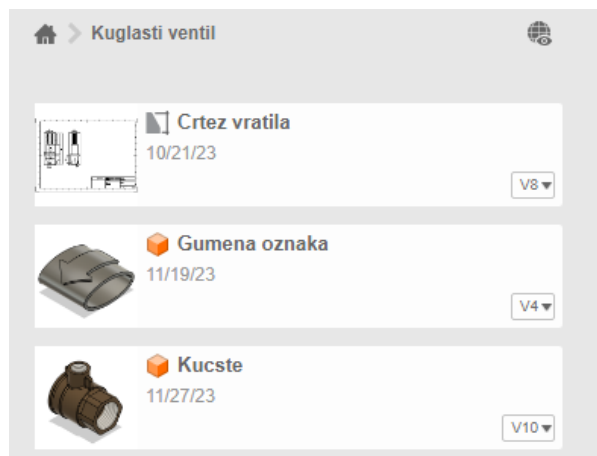
Tijekom ili nakon izrade modela sklopa, moguće je koristiti različite opcije za prikazivanje ili skrivanje pojedinih modela dijelova – odabirom ikonice oka pored određene komponente u pregledniku. Na razini cijelog modela, vidljivost pojedinih elemenata modela, moguće je kontrolirati pomoću opcija u navigacijskom panelu (*Navigation bar > Object Visibility*; slika 76), jer one imaju veću važnost od pojedinačnih izbora u pregledniku.



Slika 76. Prikaz opcija vezanih uz vidljivost različitih objekata u CAD modelu sklopa

4.3.5. Pohrana i izvoz modela sklopa

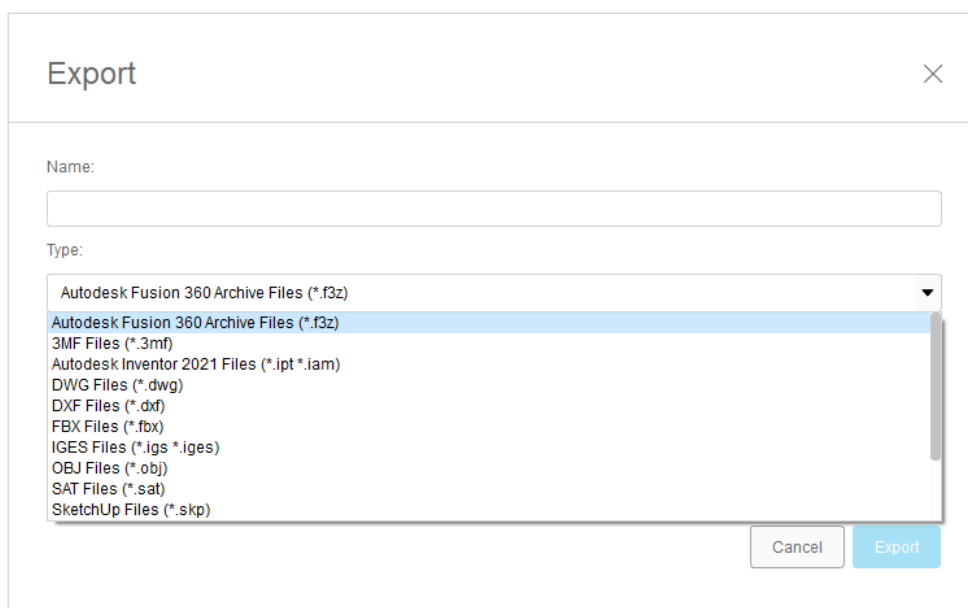
Konačno, važan aspekt rada s modelima sklopova je razumijevanje pohrane te izvoza iz CAD sustava Fusion 360. Ovaj CAD sustav nalazi se u oblaku te su svi modeli pridruženi i pohranjeni na određenom korisničkom računu. Također, ovaj sustav istovremeno radi i lokalnu kopiju na računalu koji omogućava rad u *Offline* načinu. Generalno gledano, moguće je koristiti opcije *Save*, *Save As* i *Export*. Opcija *Save* služi za pohranu pojedinačnih verzija koje su prikazane u ploči s projektima (slika 77).



Slika 77. Prikaz pohranjenih verzija modela u ploči s projektima

Opcija *Save As* služi za pohranu na oblaku (u okviru nekog projekta), dok izvoz cijelog modela sklopa pokreće opcija *File* → *Export*. Navedena naredba zahtijeva definiciju naziva sklopa, izlaznog formata i lokacije datoteke.

Pri radu u kontekstu sklopa, odabir svake komponente u pregledniku nudi sljedeće mogućnosti: izvoz (*Export*), spremi kopiju kao (*Save Copy As*) te spremi kao STL (*Save as STL*). Naravno, to podrazumijeva da se svaka komponenta pojedinačno pohranjuje. Korištenje opcije *Export* uključuje spremanje u originalni format *.f3d* (Fusion), ali i u neutralne formate kao što su *IGES* i *STEP* (slika 78). Dodatne opcije pohrane (npr. učestalost spremanja, spremanje pri zatvaranju modela, itd.) podešavaju se pomoću dijaloškog okvira vezanog uz svojstva (*Preferences*; gornji desni kut ekrana)

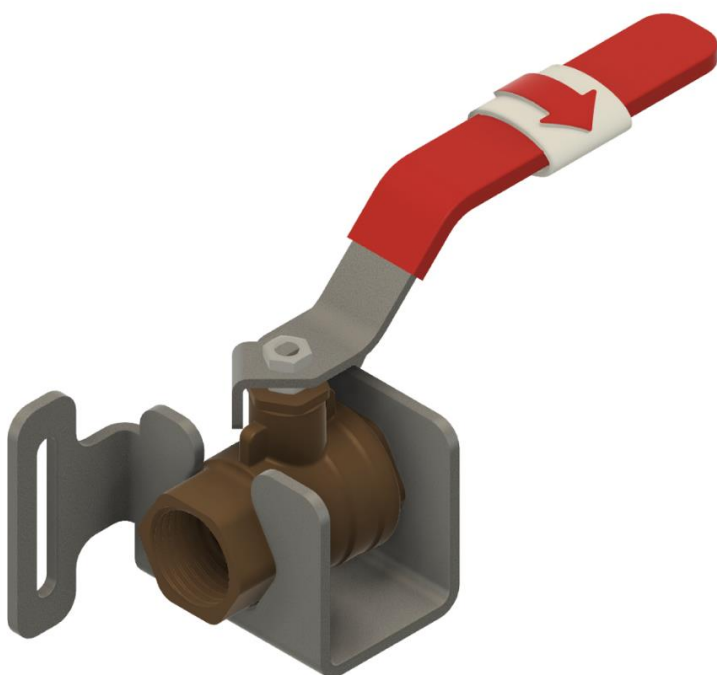


Slika 78. Prikaz podržanih izlaznih formata pri izradi sklopa

4.4. Vježba 13: Modeliranje sklopa kuglastog ventila

U ovoj vježbi ćemo sve komponente modelirane u prethodnim vježbama sklopiti u jedinstveni sklop kuglastog ventila. Također će nam biti potrebne komponente zadane u zadacima 3 i 5. Pri tome ćemo naizmjenično u model sklopa ubacivati pojedinačne komponente i između njih zadavati različite kinematske veze – tzv. zglobove (Joints). Pri tome je potrebno razmotriti koje komponente su zamišljeni kao fiksne, a koje kao pokretne te, ako se radi u pokretnim komponentama, koje je stupnjeve slobode gibanja potrebno osigurati. Također je važno naglasiti da se pri izradi modela sklopa često koriste standardni i kataloški dijelovi. Stoga će i ta mogućnost biti prikazana u sklopu ovih vježbi.

Model sklopa koji je potrebno sastaviti prikazan je na slici.

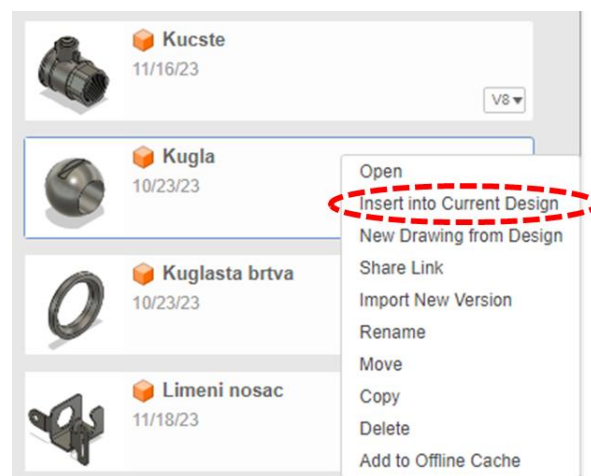


Započnite izradu novog dokumenta i spremite ga pod nazivom Sklop kuglastog ventila.

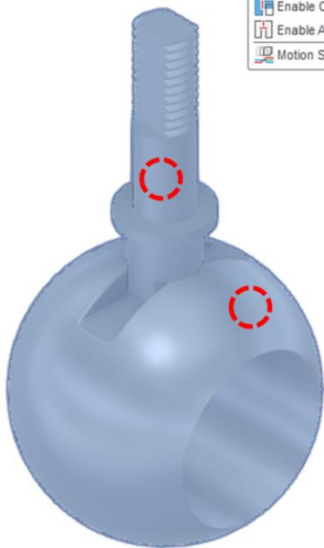
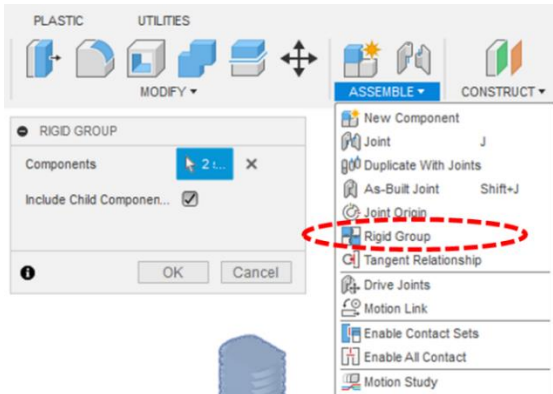
S lijeve strane, na ploči s podacima, dostupni su svi modeli koje smo do sada izradili. Desnom tipkom miša odaberite model kugle i odaberite opciju ubacivanja u trenutni dokument (Insert into Current Design).

Potvrdite zadani položaj komponente u prostoru sklopa.

Isto ponovite i s komponentom vratila.

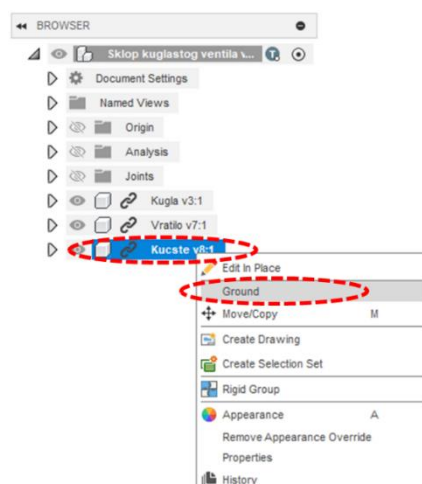


Između komponenti kugla i vratilo, možemo postaviti krutu vezu u položaju u kakvom se trenutno nalaze. Naime, zakretanjem vratila zakretat će se i kugla ventila. Da bismo to postigli, potrebno je odabrati obje komponente i u alatnoj traci odabrati operaciju krutog grupiranja (Rigid Group).

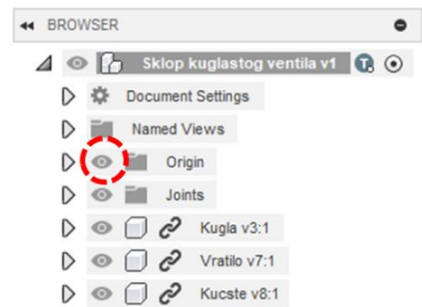


Sljedeća komponenta koju ćemo ubaciti je komponenta kućišta. Ovo je ujedno i komponenta koju želimo fiksirati u odnosu na ishodište prostora modeliranja sklopa. Za to ćemo koristiti alat za tzv. uzemljenje (Ground), odnosno za oduzimanje svih stupnjeva slobode gibanja.

Odmaknite grupu komponenata vratila i kugle na stranu. U pregledniku pritiskom desne tipke miša na komponentu kućišta, otvorite kontekstualni izbornik i odaberite stavku Ground. Rezultat je fiksiranje komponente u prostoru sklopa.

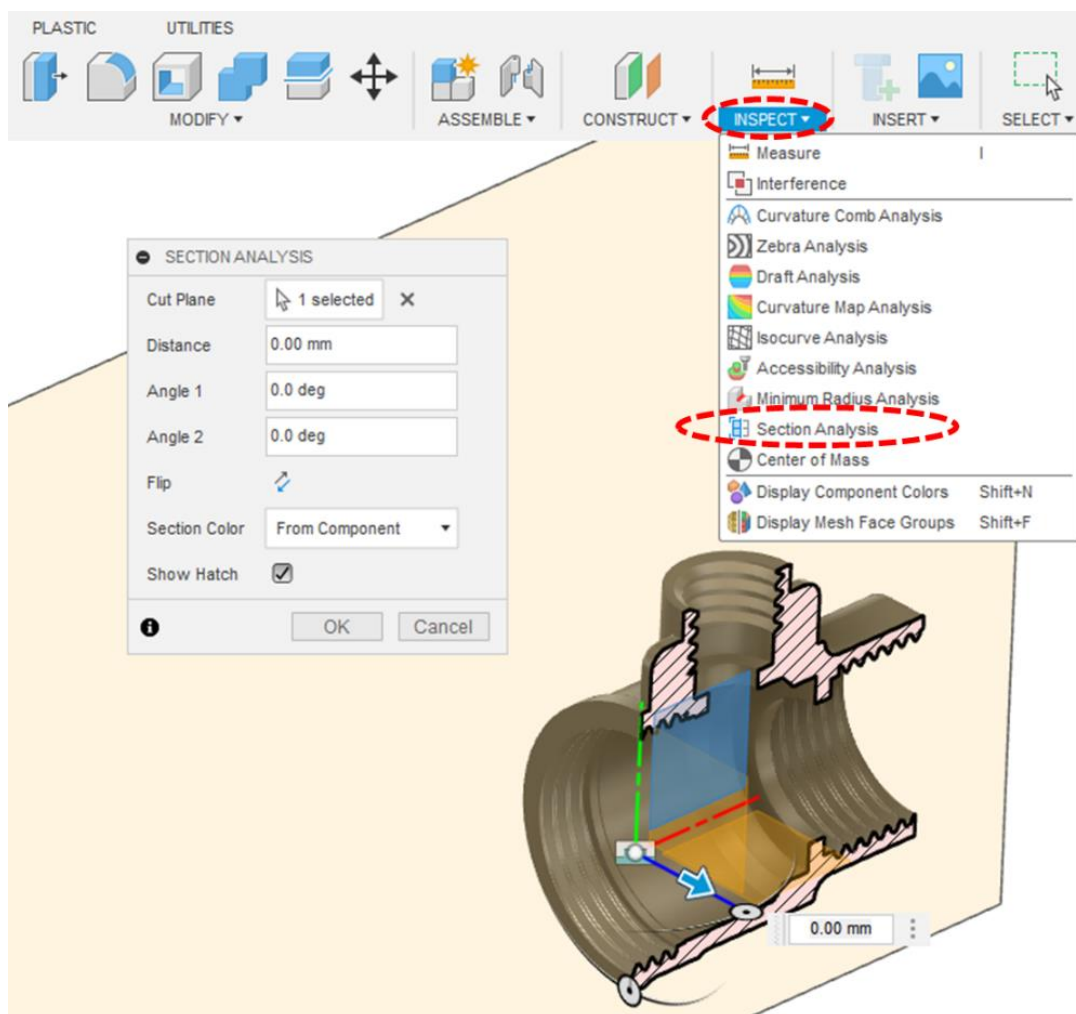


Primijetiti ćete da je komponente kugle i vratila i dalje moguće pomicati u prostoru, dok je model kućišta fiksiran. Isključite vidljivost prve skice komponente kućišta.

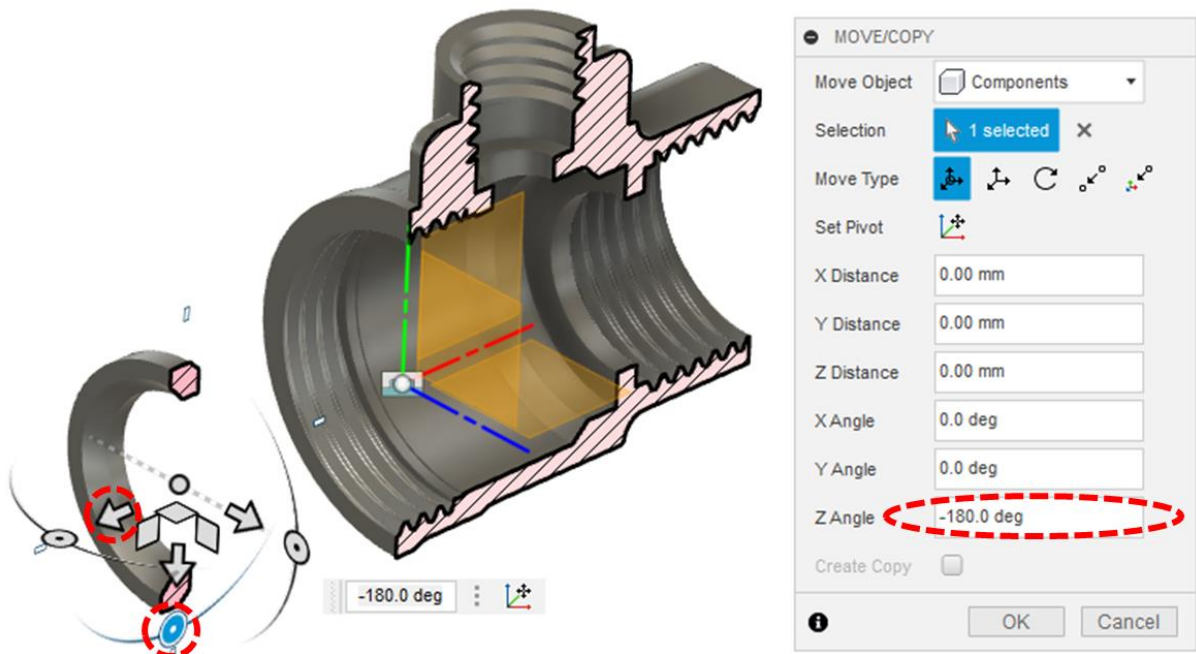


Kako bismo lakše povezivali komponente unutar kućišta, najprije ćemo izraditi prikaz presjeka modela. Najprije uključite vidljivost ishodišta i osnovnih osi pritiskom na simbol oka kraj mape Origin. Zatim u okviru padajućeg izbornika Inspect odaberite alat Section Analysis i kao plohu presjeka odaberite plohu XY.

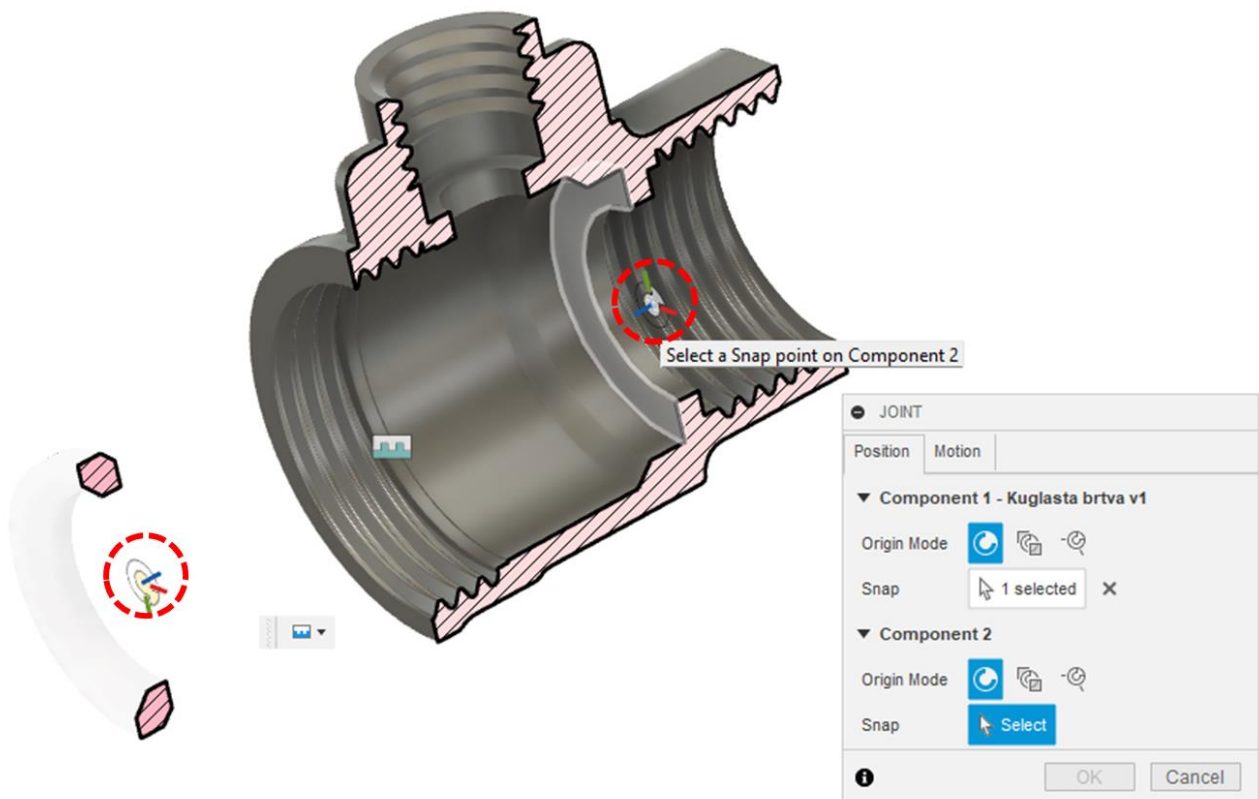
Potvrdite presjek. Nakon toga se u pregledniku mora pojaviti nova mapa naziva Analysis, a uključivanjem i isključivanjem vidljivosti iste mape uključuje se i isključuje pogled u obliku presjeka.



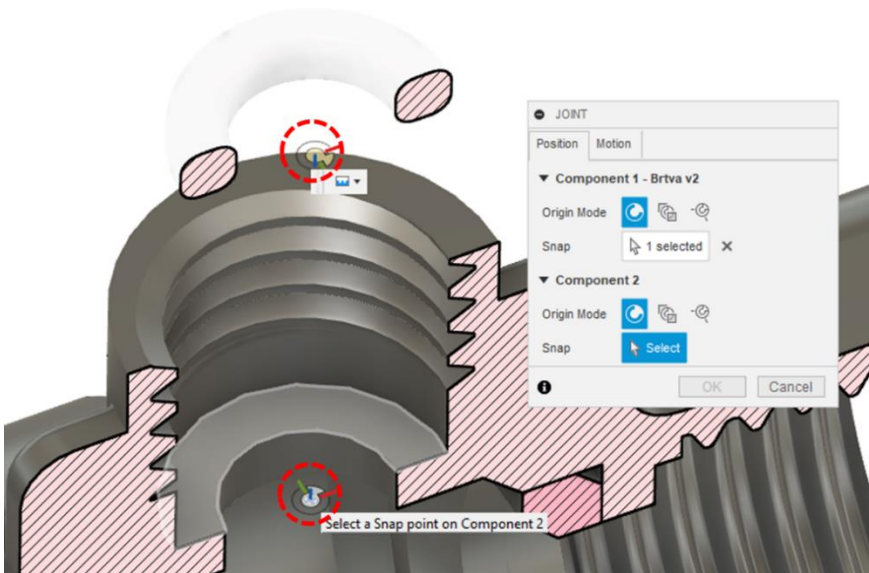
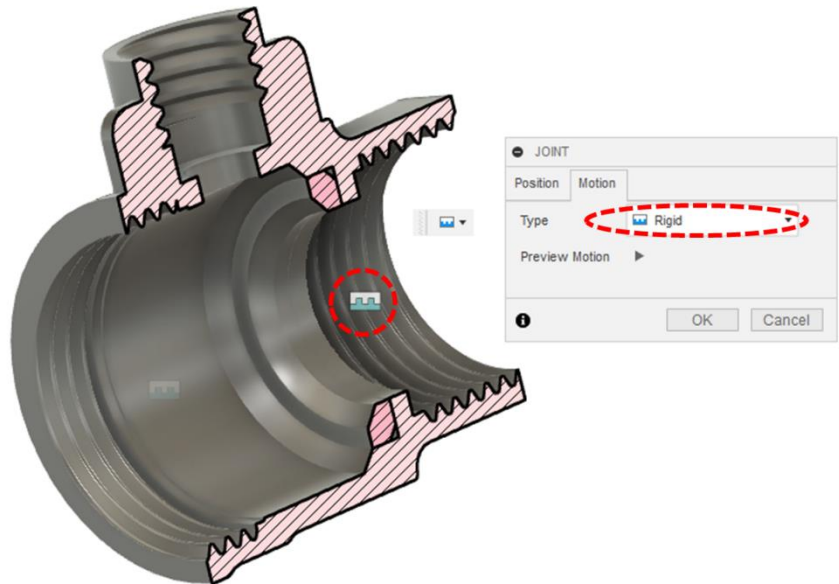
Ubacite model komponente kuglaste brtve i prije potvrđivanja ga zarotirajte oko osi Z za 180 stupnjeva (možete ga i malo izvući van iz kućišta suprotno od smjera osi X). Općenito je sve komponente najbolje dobro strateški pozicionirati koristeći alate za pomak pri njihovom ubacivanju.



Isključite vidljivost ishodišta i osnovnih ravnina. Koristeći alat Joint zadajte krutu vezu između središta plohe brtve koja gleda prema kućištu i središta plohe naslona u unutrašnjosti kućišta. Da biste označili središta, potrebno je najprije mišem dodirnuti plohu (sve dok se ne pojave točke koje označavaju veze) i nakon toga pritisnuti i drati tipku CTRL, uslijed čega će se pojaviti i točka u samom središtu plohe – ovu je točku zatim moguće odabrati lijevom tipkom miša).

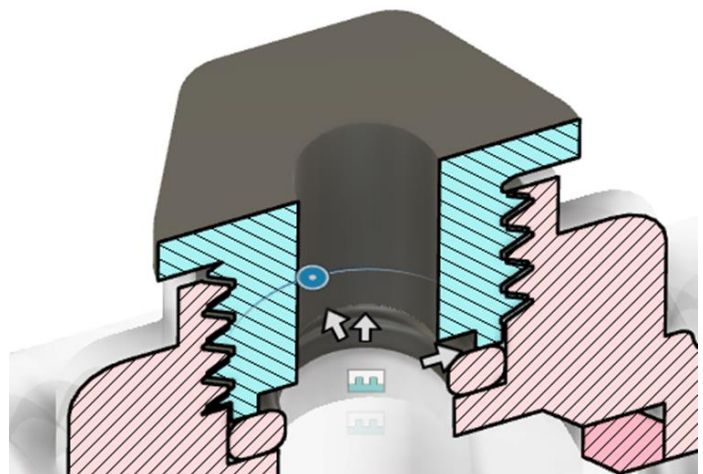


U jezičaku Motion odaberite krutu vezu (Rigid) između komponenti.



Ubacite komponentu brtve i smjestite je iznad kućišta. Koristeći alat Joint smjestite brtvu tako da njena donja ploha naliježe na plohu naslona u otvoru kućišta. Veza mora biti kruta.

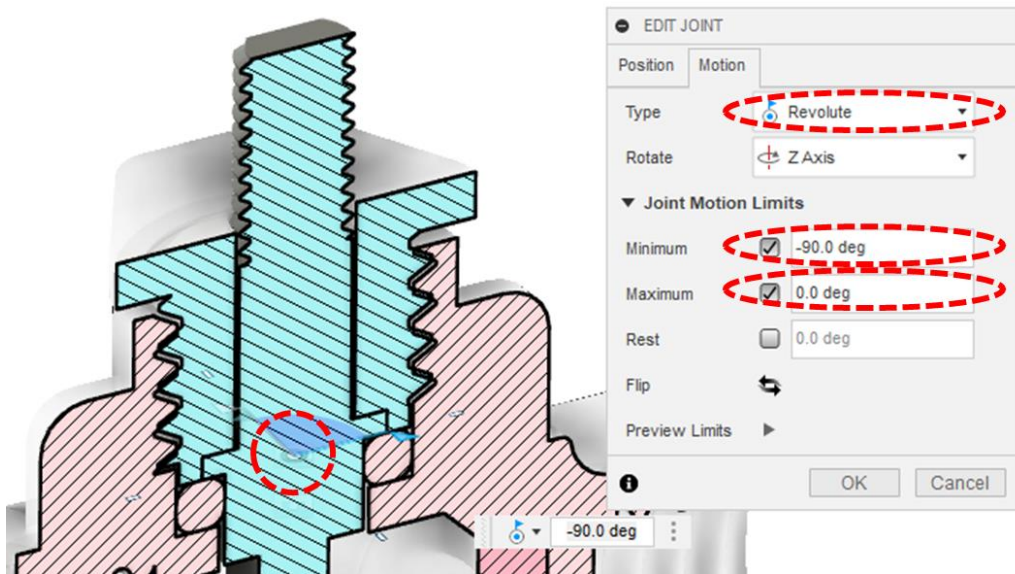
Nakon toga ubacite komponentu matica vratila, također je smjestite iznad kućišta, te je pozicionirajte tako da bude u predviđenom otvoru kućišta i naliježe na brtvu. I ovdje je riječ o krutoj vezi.



Vratilo s kuglom pozicionirajte tako da najširi

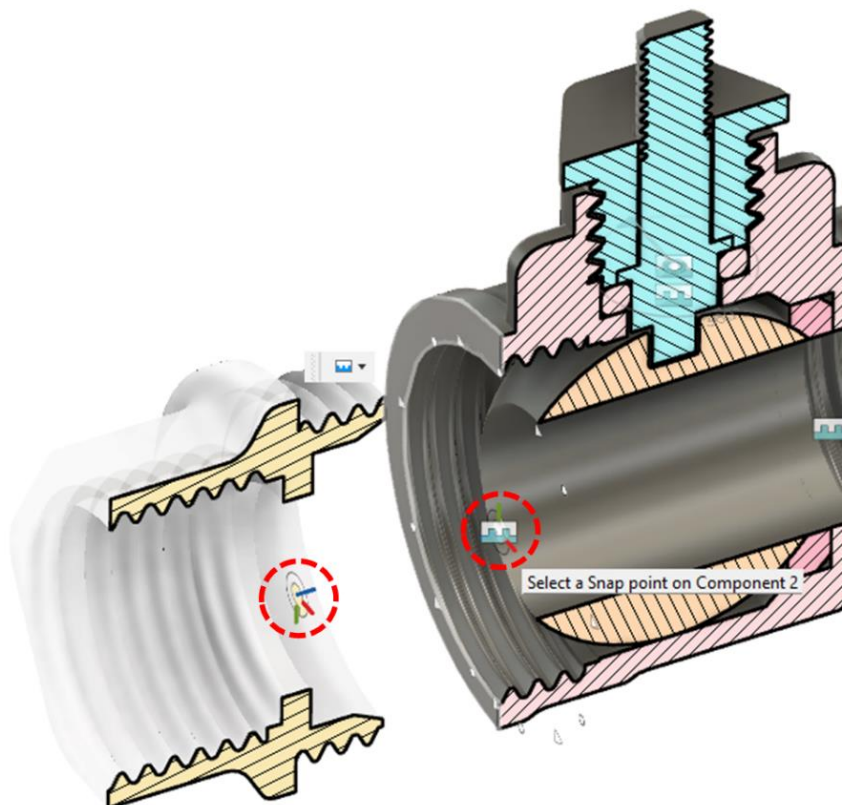
stupanj vratila bude u prostoru između brtve i matice vratila. Međutim, ovdje dobro pripazite da veza ne bude kruta, već u jezičku Motion odaberite opciju zakretanja (Revolute).

Postavite i granice zakretanja – minimalni kut -90° i maksimalni kut 0° .



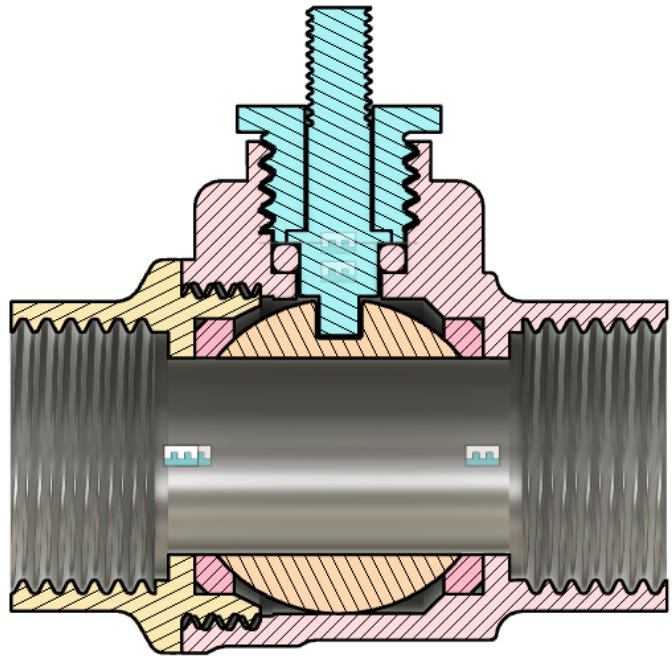
Primijetit ćete da su sada sve ubačene komponente, osim vratila i kugle, fiksne. S druge strane, vratilo s kuglom ima samo jedan stupanj slobode gibanja – moguće ih je zakretati oko osi Z i to samo za 90° .

Sljedeća komponenta koju ćemo ubaciti je Poklopac. Poklopac mora biti kruto vezan s kućištem. Tu je vezu najbolje uspostaviti preko središta dviju okruglih ploha na obje komponente.



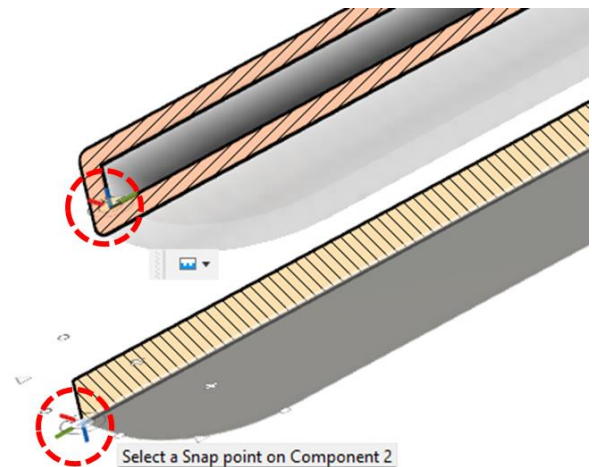
Ubacite još jednu kuglastu brtvu i smjestite je simetrično u odnosu na prvu. Veza mora biti kruta. Sklop bi sada trebao izgledati kao na slici.

S obzirom da su sve unutarnje komponente postavljene, moguće je isključiti pogled u presjeku.

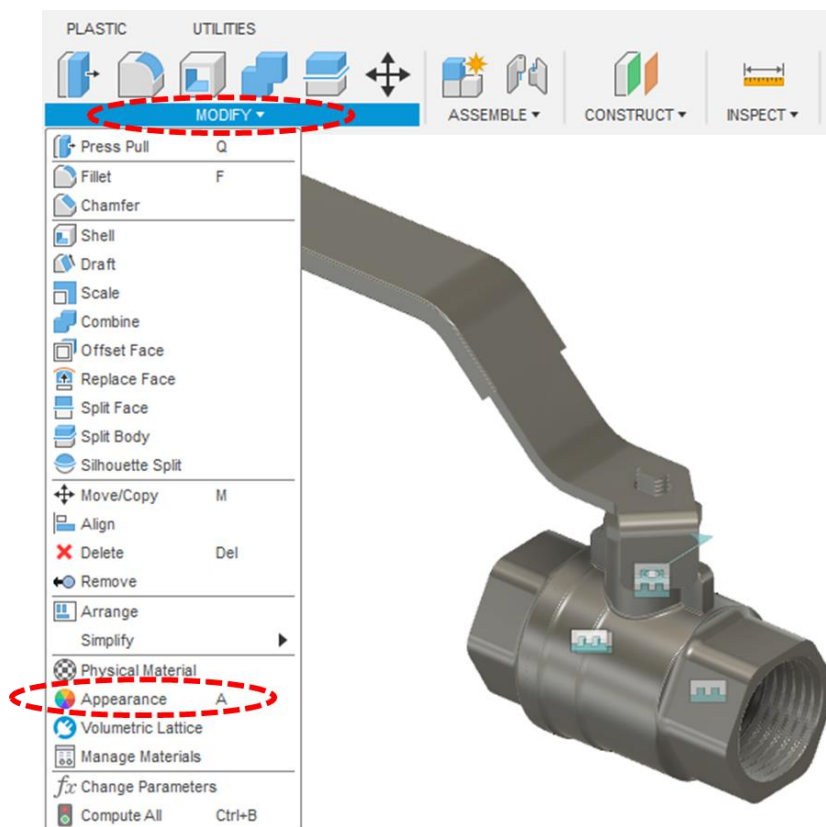


Ubacite komponentu ručke. Pri ubacivanju ručku smjestite tako da je u smjeru osi X pomaknete 12 mm, a u smjeru osi Y 30,5 mm. Koristeći alat za kruto grupiranje spojite ručku s vratilom.

Ubacite komponentu prevlake te je krutom vezom spojite na ručicu. Za to možete koristiti unutaršnju plohu prevlake (koristeći pogled presjeka) i vanjsku plohu ručice.

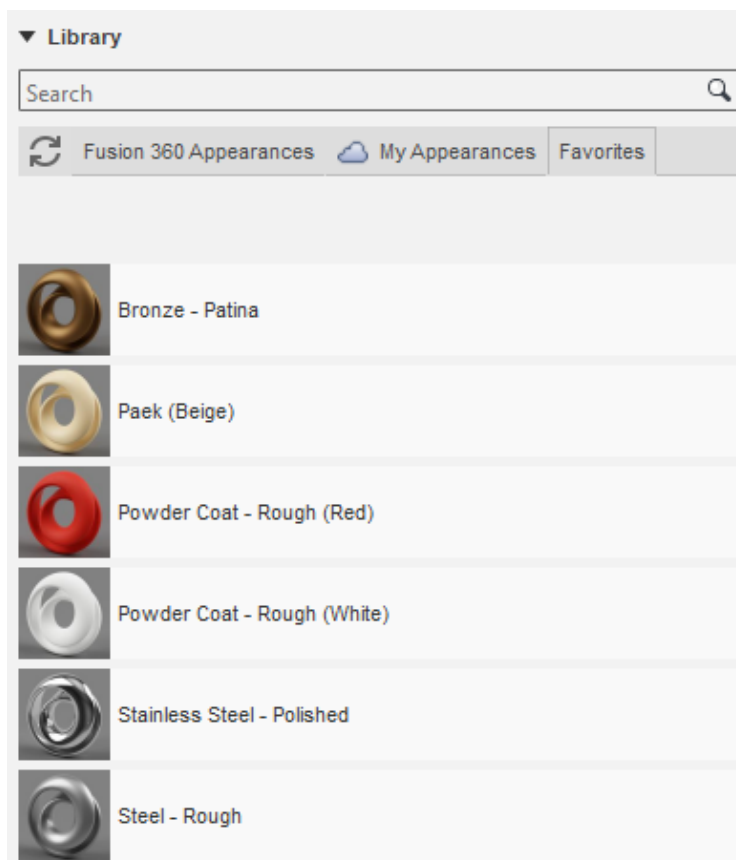


Radi boljeg snalaženja ćemo komponentama u sklopu zadati različiti izgled. U alatnoj traci u sklopu padajućeg izbornika Modify pokrenite alat za izgled (Appearance).



Pronađite sljedeće izgled materijala, preuzmite ih te ih dodajte kao favorite (desni pritisak tipke miša i odabir opcije Add to Favorites):

- Bronze – Patina
- Stainless Steel – Polished
- Steel – Rough
- Powder Coat – Rough (Red)
- Powder Coat – Rough (White)
- Paek (Beige)



Izgled materijala prenesite pritiskom miša na komponente kojima ih želite dodijeliti. Preporučujemo

da kućištu, poklopcu i matici vratila zadate materijal Bronze – Patina, brtvama Paek (Beige), kugli Stainless Steel – Polished, ručici i vratilu Steel – Rough, a prevlaci Powder Coat – Rough (Red).

Koristite prikaz presjeka za zadavanje izgleda unutarnjim komponentama.



Osim modeliranih komponenti, u model sklopa moguće je ubaciti i standardne te kataloške komponente. To je moguće na nekoliko načina.

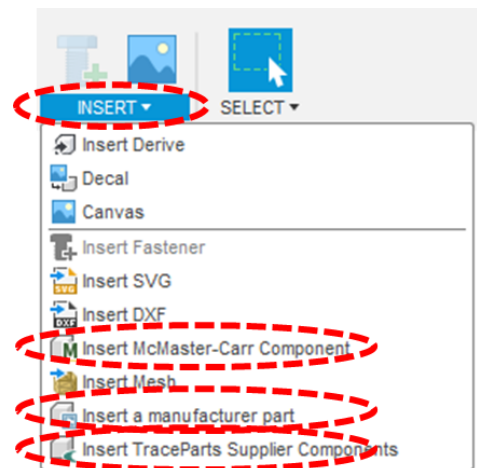
Prvi je pripremiti datoteku u neutralnom formatu (npr. STEP, IGES, STL i sl.) te se pomoću alata Upload preuzme u mapu s preostalim komponentama, a zatim poznatom procedurom ubaci u model sklopa.



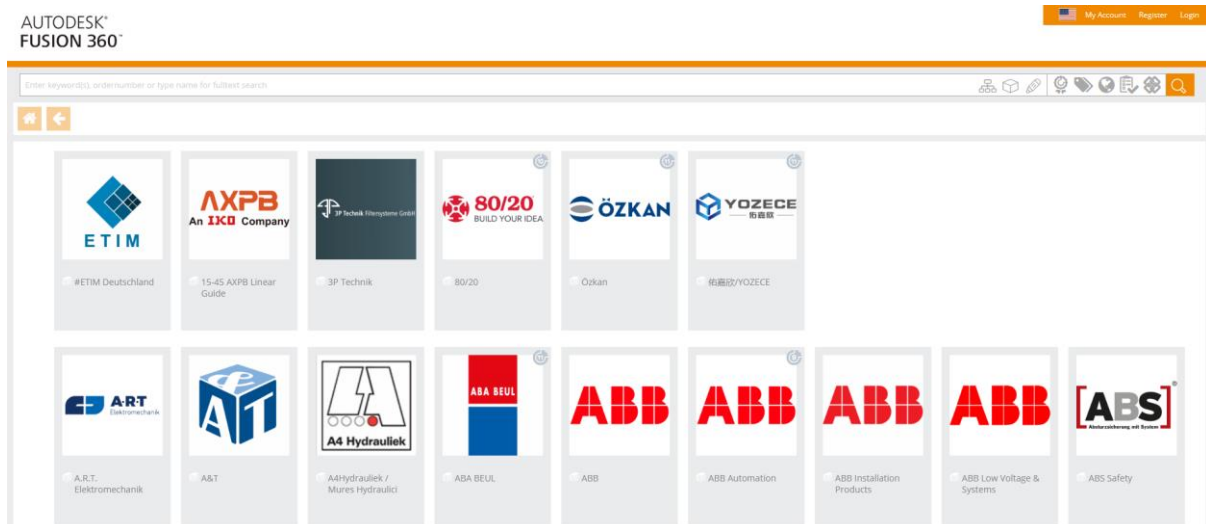
Drugi način je korištenje kataloga, kroz koje je komponente moguće direktno ubaciti u okruženje modeliranja sklopa. Na raspolaganju su katalogi McMaster-Carr, TraceParts te izvorni katalog programa Autodesk Fusion 360.

Svi katalogi dostupni su putem padajućeg izbornika za ubacivanje (Insert).

U sklopu ove vježbe bit će prikazano pretraživanje i ubacivanje komponenti korištenjem izvornog kataloga .



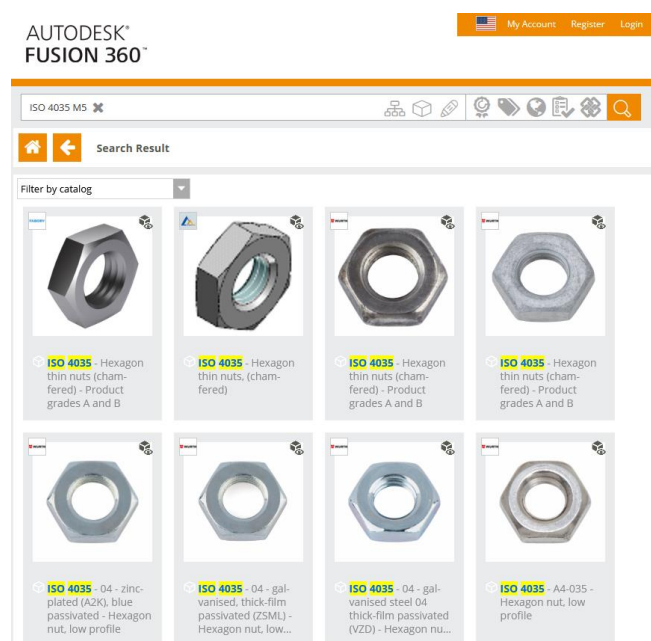
Kroz padajući izbornik Insert odaberite operaciju Insert a manufacturer part. Ova operacija vodi na web- stranicu na kojoj je moguće pretraživati katalogske dijelove različitih proizvođača.



Kako biste mogli koristiti ovaj katalog, morate naprije izraditi korisnički račun. Izrada korisničkog računa je besplatna. Nakon toga ćete biti u mogućnosti preuzimati modele komponenti dostupnih u katalogu.

U našem slučaju želimo pronaći maticu niskog profila veličine M5. Matica koju želimo odgovara standardu ISO 4035. Stoga u polje za pretragu možemo upisati ISO 4035 M5. U rezultatima se pojavljuju rezultati proizvoda koje nude različiti proizvođači.

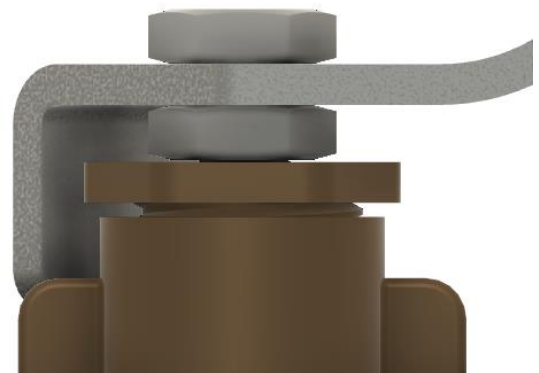
Odaberite jedan od rezultata.



Odabirom opcije ubacivanja proizvoda u Fusion 360 (pritiskom gumb To Autodesk Fusion 360), komponenta se ubacuje u model sklopa te ju je nakon toga standardnim procedurama moguće spojiti s ostalim komponentama.



Nakon ubacivanja matice napravite još jednu kopiju iste matice. Jednu maticu postavite na vratilo ispod ručice, a drugu iznad. Veza s ručicom mora biti kruta (kruta veza ili kruto grupiranje).

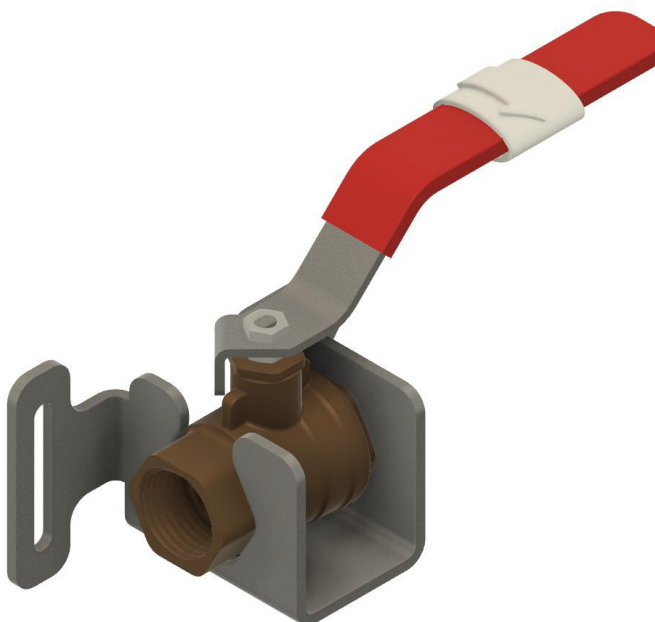
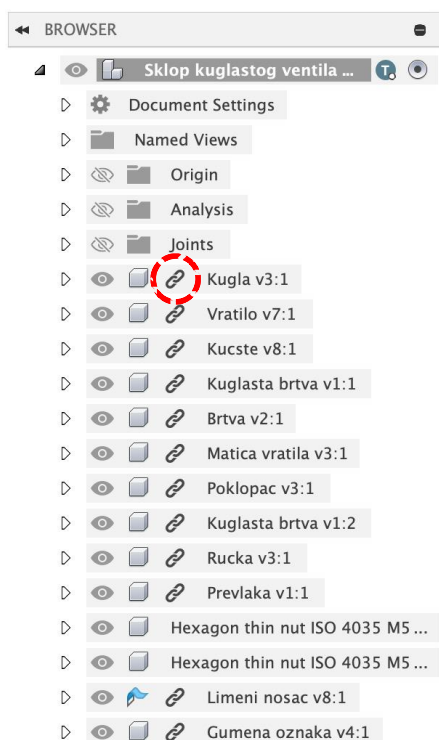
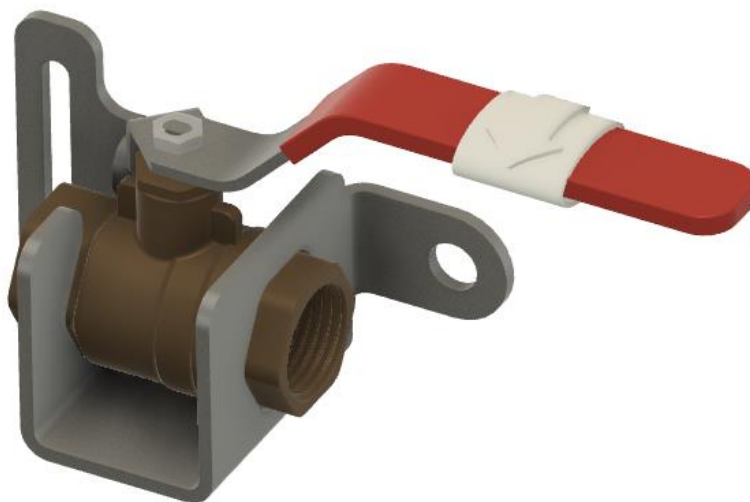


Konačno, u sklop ubacite još komponente limenog nosača i gumene oznake smjera.

Limeni nosač pri ubacivanju pomaknite 7 mm suprotno od smjera osi X, a gumenu oznaku smjera 55 mm suprotno od smjera osi X, 51 mm u smjeru osi Y i za 180° zakrenuta u odnosu na os Y. Limeni nosač kruto grupirajte s kućištem, a gumenu oznaku smjera s prevlakom ručice.

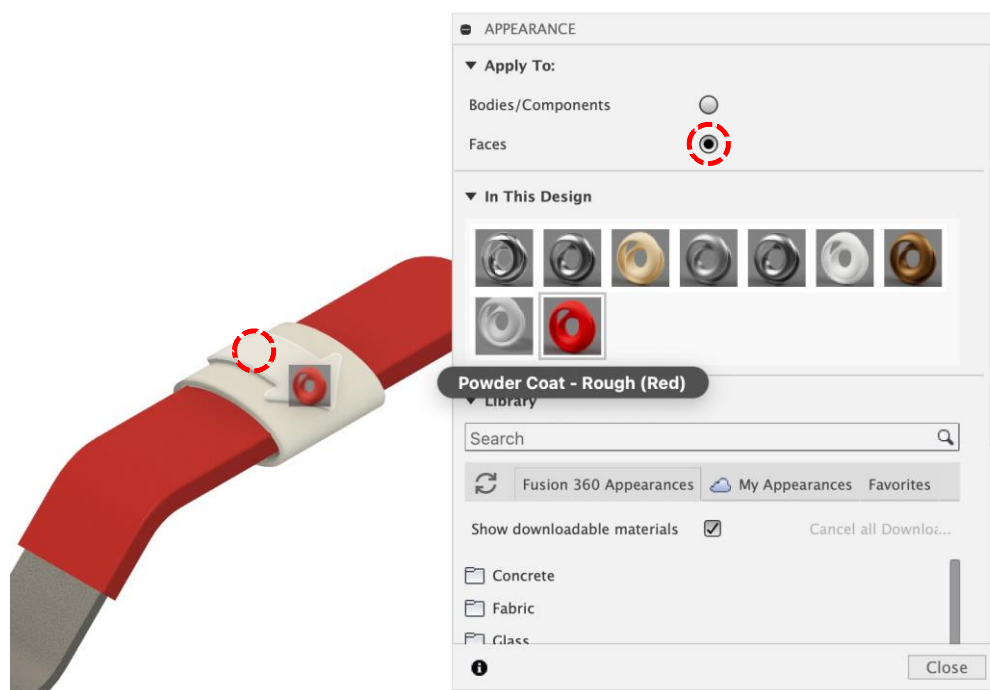
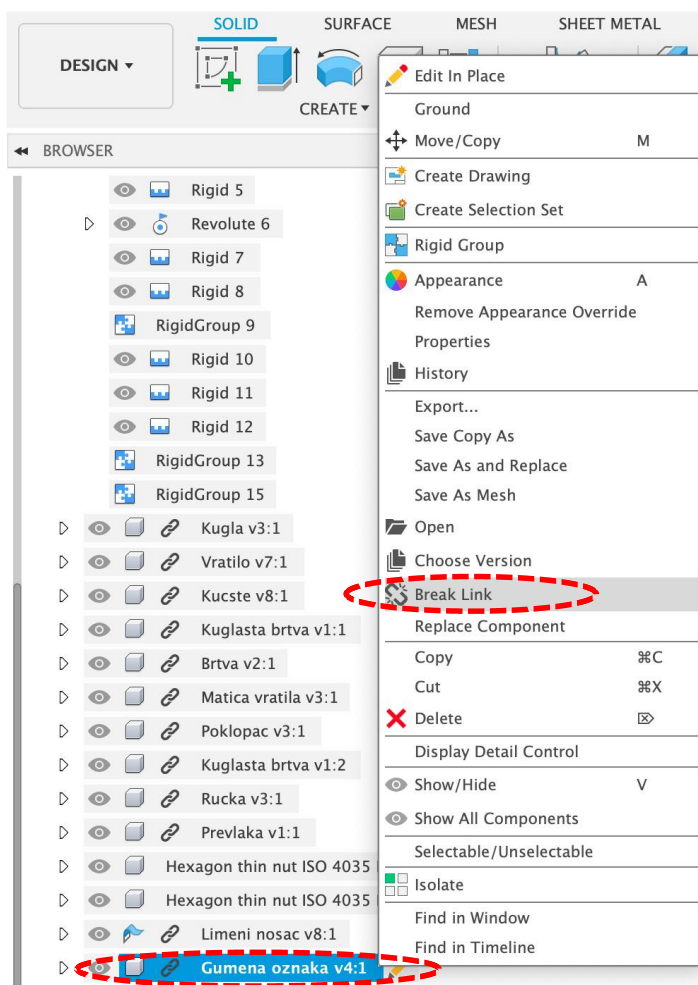
Limenom nosaču dodijelite izgled materijala Steel – Rough, a gumenoj oznaci smjera Powder Coat – Rough (White).

Primijetit ćete da sve komponente koje smo modelirali izvan konteksta sklopa imaju pokraj svog naziva oznaku poveznice (karika lanca) na datoteku modela komponente u kojoj je ona izvorno modelirana. To znači da će se svaka promjena izvornog modela reflektirati i u modeli sklopa. Na primjer, promjena duljine ručice u modelu te komponente, reflektirat će se tako da se duljina ručice promijeni i u sklopu.



Ako to želimo izbjeći, moguće je ove veze poništiti. Na primjer, pritiskom desne tipke miša na komponentu Gumena oznaka, odaberite opciju poništavanja poveznice (Break Link). Sada se bilo kakva promjena ovog modela u sklopu neće reflektirati na izvorni model i suprotno.

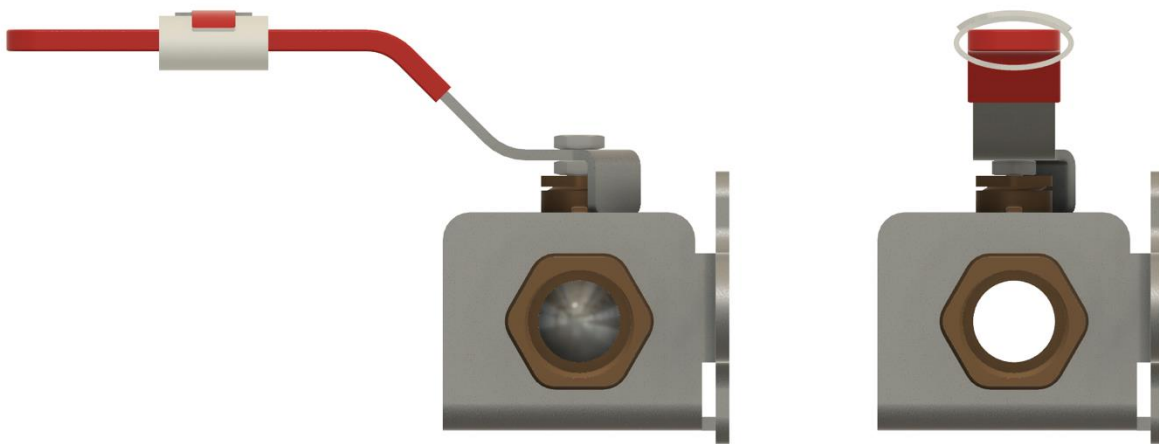
Ovo je ujedno i preduvjet za dodjeljivanje izgleda materijala pojedinačnim ploham na modelu komponente. Na primjer, ako površinu strelice na gumenoj oznaci želimo obojati u drugačiju boju, potrebno je najprije poništiti poveznicu. Zatim je, pomoću alata za promjenu izgleda (Appearance), moguće plohi dodijeliti izgled materijala Powder Coat – Rough (Red), ograničavajući se samo na plohe (Apply To: Faces). Dovoljno je izgled materijala pritiskom miša prenijeti na željenu plohu.



Ne zaboravite spremiti model.

Na kraju isprobajte još funkcionalnost sklopa. U položaju kada se ručica zakrene u smjeru strelice na

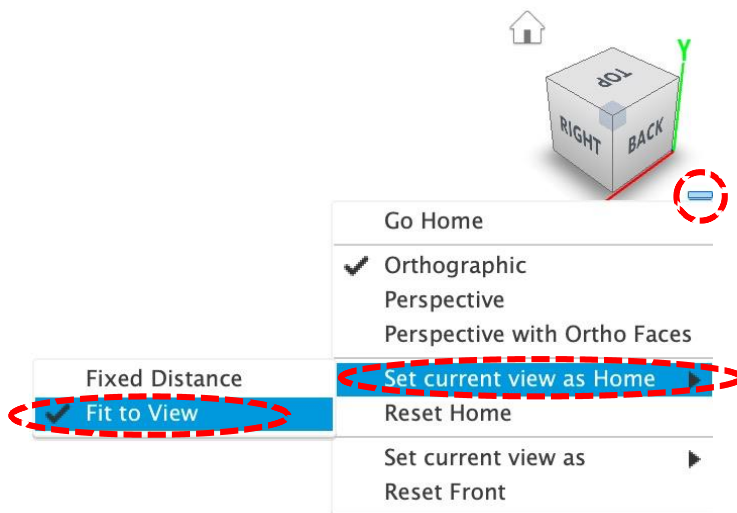
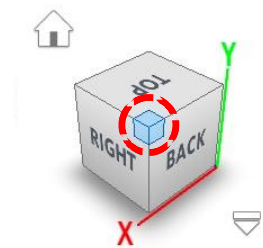
gumenoj oznaci smjera, ventil bi trebao biti zatvoren. U suprotnom, ventil je otvoren.



4.5. Vježba 14: Izrada fotorealističnih prikaza

U ovoj vježbi izradit ćemo vizualizacije, odnosno fotorealistične prikaze sklopa iz prethodne vježbe. Za to ćemo koristiti posebno okruženje naziva Render.

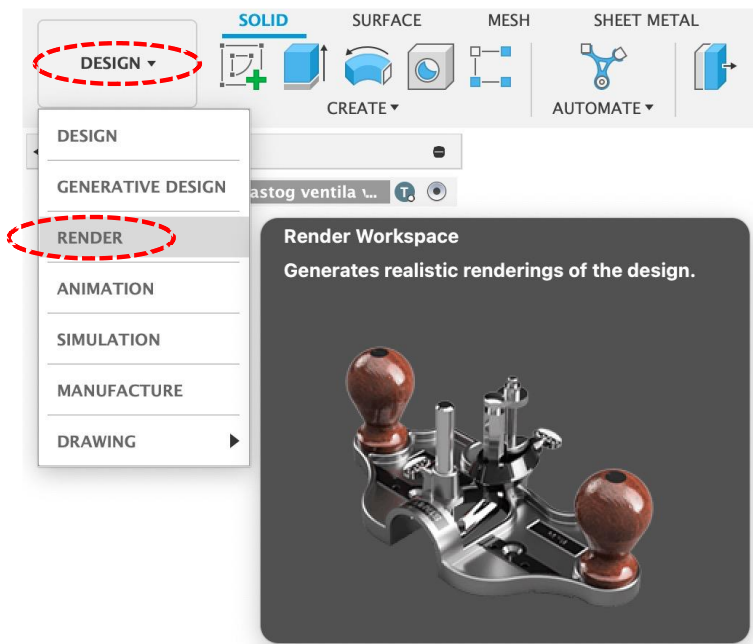
Za početak otvorite model sklopa (Sklop kuglastog ventila). Iskoristite alat kocke s pogledima (u gornjem desnom kutu grafičke površine) da biste namjestili izometrijski pogled na model (odaberite vrh kocke u kojem se spajaju ravnine Top, Right i Back).



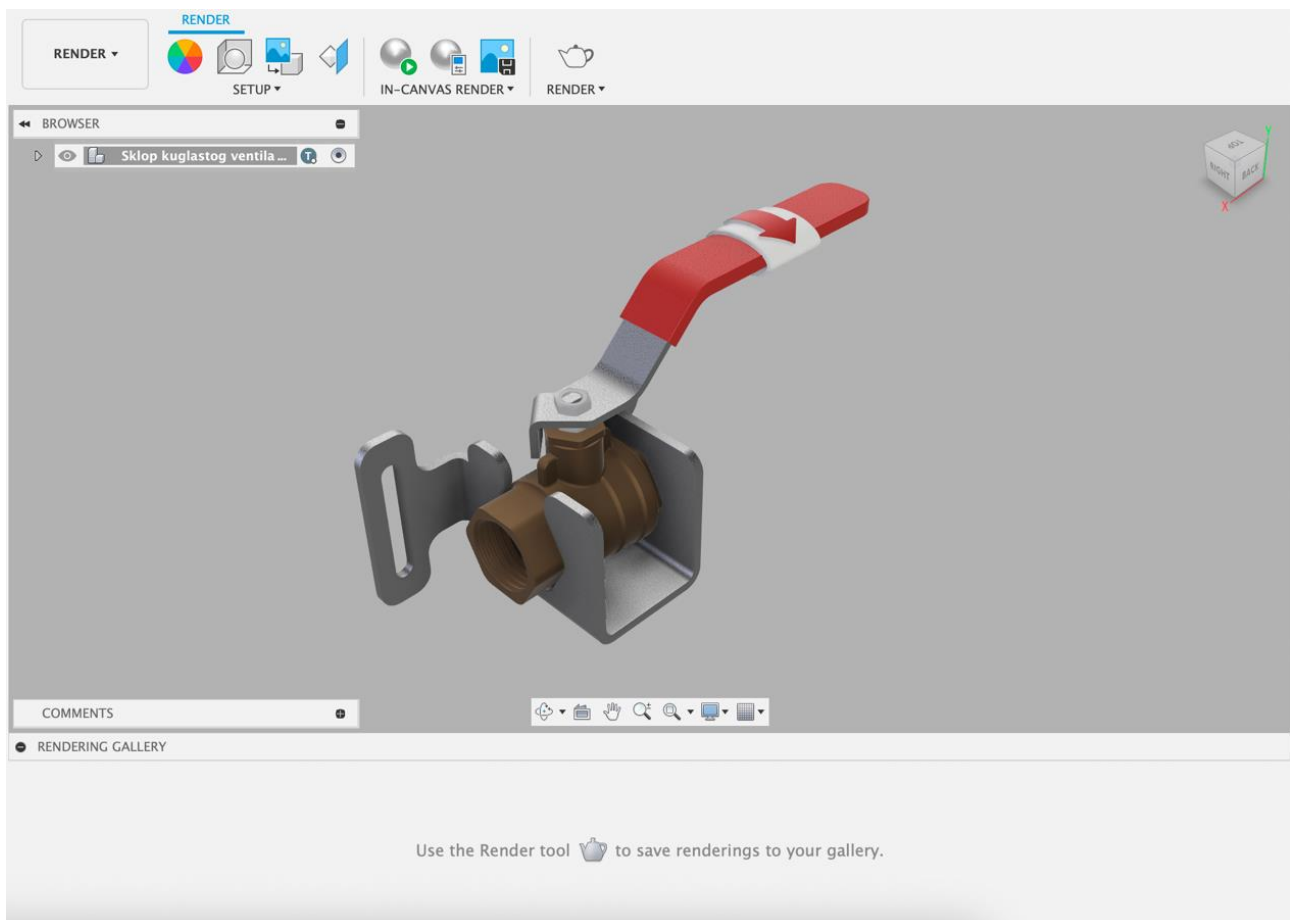
Zatim u padajućem izborniku alata za pogled (ispod kocke) postavite trenutni pogled kao početni, s opcijom prilagodbe veličine grafičkoj površini (Set current view as Home -> Fit to View).

Sada će za povratak na ovaj pogled biti dovoljno kliknuti na ikonu kuće koja se nalazi pokraj kocke s pogledima.

Da bi iz se iz okruženja za modeliranje dijelova i sklopova prebacili u okruženje za vizualizacije, potrebno je na lijevoj strani alatne trake pomoću padajućeg izbornika DESIGN promijeniti u RENDER.



U ovom okruženju postoji samo jedan jezičak, a koji se sastoji od alata za promjenu izgleda modela (materijala), scene, naljepnice i teksture. Također su dostupni alati za postavljanje i pokretanje procesa izrade fotorealističnog prikaza (renderiranja).

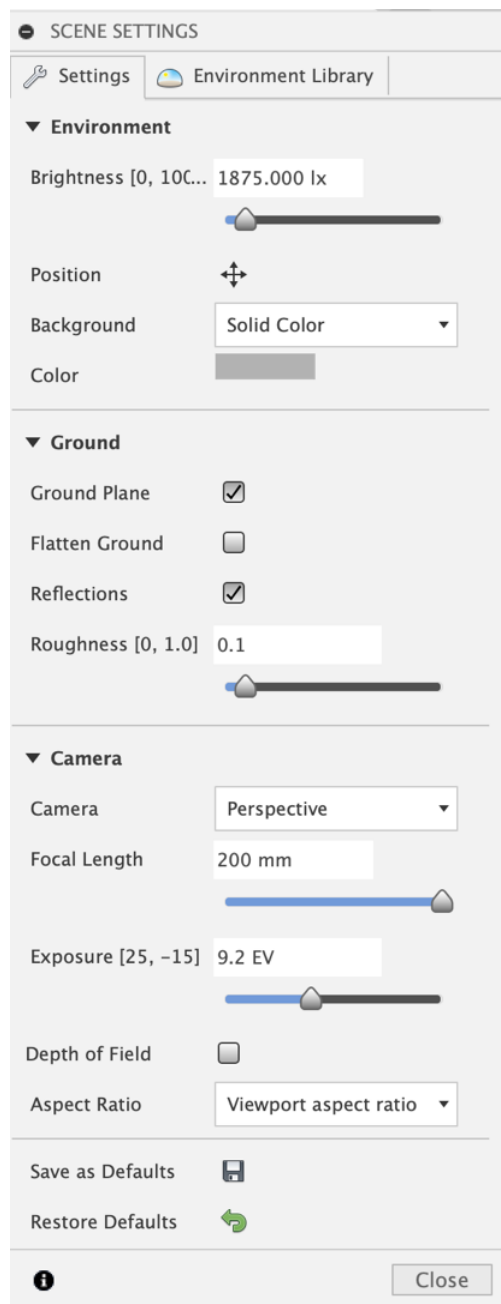


Alat za promjenu izgleda funkcionira identično onome koji smo prethodno koristili pri modeliranju

sklopa.

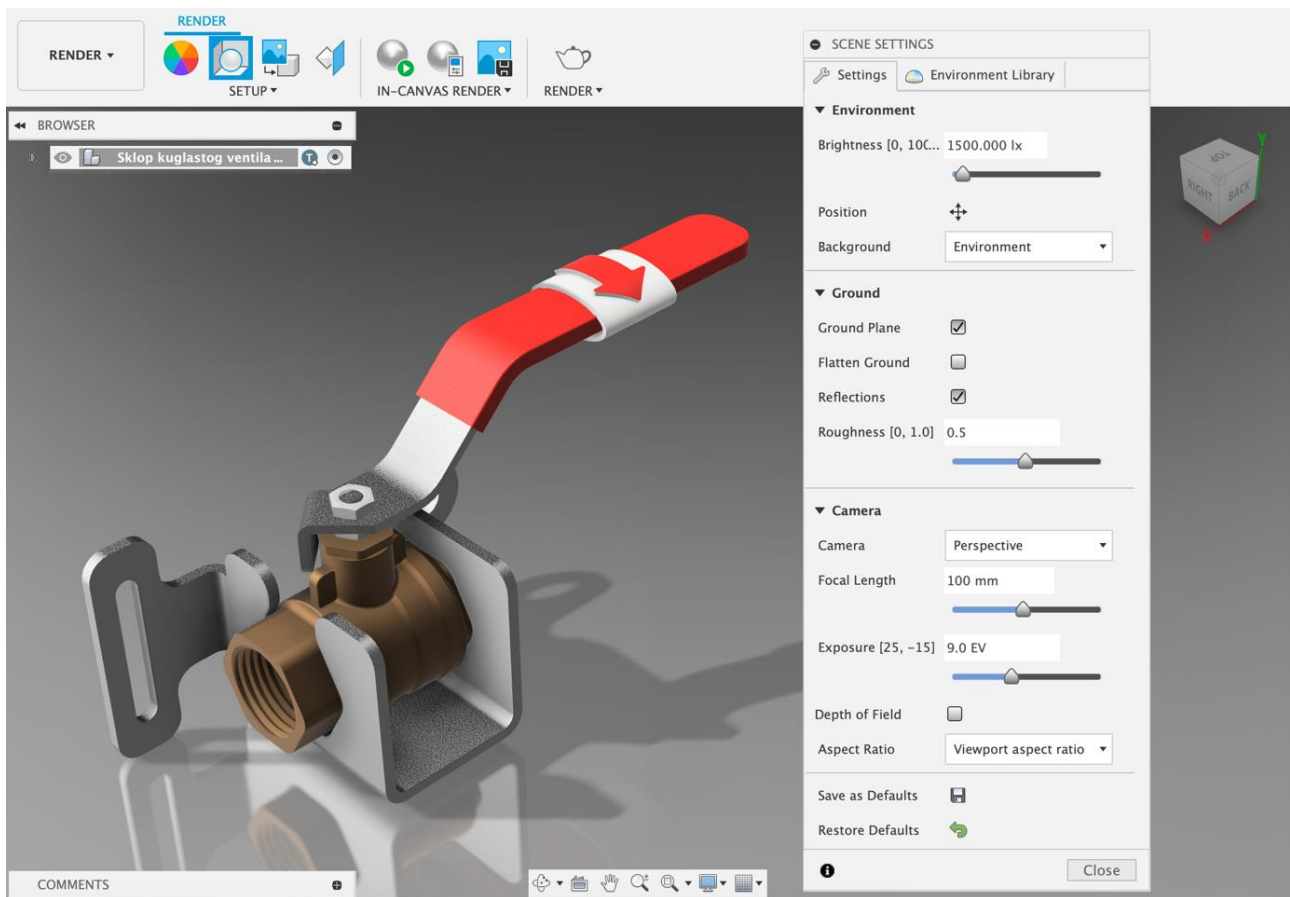
Alatom za promjenu postavki scene (Scene Settings) moguće je prilagoditi izgled scene (okruženja) i parametre leće kojima se imitiraju postavke fotoaparata. Izgled scene uključuje:

- razinu osvjjetljenja (Brightness) u rasponu od 0 do 100000 luksa (lx)
- položaj pozadinske slike (Position)
- vrstu pozadine (Background) koja može biti boja (Solid Color) ili okruženje s teksturama (Environment)
- uključivanje poda (Ground Plane), te njegovo dodatno zaglađivanje (Flatten Ground) i mogućnost reflektiranja modela od poda (Reflections), uzimajući u obzir hrapavost površine poda (Roughness) u rasponu od 0 do 1
- vrstu prikaza kamere koja može biti ortogonalna (Orthografic) ili perspektiva (Perspective)
- u slučaju perspektive moguće je definirati žarišnu duljinu (Focal Length) leće fotoaparata u rasponu od 10 do 200 milimetara (mm)
- ekspoziciju (Exposure) fotoaparata u rasponu od 25 do -15 EV (tzv. vrijednost ekspozicije) koja odgovara količini propuštenog svjetla tijekom izrade slike
- dubinu polja (Depth of Field), kojom je moguće definirati područje modela u žarištu i zamućenje u rasponu od 0.001 do 1
- omjer slike (Aspect Ratio) kojim se definira odnos širine i visine slike (npr. 1:1, 4:3, 16:9, 5:4, 4:5 ili što je korisnik zadao)
- u jezičku Environment moguće je učitati jedno od postojećih okruženja s teksturama, koje je zatim moguće koristiti kao pozadinu (Background), ali ima i direktan utjecaj na zadane vrijednosti parametara jačine i položaja osvjjetljenja

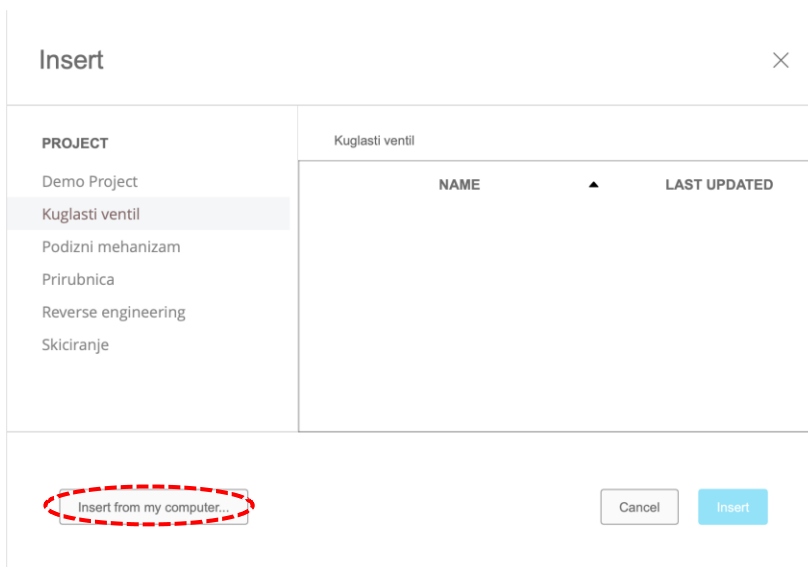


U jezičku Environment odaberite predložak okruženja Photobooth. Preuzmite okruženje i nakon toga ga, držeći pritisnutu lijevu tipku miša, prebacite na grafičku površinu kako biste ga primijenili u okolinu modela.

U jezičku Settings prilagodite razinu osvjjetljenja na 1500 lx, kao pozadinu odaberite teksturu zadane okoline (Environment), uključite prikaz i refleksiju poda te njegovu hrapavost povećajte na 0,5. Uz to uključite vrstu prikaza u perspektivi (Perspective) sa žarišnom duljinom 100 mm i ekspozicijom 9 EV.



Pomoću alata Decal ubacit ćemo ubaciti naljepnicu s natpisom ZATVORI. Sliku možete napraviti i sami, imajući na umu da pozadina iza bijelih slova bude prozirna i da slika bude u PNG formatu.



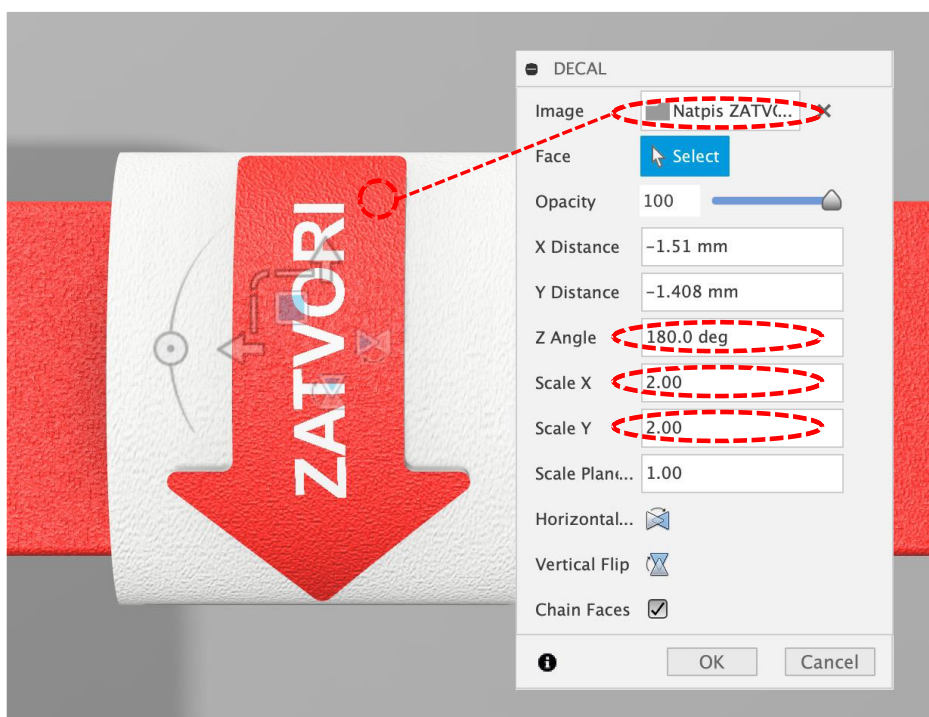
Pokrenite Decal i u izborniku za ubacivanje (Insert) odaberite način ubacivanja datoteke s računala.

Pronađite sliku naljepnice na računalu i učitajte je.

Nakon toga pomoću kocke s pogledima namjestite pogled na model sa smjera Top i lijevom tipkom miša odaberite plohu u obliku strelice.

Koristeći operacije skaliranja i rotacije smjestite naljepnicu tako da bude prikladne veličine i smjera (kao na slici).

Vratite spremljeni početni pogled na model.



Pomoću alata za

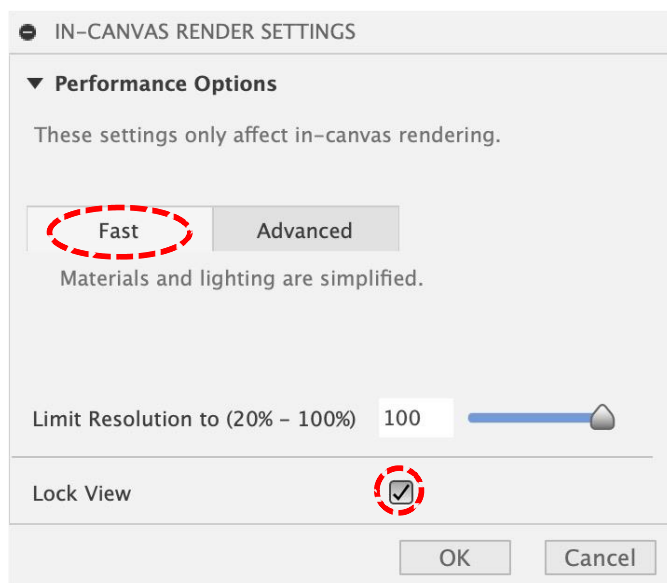
renderiranje unutar grafičke površine (In-canvas Render), moguće je pokrenuti inicijalni pregled rezultata izrade fotorealističnog prikaza. U tom slučaju izrađuje se prikaz niže kvalitete, a koji može poslužiti kao provjera postavki koje su važne za vizualizaciju (poput tekstura, osvjetljenja, ekspozicije i dr.). U ovom načinu pregleda moguće je manipulirati modelom (rotirati, uvećavati i sl.) te će se nakon svake promjene prikaz osvježiti.

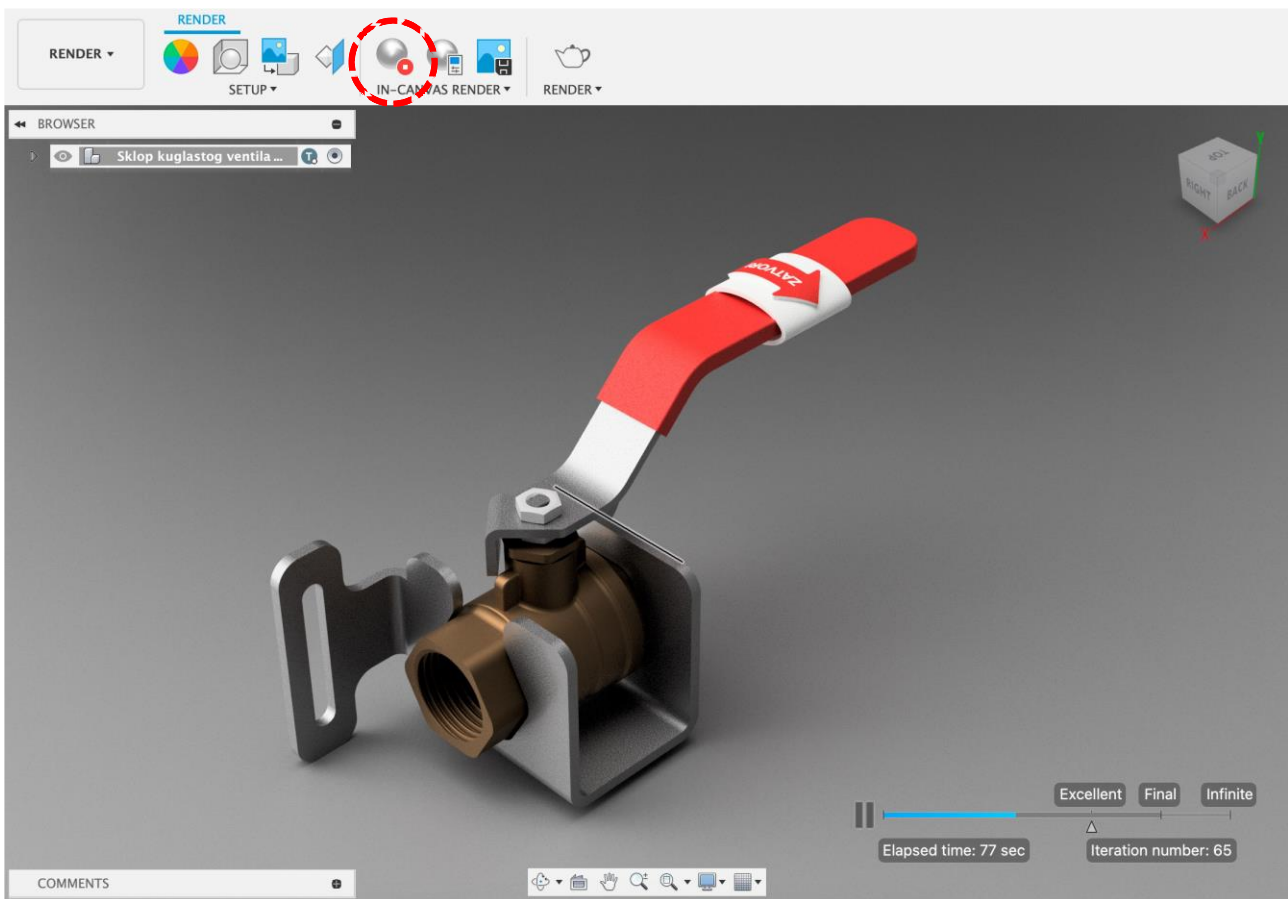
Kvalitetu inicijalnog fotorealističnog prikaza moguće je prilagoditi koristeći alat In-canvas Render Settings. Moguće je birati između brzog (Fast) i naprednog (Advanced) renderiranja te ograničiti razlučivost u rasponu od 20 do 100 %.

Također je moguće zaključati trenutni pogled na model kako slučajno ne bi dolazilo do promjene pogleda i ponovnog pokretanja renderiranja, nakon što je ono već pokrenuto.

Odaberite postavke brze izrade inicijalnog fotorealističkog prikaza i zaključajte pogled.

Sada pokrenite izradu inicijalnog fotorealističnog prikaza. Koristeći isti gumb možete renderiranje u bilo kojem trenutku zaustaviti.

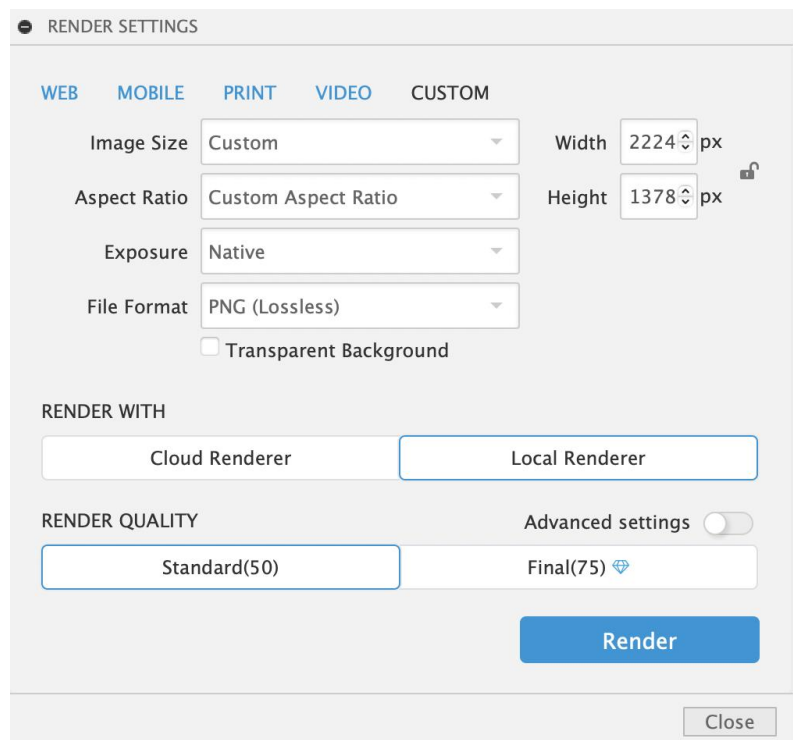




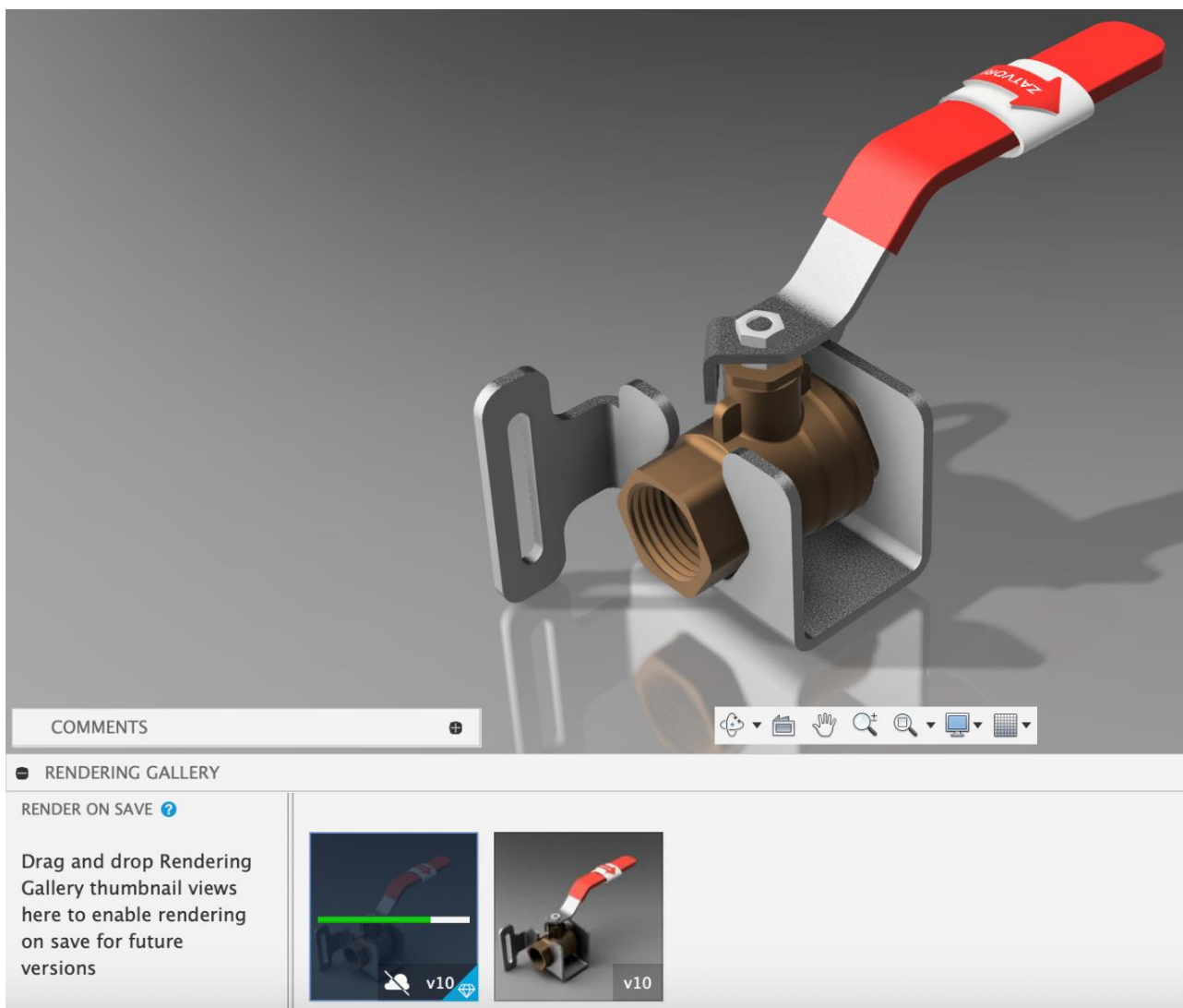
Pomoću alata za okidanje slike (Capture Picture) možete trenutni prikaz na grafičkoj površini spremiti u obliku datoteke slike u .PNG, .JPG ili .TIFF formatu. Sliku je moguće spremiti u okviru projekta ili na disk računala.

Konačno, na samom desnom kraju alatne trake nalazi se alat za izradu fotorealističnih prikaza visoke kvalitete. Moguće je prilagoditi veličinu i razlučivost prikaza, omjer širine i visine, ekspoziciju, format datoteke u kojoj će prikaz biti pohranjen te način (lokalno na računalo ili koristeći uslugu računarstva u oblaku) i kvalitetu (standardna ili visoka) renderiranja. Imajte na umu da u slučaju visoke kvalitete renderiranja u oblaku postoji mogućnost naplate u obliku posebnih kredita.

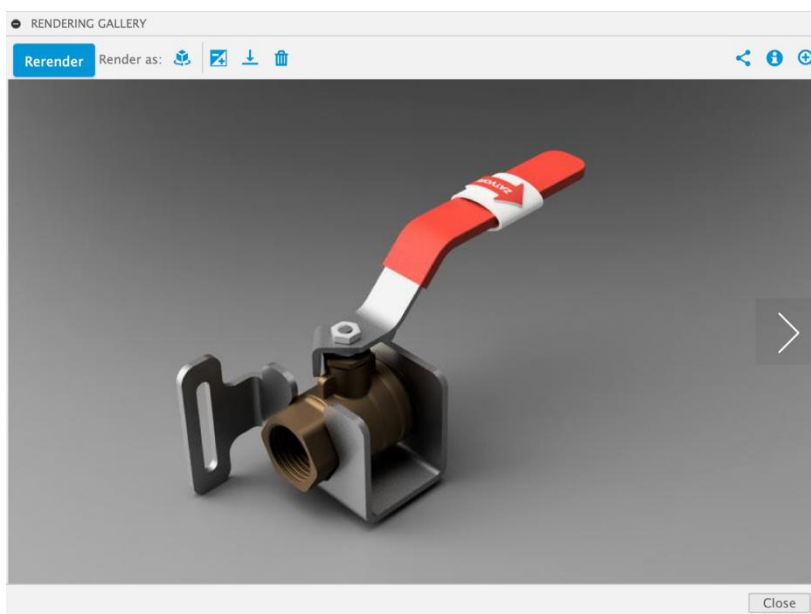
Nakon što ste odabrali postavke i



pokrenuli renderiranje (Render), postupak će se odvijati u pozadini. Konačne rezultate možete vidjeti u okviru galerije (Render Gallery) ispod grafičke površine.



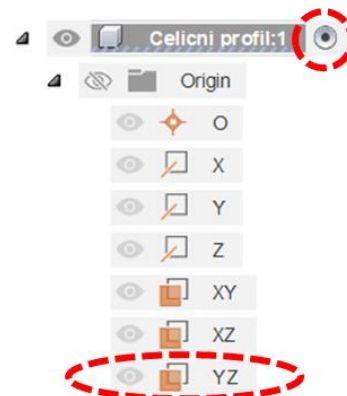
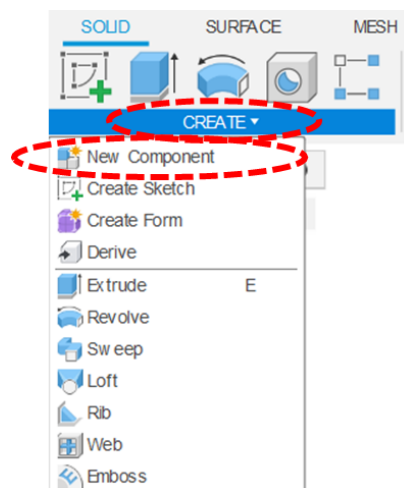
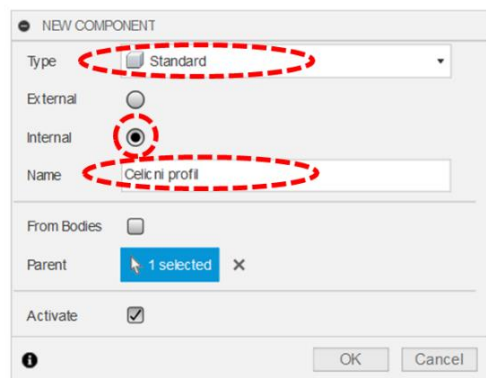
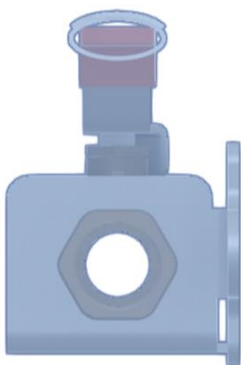
Odabirom prikaza u galeriji otvara se slika u punoj rezoluciji. Sliku je zatim moguće preuzeti, izbrisati ili dodatno obraditi.



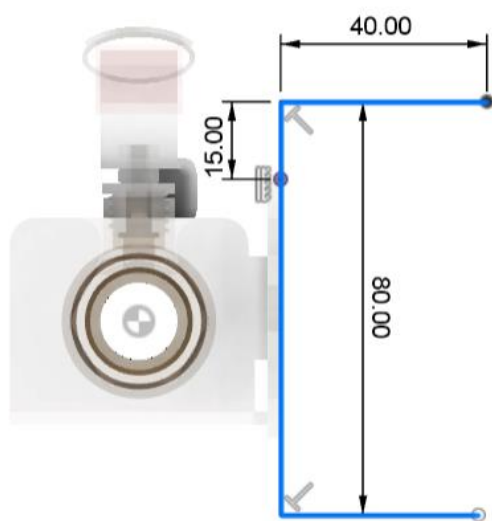
4.6. Vježba 15: Modeliranje dijelova u kontekstu sklopa

U ovoj vježbi prikazat ćemo modeliranje dijelova u kontekstu sklopa i ubacivanje standardnih komponenti iz kataloga McMaster-Carr. Ove korake napraviti ćemo u sklopu kuglastog ventila koji smo prethodno modelirali. Stoga najprije otvorite taj sklop.

Izradite novu komponentu tako da u jezičku Create odeberete alat New Component. Komponentu nazovite Čelčni profil i postavite je kao komponentu spremljenu unutar istog dokumenta (Internal) i to kao standardnu komponentu.

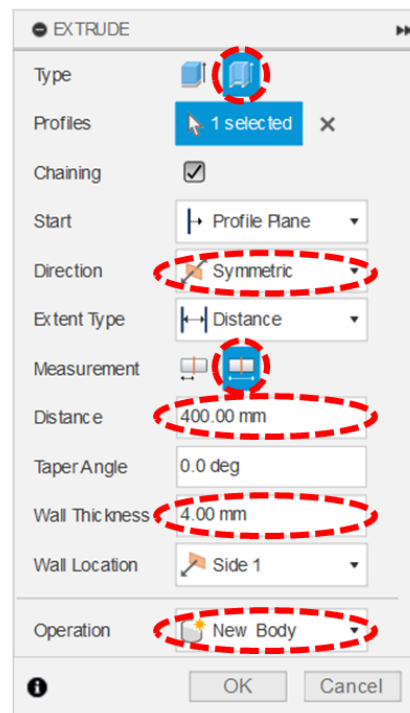
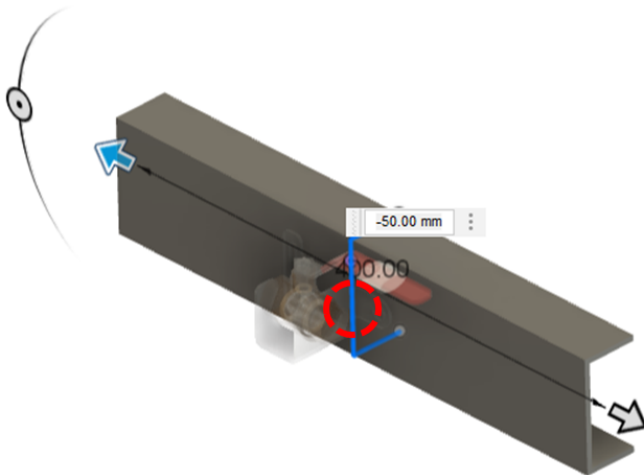


Izradom nove komponente započijne modeliranje u kontekstu sklopa. Primijetit ćete kako su sve ostale komponente postale prozirne te kako je u pregledu moguće prelaziti između modeliranja komponente i sklopa odabirom okruglog gumbića pokraj njihovih imena (sklop se nalazi na samom vrhu preglednika, a nova komponenta na dnu). Prije sljedećih koraka provjerite je li uključeno modeliranje komponente.

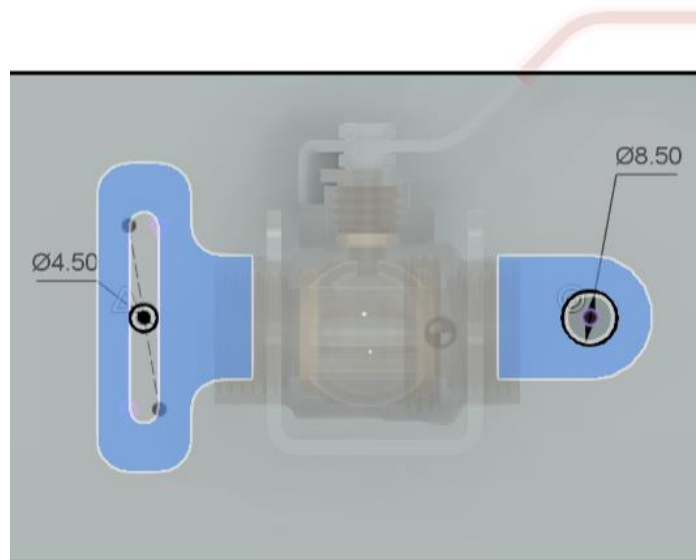


U ravnini YZ komponente započijne izradu nove skice. Skicirajte profil u obliku slova C koji naliježe na limeni nosač i dimenzionirajte ga prema slici.

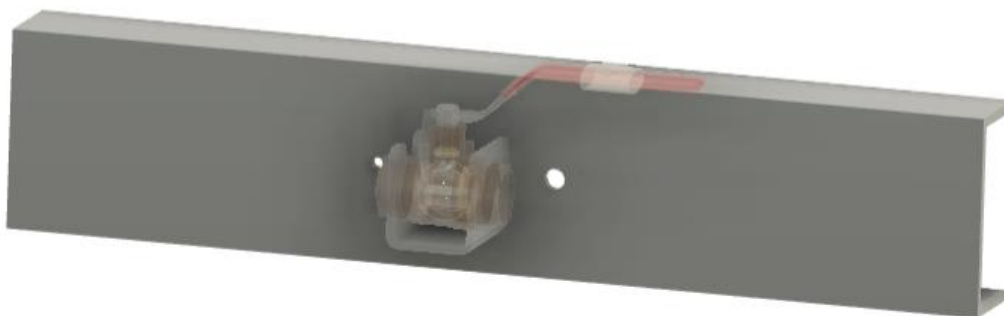
Skicirani profil ekstrudirajte pomoću alata Extrude. S obzirom da je profil otvoren, potrebno ga je ekstrudirati kao tankostijenu značajku (Thin Extrude) debljine 4 mm (Wall Thickness). Ekstrudirajte profil simetrično na obje strane u ukupnoj duljini od 400 mm. Rezultat operacije neka bude novo tijelo (New Body), a ne nova komponenta, s obzirom da smo nju već napravili na samom početku.



Na najvećoj plohi profila izradite novu skicu. Skicirajte kružnicu koja je koncentrična s provrtom na limenom nosaču. Promjer ove kružnice mora biti 8,5 mm. Zatim skicirajte još jednu, manju kružnicu u središtu šlic rupe na drugoj strani limenog nosača. Promjer manje kružnice mora biti 4,5 mm.



Pomoću alata za ekstrudiranje i skiciranih profila izradite dva provrta na novoj komponenti.



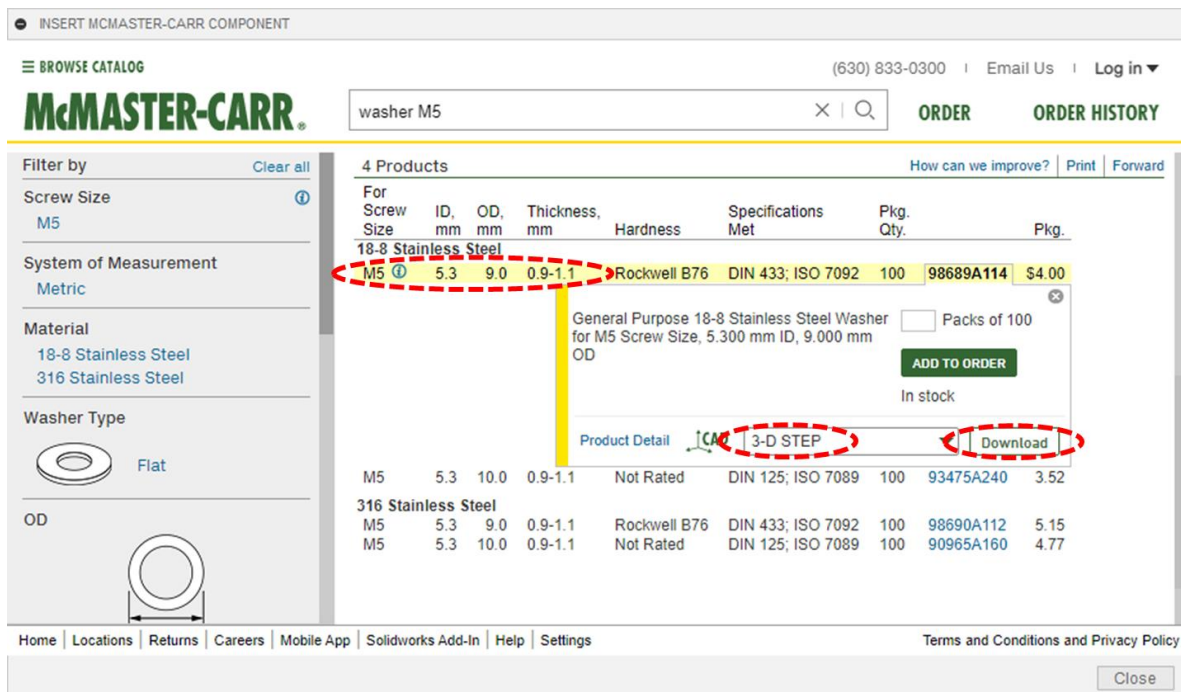
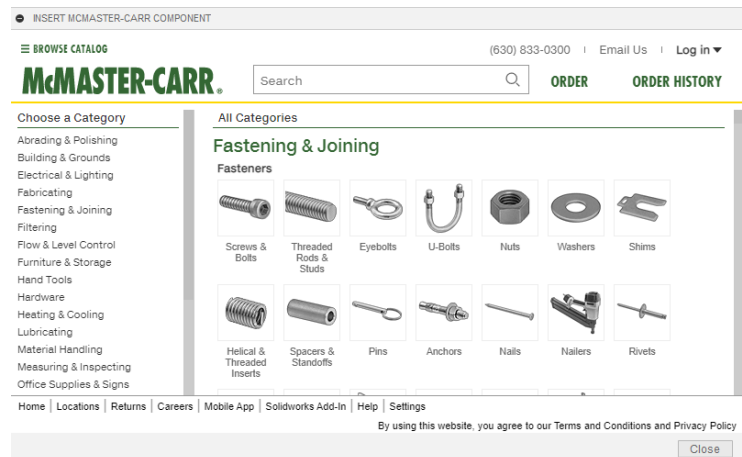
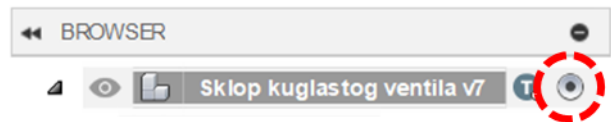
Aktivirajte modeliranje na razini sklopa.

Označite novu komponentu i komponentu limenog nosača i kruto ih grupirajte (Rigid Group).

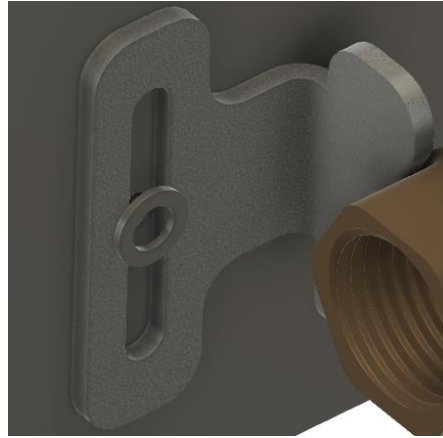
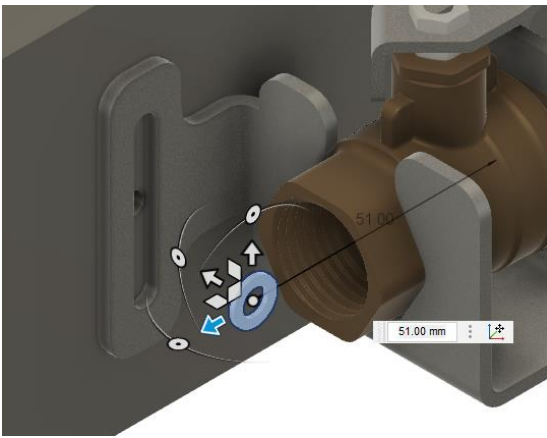
Sklop ventila želimo spojiti na novu komponentu koristeći izrađene provrte. Kroz njih ćemo provući vijke s maticom i podložnom pločicom. To je ujedno i prilika za korištenje kataloga standardnih dijelova McMaster-Carr.

Kroz padajući izbornik Insert odaberite operaciju Insert McMaster-Carr Component. Ova operacija otvara preglednik u obliku izbornika u kojem je moguće pretraživati kataloške dijelove.

Najprije ćemo ubaciti podloške za vijke veličine M5. U pretraživač najprije upišite pojam "Washer M5". Pretraga ovog pojma rezultirat će izlistavanjem različitih vrsta podloški koje su namijenjene za korištenje s vijcima i maticima veličine M5. Odaberite vrstu Metric General Purpose Washers i zatim vrstu od nehrđajućeg čelika (Stainless Steel).



Podlošku smjestite u blizinu provrta promjera 4,5 mm. Koristeći alat Joint, kruto spojite (Rigid) podlošku s otvorom provrta, na udaljenosti od 2,5 mm (koja odgovara debljini limenog nosača između njih).



Koristeći katalog McMaster-Carr ubacite model vijka M5 x 20 mm. Pretražite pojam “Stainless Steel Socket Head Screws”. Koristeći izbornik s lijeve strane filtrirajte rezultate koji odgovaraju imbus glavi (Head Type: Socket Head), materijalu- nehrđajući čelik (Material: Stainless Steel), metričkom sustavu mjernih jedinica (System of Measurement: Metric), veličini navoja M5 (Thread Size), hodu navoja 0,8 mm (Thread Pitch) i duljine 16 mm (Length). Ubacite vijak s navojem M5 x 0.8 mm, materijala 18-8 Stainless Steel u STEP formatu.

INSERT MCMMASTER-CARR COMPONENT

McMASTER-CARR. (630) 833-0300 | Email Us | Log in ▼

Stainless Steel Socket Head Screws

ORDER **ORDER HISTORY**

18 Products [How can we improve?](#) [Print](#) [Forward](#)

18-8 Stainless Steel Socket Head Screws

Fully Threaded

Made from 18-8 stainless steel, these screws have good chemical resistance and may be magnetic. Length is measured from under the head.

Black-oxide stainless steel screws have a matte-black finish.

Metric screws are also known as A2 stainless steel screws.

Coarse threads are the industry standard; choose these screws if you don't know the pitch or threads per inch.

Screws that meet **ASME B1.1, ASME B18.3, ISO 21269, and ISO 4762** (formerly DIN 912) with standards for dimensions.

CAD For technical drawings and 3-D models, click on a part number.

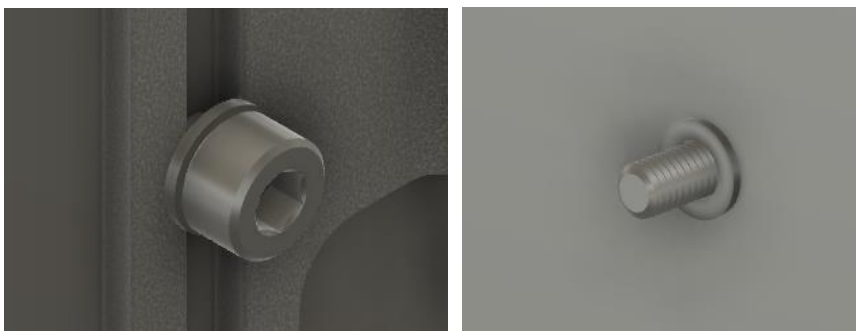
Lg., mm	Threading	Thread Spacing	Head Dia., mm	Ht., mm	Drive Size, mm	Tensile Strength, psi	Specifications Met
M5 x 0.8 mm							
16	18-8 Stainless Steel Fully Threaded	Coarse	8.5	5	4 mm	70,000	DIN 912, ISO 4762
16	Black-Oxide 18-8 Stainless Steel Fully Threaded	Coarse	8.5	5	4 mm	70,000	DIN 912, ISO 4762

← Long Screws | **Socket Head Screws** →

Home | Locations | Returns | Careers | Mobile App | Solidworks Add-In | Help | Settings [Terms and Conditions and Privacy Policy](#)

Close

Vijak postavite u provrt promjera 4,5 mm tako da naliježe na prethodno ubačenu podlošku. Za to koristite alat Joint i postavite krutu vezu (Rigid). Kopirajte komponentu podloške i fiksirajte je sa suprotne strane vijčanog spoja, tako da naliježe na komponentu nosača.



Koristeći katalog McMaster-Carr ubacite model matice M5. Pretražite pojam "Nut M5". Koristeći izbornik s lijeve strane filtrirajte rezultate koji odgovaraju šesterokutnim maticama (Nut Type: Hex), materijalu- nehrđajući čelik (Material: Stainless Steel), metričkom sustavu mjernih jedinica (System of Measurement: Metric), veličini navoja M5 (Thread Size) i hodu navoja 0,8 mm (Thread Pitch. Ubacite vijak s navojem M5 x 0.8 mm, materijala 18-8 Stainless Steel u STEP formatu.

INSERT MCMMASTER-CARR COMPONENT

McMASTER-CARR. (630) 833-0300 | Email Us | Log in ▼

Nut m5

ORDER **ORDER HISTORY**

Filter by [Clear all](#)

Thread Size [M5](#)

System of Measurement [Metric](#)

Nut Type [See all](#)

[Hex](#)

Material [See all](#)

[Stainless Steel](#)

18-8 Stainless Steel

316 Stainless Steel

Hex Nut Profile [See all](#)

[Narrow](#) [Standard](#)

42 Products [How can we improve?](#) [Print](#) [Forward](#)

About Nuts, Materials, and Finishes [More](#)

Metric 18-8 Stainless Steel Hex Nuts

These nuts have good chemical resistance and may be mildly magnetic. Metric 18-8 stainless steel is also known as A2 stainless steel.

Black-oxide stainless steel nuts have a dark surface color.

[CAD](#) For technical drawings and 3-D models, click on a part number.

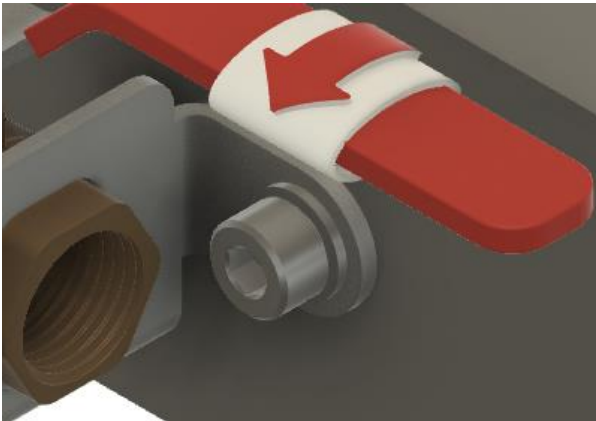
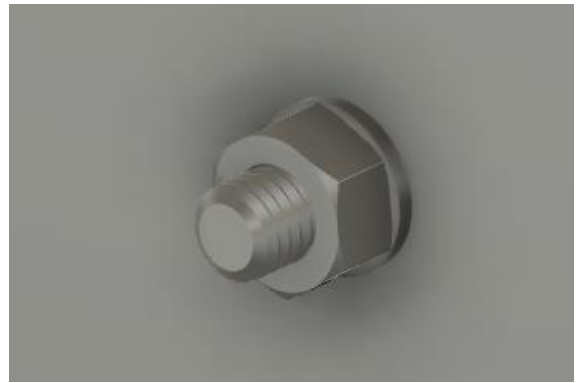
Size	Pitch, mm	Wd., mm	Ht., mm	Specifications Met	Pkg. Qty.	Pkg.
18-8 Stainless Steel						
M5	0.8	8	4	DIN 934	100	91828A241 \$9.77
Black-Oxide 18-8 Stainless Steel						
M5	0.8	8	4	DIN 934	100	98676A300 11.82

Home | Locations | Returns | Careers | Mobile App | Solidworks Add-In | Help | Settings [Terms and Conditions and Privacy Policy](#)

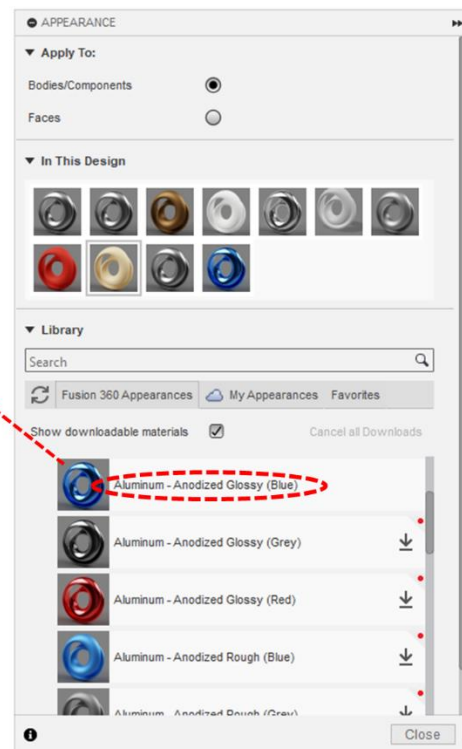
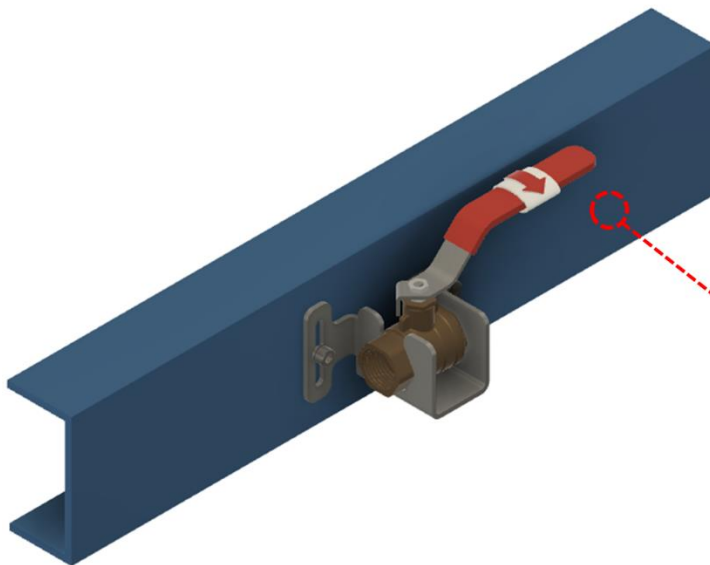
Close

Koristeći alat Joint kruto povežite maticu na vijak, tako da naliže na podlošku.

Ponovite postupak ubacivanja podloški te vijka i matice s druge strane limenog nosača. Koristite podlošku za vijke veličine M8, imbus vijak M8 x 18 mm (hoda navoja 1,25 mm) i šesterokutnu maticu s navojem M8. Materijal svih komponenti neka bude 18-8 Stainless Steel.



Nosaču dodijelite izgled materijala Aluminum – Anodized Glossy (Blue)



5. Izrada tehničke dokumentacije

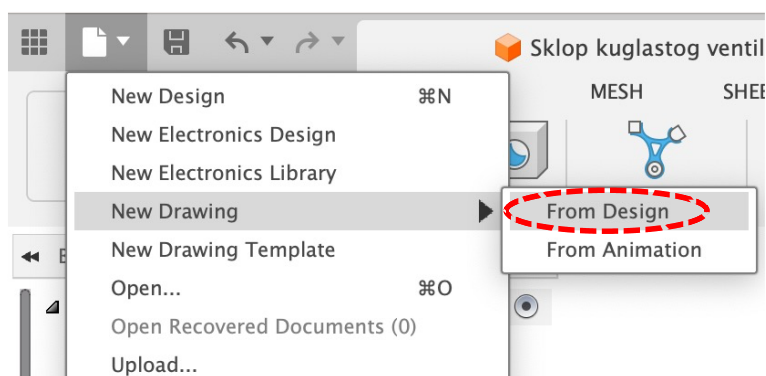
Fusion 360 pruža korisnicima intuitivne alate za stvaranje preciznih i informativnih tehničkih crteža, vezanih uz pripadajuće 3D modele, a kako bi se osigurala dosljednost i točnost. Za razliku od prethodnog poglavlja i opisa izrade modela sklopova, Fusion 360 upotrebljava zasebno okruženje za izradu tehničke dokumentacije. Važno je naglasiti da, za razliku od izrade skica pri 3D modeliranju, izrada tehničke dokumentacije mora pratiti načela tehničkog crtanja, u smislu predočavanja i označavanja svih značajki geometrije, kao što je to propisano normama za tehničko crtanje.

Naravno, preduvjet za izradu tehničke dokumentacije je izrađeni model dijela ili sklopa. Prije izrade tehničkog crteža, također je nužno naglasiti važnost spremanja izvornog CAD modela.

5.1. Početak izrade tehničkog crteža

Kreiranje tehničke dokumentacije omogućeno je izborom modula *Drawing*. U padajućem izborniku File, Fusion 360 također razlikuje dvije važne naredbe - *New Drawing* i *New Drawing Template* (objašnjeno kasnije), pri čemu se bira prva navedena opcija. Treći način početka izrade tehničkog crteža uključuje odabir modela u ploči s projektima pritiskom desne tipke miša te pokretanje naredbe *New Drawing From Design*.

Za izradu tehničkog crteža, najčešće se bira *New Drawing* → *From Design*, koji korisnika preusmjerava iz okruženja za izradu modela dijela ili sklopa u okruženje za izradu tehničke dokumentacije (ista opcija kao i kod izbora modula).

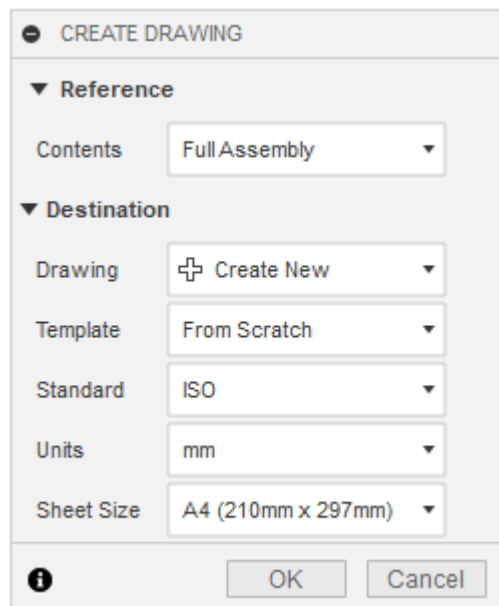


Slika 79. Prikaz odabira opcije *New Drawing* → *From Design*

Odabirom ove naredbe otvara se dijaloški okvir *Create Drawing*, koji nam nudi razne mogućnosti vezane uz modele koji će biti prikazani na tehničkom crtežu (*References*), kao i karakteristike samog crteža (*Destination*). Prije same izrade, važno je naznačiti nekoliko karakteristika tehničkog crteža koje je potrebno inicijalno definirati u ovom prvom okviru:

- *Drawing* – odabir započinje li izrada novog tehničkog crteža (*Create New*) ili se dodaje sadržaj/prepravlja postojeći tehnički crtež (*Existing Drawing*)
- *Template* – odabir predloška okvira i zaglavlja koji će poslužiti pri izradi tehničkog crteža – izrada novog (*From Scratch*) ili odabir postojećeg predloška (*Browse*)
- *Standard* – odabir standarda izrade tehničke dokumentacije – *ISO* ili *ASME*
- *Units* – odabir mjernih jedinica – inči (*in*) ili milimetri (*mm*)
- *Sheet size* – odabir veličine papira – ponuđene opcije:
 - ISO
 - A4 (210mm x 297mm)
 - A4 (297mm x 210mm)
 - A3 (420mm x 297mm)
 - A2 (594mm x 420mm)
 - A1 (841mm x 594mm)
 - A0 (1189mm x 841mm)
 - ASME
 - A (8.5in x 11in)
 - A (11in x 8.5in)
 - B (17in x 11in)
 - C (22in x 17in)
 - D (34in x 22in)
 - E (44in x 34in)

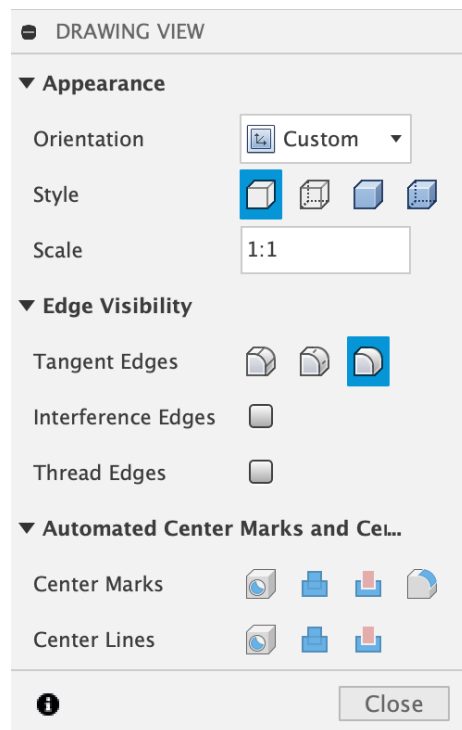
Prikaz navedenih opcija i dijaloškog okvira nalazi se na Slici.



Slika 80. Prikaz dijaloškog okvira *Create Drawing*

Nakon potvrdnog odgovora, korisnik je prebačen u okruženje za izradu tehničkog crteža. CAD sustav

automatski upućuje korisnika na postavljanje temeljnog pogleda (*Base View*) na prikladnu poziciju u prostor predloška. Istovremeno se otvara dijaloški okvir *Drawing View* koji sadrži nekoliko cjelina kao što su Izgled (*Appearance*), Vidljivost bridova (*Edge Visibility*) i Automatska izrada središnjih točaka i središnjica/simetrala (Automated Centerlines and Centermarks). Unutar opcija povezanih uz izgled, nalazi se podešavanje orijentacije (*Orientation*), stila (*Style*) te mjerila (*Scale*). Orijentacijom se prilagođava temeljni pogled, stilom prikaz modela (npr. vidljivi bridovi, osjenčani model, itd.), dok mjerilo omogućava prilagodbu omjera veličina objekta na tehničkom crtežu i stvarnog objekta. Sve opcije sadržavaju preddefinirani niz mogućnosti koje se odabiru pritiskom miša. Vidljivost bridova uključuje opcije vezane uz mogućnost prikaza tangencijalnih bridova (*Tangent Edges*), navoja (*Thread Edges*), bridova između komponenti (*Interference edges*) itd. Automatska izrada središnjih točaka i središnjica/simetrala omogućuje umetanje središnjih točaka i središnjica/simetrala (*Center Marks and Center Lines*) na razini cijelog pogleda, a temeljem prethodno postavljenih pravila. Unutar te cjeline moguće je odabrati tip rupa/provrta i zaobljenja za koje su ubacuju takvi elementi tehničkog crteža (središnje točke i središnjice/simetrle). Tri navedene cjeline služe za podešavanje postavki na razini određenog pogleda.



Slika 81. Prikaz dijaloškog okvira *Drawing View*

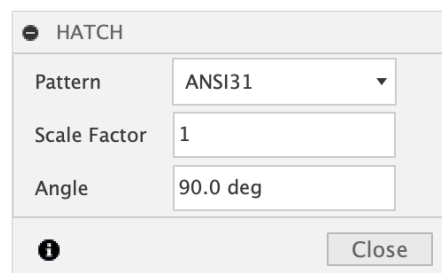
Opcijom *Orientation*, orijentira se temeljni pogled te se bira ovisno o modelu dijela ili sklopa za koji se izrađuje tehnički crtež. Potvrdom odabranih opcija u dijaloškom okviru dobiva se prvi pogled na tehničkom crtežu. U slučaju da se zasebno kreira temeljni pogled, koristi se naredba *Base View* (u nastavku).

Za izradu sljedećih pogleda nastavlja se koristiti izbornik *Drawing View* na alatnoj traci te se može birati:

- Temeljni pogled (*Base View*) – Temeljni pogled (već kreiran – uobičajeno u prvom koraku)
- Projicirani pogled (*Projected View*) – Ortogonalni pogled koji se dobiva projekcijom početno izabranog pogleda. Moguće je kreirati projekcije u 8 različitih smjerova (na primjer i izometriju), a dobiva se odabirom početnog pogleda te povlačenjem pokazivača u određenom smjeru (i pozicioniranjem novokreiranog pogleda). Budući da se temelji na pogledu koji služi kao osnova za njegovu izradu (na primjer prvi postavljeni pogled na crtežu), preuzima i njegova svojstva.
- Presjek (*Section View*) – Pogled koji se dobiva presijecanjem modela duž izrađene linije presijecanja. Izrada presjeka započinje odabirom pogleda koji je potrebno presjeći te izradom presječne linije. Nakon odabira početne i krajnje točke (upotreba različitih točaka na bridovima je dopuštena), pritiskom tipke Enter završava izrada linije. Linija presijecanja ne mora biti definirana sa samo dvije

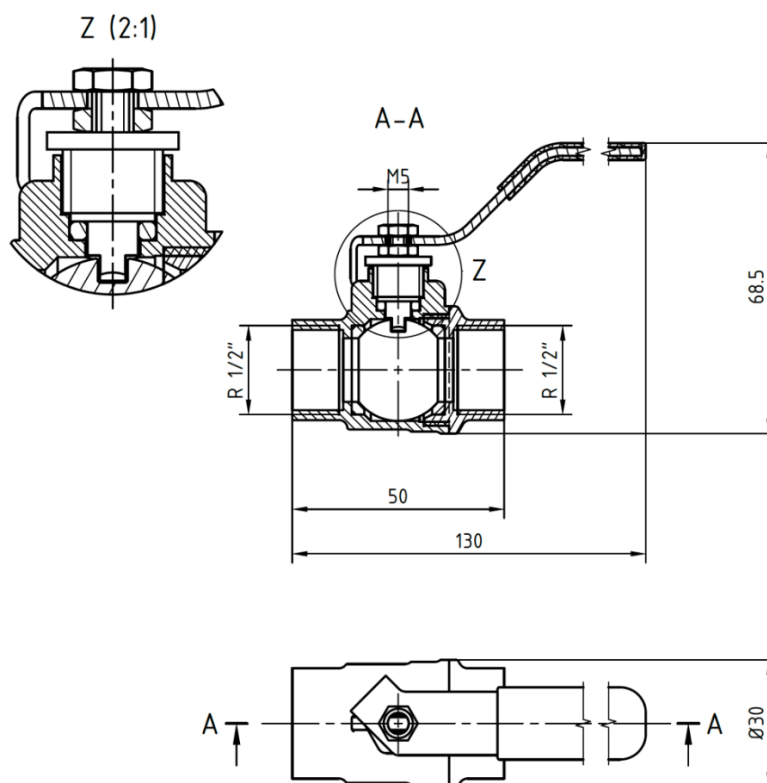
točke, već može biti „savinuta“. Konačno, slijedi postavljanje pogleda na tehnički crtež. Dodatno, ova opcija zahtijeva i definiranje dubine presijecanja (*Section Depth*).

Kod presjeka, dijelovi pogleda imaju određene šrafure (*Hatch*, slika 82). Promjena šrafure određenog dijela (*Edit Hatch*) postiže se dvostrukim klikom na određenu šrafuru te prilagođavanjem obrasca (*Pattern*), faktora skaliranja (razmak između linija ili točaka, *Scale factor*) ili kuta šrafure (*Angle*).



Slika 82. Prikaz dijaloškog okvira za izradu šrafure *Hatch*

- Detalj (*Detail View*) – Uvećani prikaz dijela nekog određenog pogleda. U slučaju potrebe za ovim pogledom, naredba započinje skiciranjem kružnice kojom se označavaju granice i pozicija detalja. Zatim slijedi prilagodba detalja u dijaloškom okviru te pozicioniranje pogleda.
- Dodatni pogled (*Auxiliary View*) – ovaj pogled prikazuje projekcije koje su paralelne ili okomite na odabrani brid ili liniju nekog prethodno izrađenog pogleda. Naredba uključuje odabir brida koji služi kao osnova za izradu pogleda te povlačenje pogleda na prikladnu poziciju. Ovo je prilično korisno u slučaju da su pojedine plohe modela „pod nagibom“ te da je potrebno kotiranje na takvih ploham.



Slika 83. Prikaz različitih pogleda

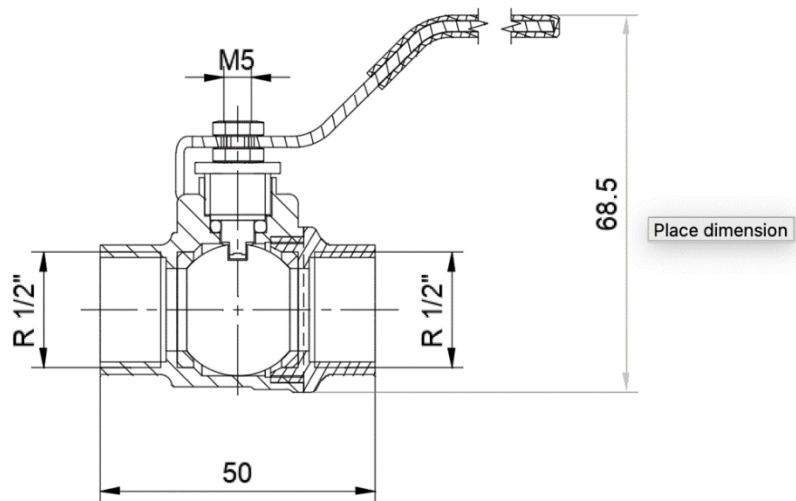
Slične opcije kao i u početnom dijaloškom okviru *Drawing View*, postoje i u dijaloškim okvirima za izradu pojedinačnih pogleda (izgled, orijentacija itd.). Ipak, svaki od navedenih pogleda ima svoje

specifičnosti. Općenito gledano, dvostruki pritisak na određeni pogled omogućava otvaranje njegovog dijaloškog okvira i naknadnu promjenu.

5.2. Uvođenje oznaka u tehnički crtež

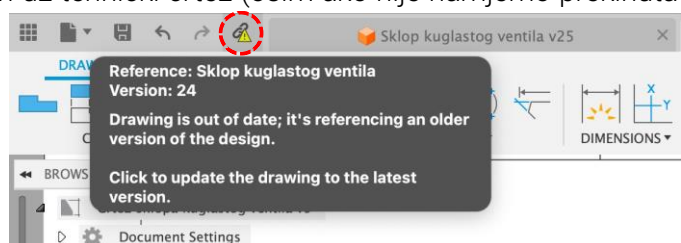
5.2.1. Kotiranje

Jedan od glavnih dijelova izrade tehničkog crteža je kotiranje. Odabirom opcije *Dimension* (pod kategorijom *Dimension* na alatnoj traci), Fusion 360 pokreće unošenje kota (Slika). Odabirom geometrijskih elemenata pogleda, ova naredba automatski prepoznaje što korisnik želi dimenzionirati te prilagođava tip dimenzije (linearna, kutna, polumjer, promjer itd.). Pri postavljanju dimenzija, uvijek je potrebno voditi brigu o pravilnom izboru krajnjih točaka (točno željenih vrhova), kako bi kote bilo točno određene. Nakon odabira vrhova i/ili bridova, dimenziju je potrebno smjestiti na prikladnu poziciju ovisno o pravilima izrade tehničkih crteža. Također, dimenzije su uvijek vezane uz pojedini pogled – u slučaju da pomičete pogled, dimenzije također mijenjaju položaj. Fusion 360 nudi čitav niz naredbi za dodatnu prilagodbu dimenzija (uvođenje prekida, prepravljjanje teksta dimenzije itd.).



Slika 84. Prikaz unosa dimenzija pri izradi tehničkog crteža

Važno je naglasiti i segment osvježavanja kota nakon promjene na modelu komponente ili sklopa. Budući da je model komponente ili sklopa vezan uz tehnički crtež (osim ako nije namjerno prekinuta veza), u slučaju promjena na modelu, sustav nas upozorava s porukom te nam omogućava osvježavanje crteža (slika84). Odabirom naredbe prikazane na slici 85, kreirani tehnički crtež bit će u skladu s modelom komponente.

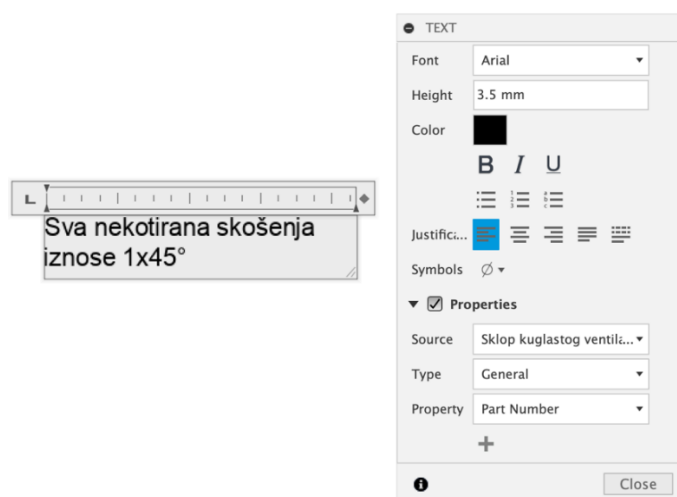


Slika 85. Prikaz upozorenja te mogućnost osvježavanja tehničkog crteža

5.2.2. Unos dodatnih oznaka

Nakon odabira i pozicioniranja projekcija te unosa kota, postoji mnoštvo mogućnosti za unos dodatnih oznaka ili elemenata na tehničke crteže. Pod kategorijom *Geometry*, nalaze se naredbe za izradu središnjica/simetrala (*Center Line*), središnje točke (*Center Mark*), Obrazac središnjih točaka (*Center Mark Pattern*) i produljenja bridova (*Edge Extension*). U slučaju da navedeni elementi nisu ubačeni prilikom izrade pogleda, moguće ih je pojedinačno postaviti na tehnički crtež. Nakon odabira navedenih naredbi, potrebno je označiti dijelove pogleda gdje je potrebno ubaciti oznake. Na primjer, za izradu središnjice (*Center Line*), potrebno je odabrati dvije linije ili brida te će naredba kreirati središnjicu između njih. U slučaju izrade središnjih točaka (*Center Mark*), korisnik treba izabrati brid zaobljenog objekta kojem je potrebno dodijeliti tu oznaku. Ista naredba primijenjena na kružni obrazac naziva se *Center Mark Pattern* te može biti korisna pri dodavanju simetrala kod, na primjer, rupa na prirubicama ili brtvama (uz uključen *Auto-Complete*).

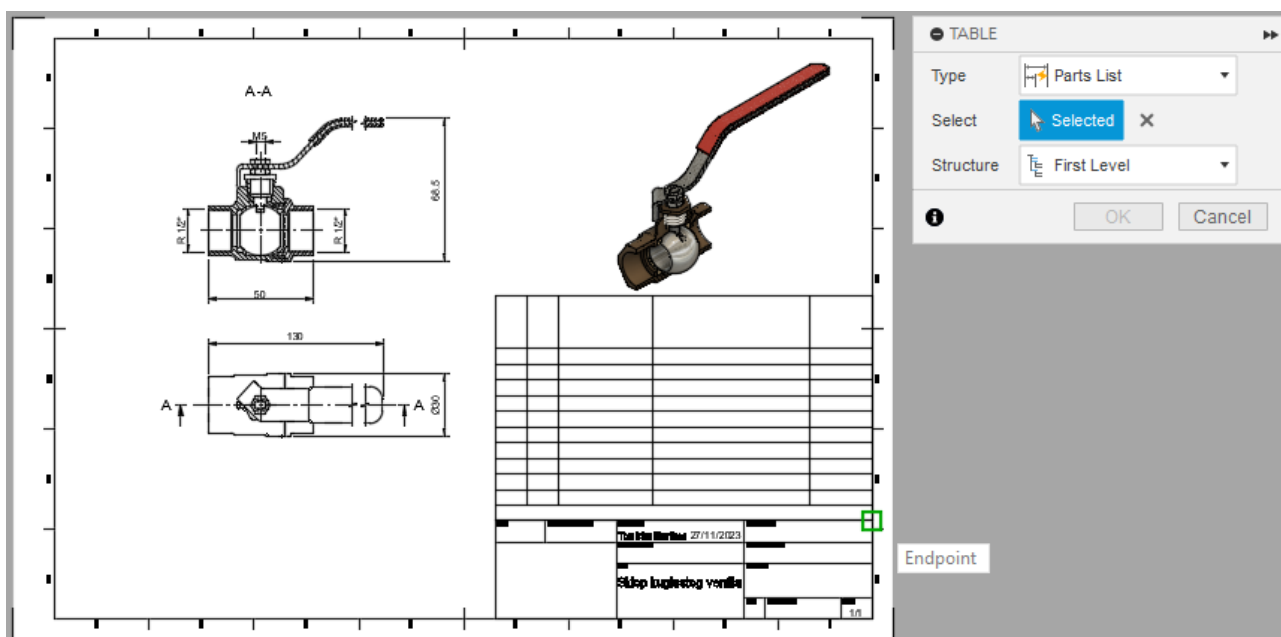
Pri izradi tehničkog crteža važnu ulogu mogu imati tekstualne oznake te Fusion 360 nudi nekoliko mogućnosti pri unosu takvih informacija. Tekstualna oznaka (*Text*) unosi se inicijalnom izradom okvira u koji se zatim upisuje tekst (slika86). Završetak izrade označava se pritiskom lijeve tipke miša izvan tekstualnog okvira. Ovakve oznake koriste se za izradu napomena, dodatne opise pogleda itd. Tekstualna oznaka može se prilagođavati kao i u drugim alatima za obradu teksta (modifikacije – vrsta fonta, debljina, ukošenost, visina teksta itd.). Ako je potrebno prepraviti tekst, dvostrukim pritiskom na oznaku, omogućena je njegova promjena. Iznad tekstualne oznake također se nalazi okvir za označavanje margina koji pomaže pri njenom formatiranju. Osim izrade tekstualne oznake, moguće je dodatno uvesti i pokazne crte (*Leader*) koje služe za dodatno naznačavanje dijela pogleda na koji se tekst odnosi. Izrada pokazne crte započinje odabirom brida na koji će pokazivati strelica te se nastavlja pozicioniranjem ravne linije pokazne crte. Fusion 360 dodatno nudi i izradu oznaka vezanih uz opis rupa i navoja (*Hole and Thread Note*) te za savijanje lima (*Bend Note*).



Slika 86. Prikaz unosa tekstualne oznake pri izradi tehničkog crteža

Pri izradi tehničkog crteža, osim tekstualnih oznaka, često se upotrebljavaju tablice u svrhu popisa

dijelova i sličnih namjena . Navedena grupa naredbi nalazi se u okviru izbornika *Table* na alatnoj traci te omogućava izradu nekoliko vrsta tablica: prilagođena tablica (*Custom Table*), sastavnica (*Parts List*), tablica savijanja (*Bend Table*) i dr. Prilagođena tablica je jednostavna tablica s praznim ćelijama koje je potrebno ručno popuniti. Osim njenog pozicioniranja na tehničkom crtežu, moguće je definirati smjer i poziciju (unutar ćelije) teksta te broj stupaca i redova. Iznimno korisna naredba pri izradi sklopova je *Parts List*, koja automatski kreira i popunjava sastavnicu (slika 87). Važno je istaknuti da su oznake pozicija (*Balloons*) automatski dodijeljene pogledima. Na sličan način kao što je izrađena sastavnica, izrađuje se i tablica savijanja koju sustav automatski kreira i popunjava podacima o savijanju lima (uz prikaz razvijenog oblika lima). Fusion 360 nudi i izradu tablice rupa (*Hole Table*) te temeljem prikazanog crteža može izraditi popis koji uključuje oznaku, položaj i opis rupa.



Slika 87. Prikaz izrade sastavnice te vezanih oznaka dijelova

Jedan od izbornika na alatnoj traci vezan je i uz uvođenje različitih simbola na tehnički crtež. Izbornik se naziva *Symbol* te uključuje opcije kao što su uvođenje: oznaka hrapavosti površine (*Surface Texture*), oznaka geometrijskih tolerancija (*Feature Control Frame*), oznaka referentne ravnine (*Datum Identifier*), oznake zavora (*Welding*) i oznaka konusnih suženja (*Taper and Slope*). Svaka od navedenih opcija se relativno jednostavno unosi na tehnički crtež te uključuje dijaloški okvir na kojem se unose pojedine oznake. Ovisno o odabranoj oznaci, izmjenjuje se redoslijed potrebnih akcija koje korisnik mora povesti. U nekim slučajevima, prvo se bira referentan brid ili dimenzija te zatim ispunjavaju specifičnosti pojedine oznake, dok je u drugim slučajevima obrnuto. Nakon unosa, oznake su vezane uz navedene geometrijske elemente. Pri definiranju oznaka, potrebno je pripaziti na odabrani standard (ASME ili ISO).

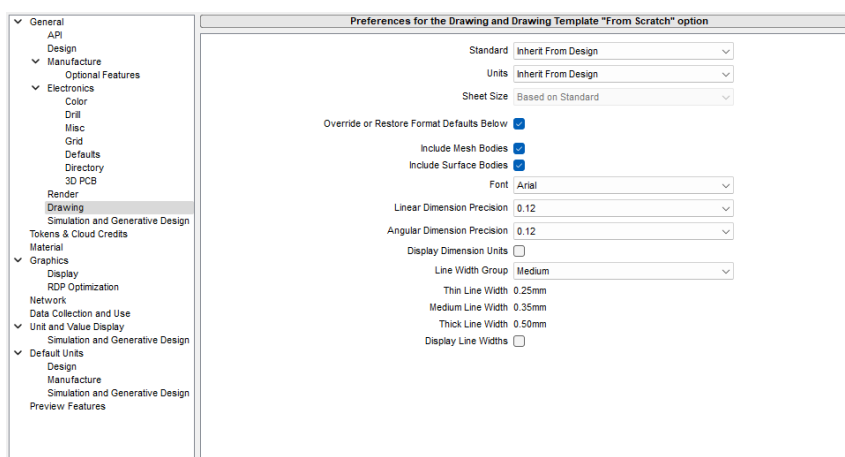
5.3. Ostali aspekti izrade tehničkih crteža

5.3.1. Podešavanje postavki izrade tehničke dokumentacije

U slučaju potrebe za dodatnim podešavanjem okruženja za izradu tehničkih crteža, uputno je pregledati mogućnosti prilagodbe (*Preferences*, gornji desni kut). U ovom dijaloškom okviru moguće je definirati osnovne postavke izrade tehničkog crteža. Opcije vezane uz izradu tehničkog crteža nalaze se pod kategorijom *Drawing*.

Postavke uključuju:

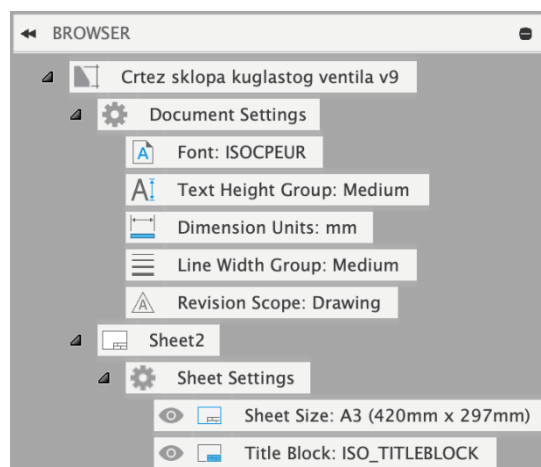
- Odabir standarda
- Odabir mjernih jedinica
- Odabir veličine lista
- Odabir načina postavljanja projekcija
- Odabir veličine slova, fonta
- Odabir formata, mjerne jedinice i prikaza dimenzija
- Odabir debljine linija



Slika 88. Prikaz postavki izrade tehničke dokumentacije u Fusion 360

Potrebno je pripaziti na korištenje metode projiciranja prvog kuta – u kojem je projekcija bokocрта s desne strane, a projekcija tlocrta ispod projekcije nacрта. Ova metoda projiciranja uobičajena je u Hrvatskoj i Europi, a definira se u postavkama pod opcijom *Projection Angle*.

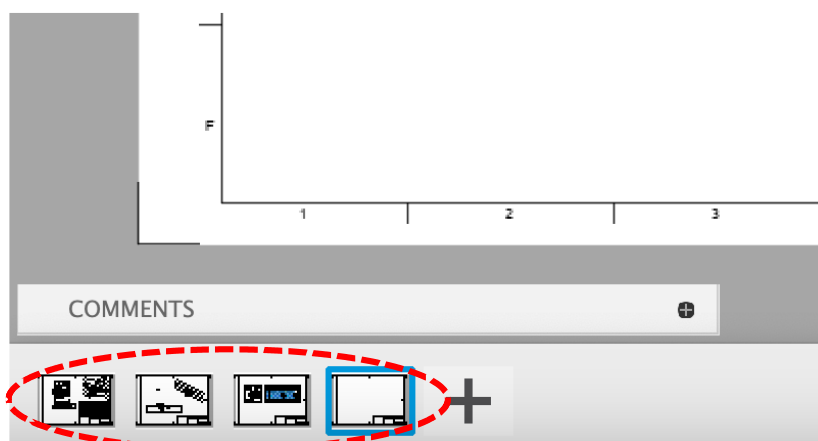
U okviru opisa definiranja postavki, nužno je naznačiti razliku između prilagođavanja postavki za dokument (*Document Settings*) ili za pojedini list (*Sheet Settings*). Ovisno na kojoj je razini potrebno prilagoditi postavke, bira se traženi skup postavki.



Slika 89. Postavke za prilagodbu dokumenta ili za pojedini list

5.3.2. Unos dodatnih listova

Pri radu na složenim dijelovima i sklopovima, uvođenje dodatnih listova pri izradi tehničke dokumentacije može biti iznimno korisno. Pritiskom na + opciju na alatnoj traci za upravljanje listovima (donji lijevi kut, slika 90) moguće je kreirati novi list koji ima iste karakteristike kao i početni list. Osim kreiranja novih i uklanjanja postojećih, na istoj alatnoj traci korisnik može imati uvid u korištene i kreirane listove, može im promijeniti naziv i redoslijed te ih izvesti u .pdf format. Aktivni list uvijek je naznačen plavom bojom.



Slika 90. Prikaz alatne trake za upravljanje listovima

5.3.3. Izrada predložka okvira i zaglavlja

Na početku izrade tehničkih crteža, potrebno je izabrati predložak okvira i zaglavlja. U većini slučajeva odabiru se prethodno pripremljeni predlošci (npr. za pojedinu instituciju) prije izrade tehničkih crteža, ali ponekad ih je potrebno prilagoditi ili kreirati novi. Korištenjem predložka nije potrebno svaki put definirati postavke na početku izrade pojedinog tehničkog crteža.

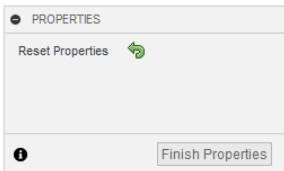
Izrada novog predložka započinje odabirom opcije *New Drawing Template* iz padajućeg izbornika *File*. Ako se izrađuje potpuno novi predložak, u dijaloškom okviru se pod kategorijom *Template*, bira opcija *From Scratch*. Slijedi izbor standarda izrade tehničkog crteža (ASME, ISO), mjernih jedinica (mm, in) te formata papira (npr. A2, A3, A4). Nakon potvrde izbora opcija u dijaloškom okviru, sustav prebacuje korisnika u okruženje za izradu predložka okvira i zaglavlja.

Uobičajeno je krenuti na prilagodbu zaglavlja (donji desni kut) te ona započinje dvostrukim pritiskom miša na samo zaglavlje. U zaglavlju je moguće razlikovati „crni tekst“ koji sadrži nazive dijelova zaglavlja (npr. svojstvo *Materijal*), dok „plavi tekst“ predstavlja opise ili vrijednosti vezane uz pojedine dijelove zaglavlja (npr. atribut *S235JR*). Sustav dopušta jednostavnu promjenu teksta „plavih tekstualnih okvira“, ali ne dopušta promjenu „crnih tekstualnih okvira“. Ipak, pri odabiru zaglavlja, otvara se sa strane i dijaloški okvir *Title Block* koji sadrži opcije prilagodbe „crnih“ dijelova zaglavlja (*Edit Title Block*). Nakon izbora navedene opcije, sustav upućuje korisnika da nije moguća promjena početnog

zaglavlja (*Default*), već kreira novi temeljeno na tom zaglavlju (*Add Title Block*). Novi dijaloški okvir istog naziva uključuje definiranje imena zaglavlja, ali i nudi izbor promjene inicijalno definiranog zaglavlja (na primjer, izbor iz neke druge dwg. datoteke).

Tijekom izrade zaglavlja, moguće je koristiti slične alate kao i pri skiciranju te dodavati/uklanjati pojedine dijelove zaglavlja (ili recimo prilagođavati debljinu linija). Navedeni alati nalaze se u dijaloškom okviru *Title Block Palette* te na prilagođenoj alatnoj traci.

Još jednom je važno napomenuti opcije vezane uz tekst (*Text*) i atribut (*Attribute*). Tekstom se definira trajni („crni“) sadržaj i nazivi dijelova zaglavlja, a atributima se unosi sadržaj koji je naknadno moguće promijeniti. Također, dopušteno je uvođenje slike u zaglavlje crteža (primjerice, logo škole). Mnogi korisnici još uvijek preferiraju izradu zaglavlja i okvira u okruženju AutoCAD-a, ali prethodne opcije upućuju na činjenicu i da Fusion podržava dio tih aktivnosti.

Dept. DEPT	Technical reference TECHNICAL_REFERENCE	Created by Ivan Horvat 25/11/2023	Approved by Marko Kovač 26/11/2023		
		Document type DOCUMENT_TYPE	Document status DOCUMENT_STATUS		
		Title Kugla Ručno upisano TITLE_3	DWG No. 100-40-50-003		
			Rev. 2	Date of issue DATE_OF_ISSUE	Sheet 1/1

Slika 91. Primjer prilagodbe zaglavlja

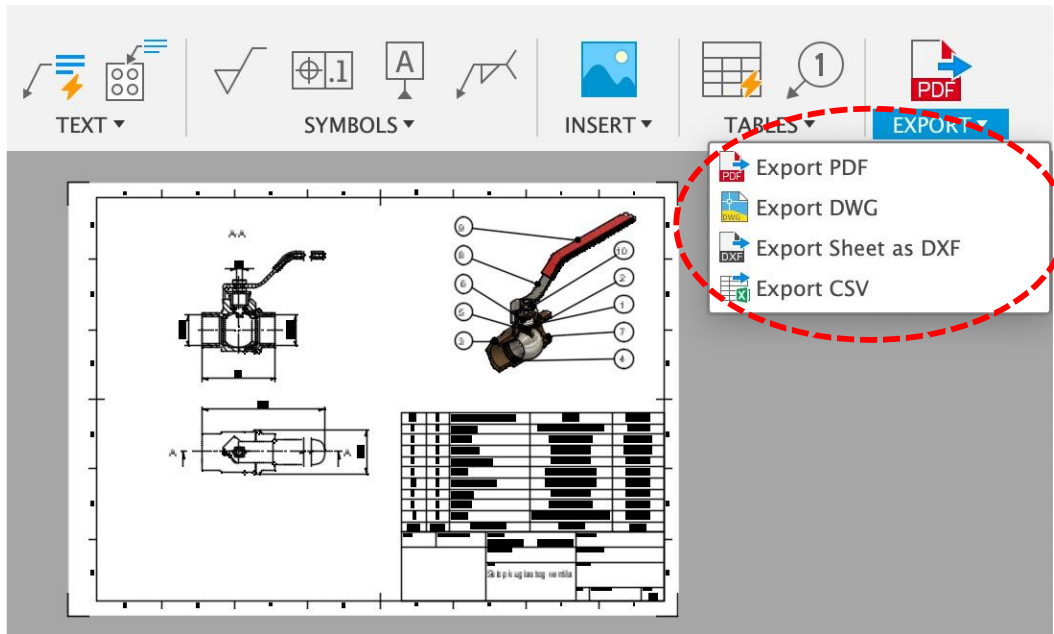
Nakon završetka izrade zaglavlja, moguće je prilagoditi i okvir tehničkog crteža upotrebom naredbe *Edit Border* (pritisak desne tipke miša na sam okvir i izbor opcije). Slično kao i kod zaglavlja, dostupni su alati za skiciranje, ali i jednostavna prilagodba tipa linije i debljine linije.

Fusion 360 dopušta i izradu pametnih predložaka (*Smart Templates*) koji uključuju preddefinirane pozicije za odabrane poglede te veći broj listova. Na svakom od listova definira se skup pogleda za pojedini sklop ili komponentu (*Base View Placeholder*) te se konačno može ubrzati izrada tehničke dokumentacije za sklop i njemu pripadajuće dijelove. Naravno, osim pogleda, moguće je dodati i druge tipove pripadajućih oznaka (npr. standardni tekstualni opis koji vrijedi za određeni tip komponenti) i tablica (*Table Placeholder*).

5.3.4. Pohrana modela

Konačno, važno je naglasiti načine pohranjivanja i formate datoteka koji su dostupni u sustavu Fusion 360 za izradu tehničke dokumentacije. Opcija izvoza (Export) omogućuje kreiranje datoteka u .pdf, .dwg, .dxf i .csv formatima (slika92). Potrebno je naglasiti da će u pojednostavljenom .dwg formatu (*Simplified DWG*) neke oznake biti pojednostavljene (npr. geometrijske oznake) te da više neće biti

prisutna asocijativnost između dimenzija modela i dimenzija prikazanih u tehničkoj dokumentaciji.



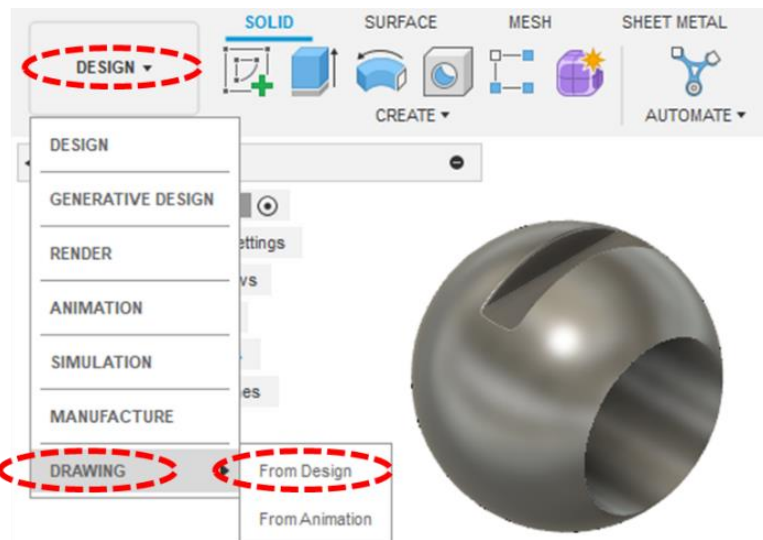
Slika 92. Pregled opcija pri izvozu Fusion 360 tehničkog crteža

5.4. Vježba 16: Izrada radioničkog crteža

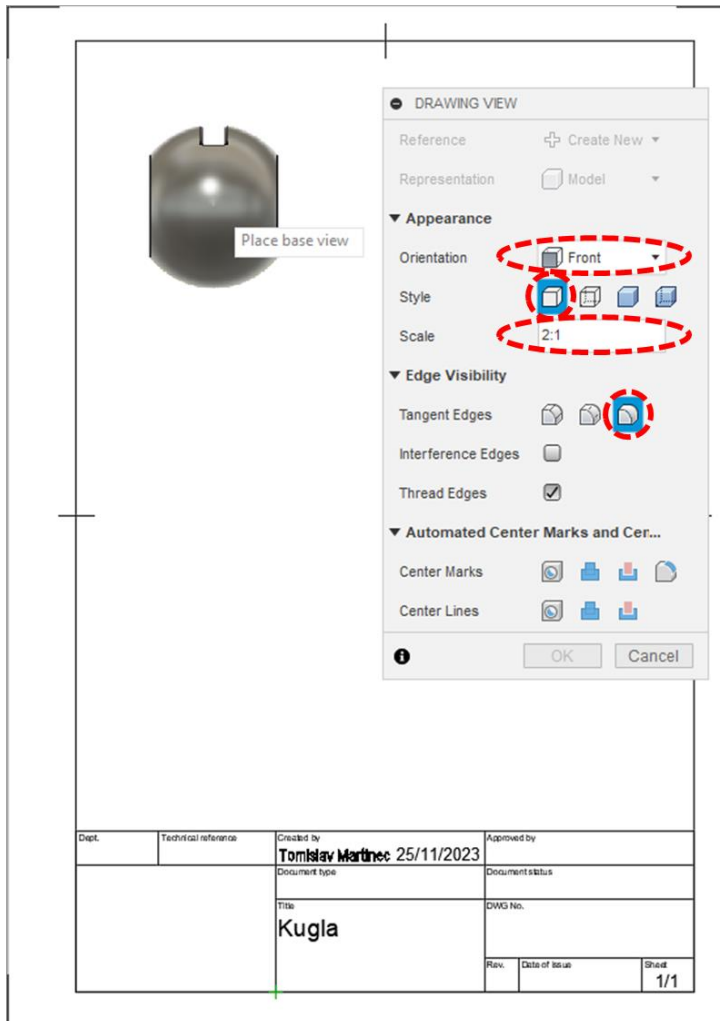
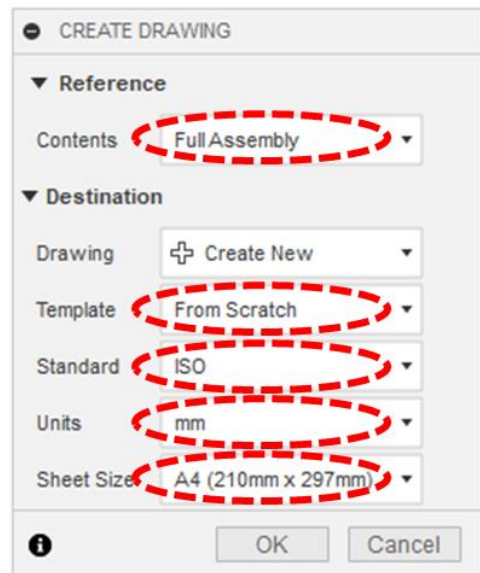
Cilj ove vježbe je izraditi tehnički crtež komponente kugle koju smo prethodno modelirali.

Otvorite komponentu i nakon toga u alatnoj traci promijenite radno okruženje u onu za izradu tehničkih crteža na temelju trenutnog modela (Drawing -> From Design).

Otvora se izbornik u kojem je moguće odabrati što će biti sadržaj crteža (Contents), koristi li se predložak (Template), koja se norma (Standard) i mjerne jedinice (Units) koriste te koja će biti veličina lista tehničkog crteža.



Odaberite opciju uključivanja cijelog sadržaja modela (Full Assembly), bez učitavanja predloška (From Scratch), prema ISO normi, u milimetrima (mm) i na veličini lista A4 u okomitom položaju (210 x 297 mm).

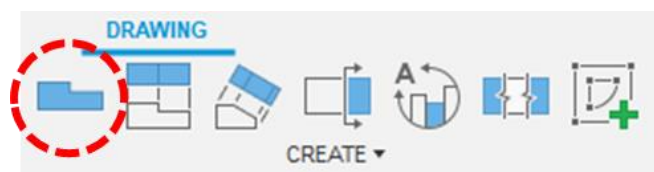


Odmah nakon stvaranja crteža otvara se izbornik za ubacivanje projekcije modela. Moguće je prilagoditi smjer pogleda (projekcije nacрта, tlocrta, bokocrta itd.), način prikaza (samo vidljivi bridovi, prikaz nevidljivih bridova, prikaz ploha itd.), mjerilo (stvarno, uvećano ili smanjeno), način prikaza tangentnih bridova te automatski prikaz simetrala i središnjica.

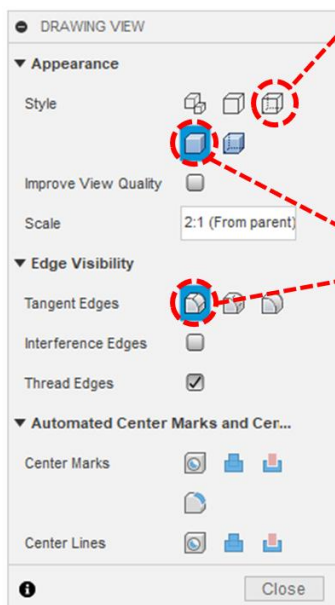
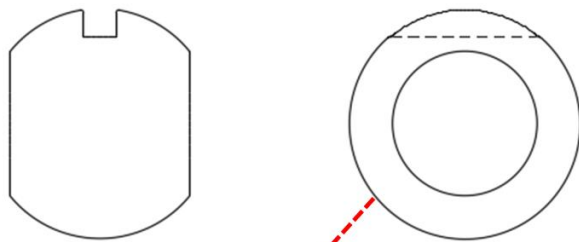
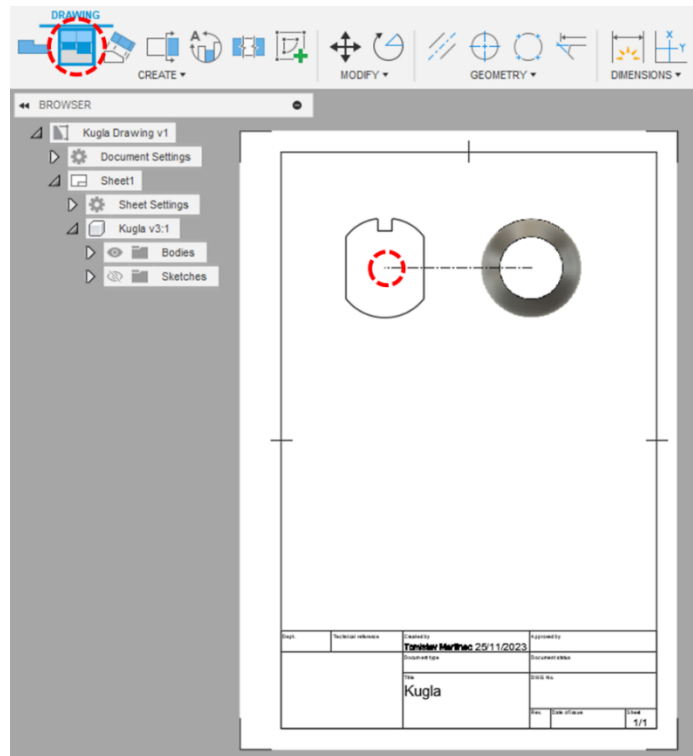
Ubacite projekciju modela u pogledu nacрта (Front), bez prikaza nevidljivih i tangentnih bridova i u uvećanom mjerilu 2:1.

Spremite model pod nazivom Crtež kugle.

Operaciju postavljanja pogleda moguće je ponoviti u bilo kojem trenutku, koristeći alat za osnovni pogled (Base View).



Za dodavanje susjednih projekcija može se koristiti alat projiciranog pogleda (Projected View). U tom slučaju potrebno je odabrati izvorni pogled na temelju kojeg je moguće u različitim smjerovima izvlačiti susjedne projekcije. Na primjer, u smjeru desno postavlja se projekcija bokocrta, a u smjeru prema dolje postavlja se projekcija tlocrta. Drugi bokocrt i drugi tlocrt postavljaju se u suprotnim smjerovima. Moguće je dodati i projekcije u izometriji tako da se pokazivač miša pozicionira dijagonalno od izvornog pogleda (u bilo kojem od četiri moguća smjera).

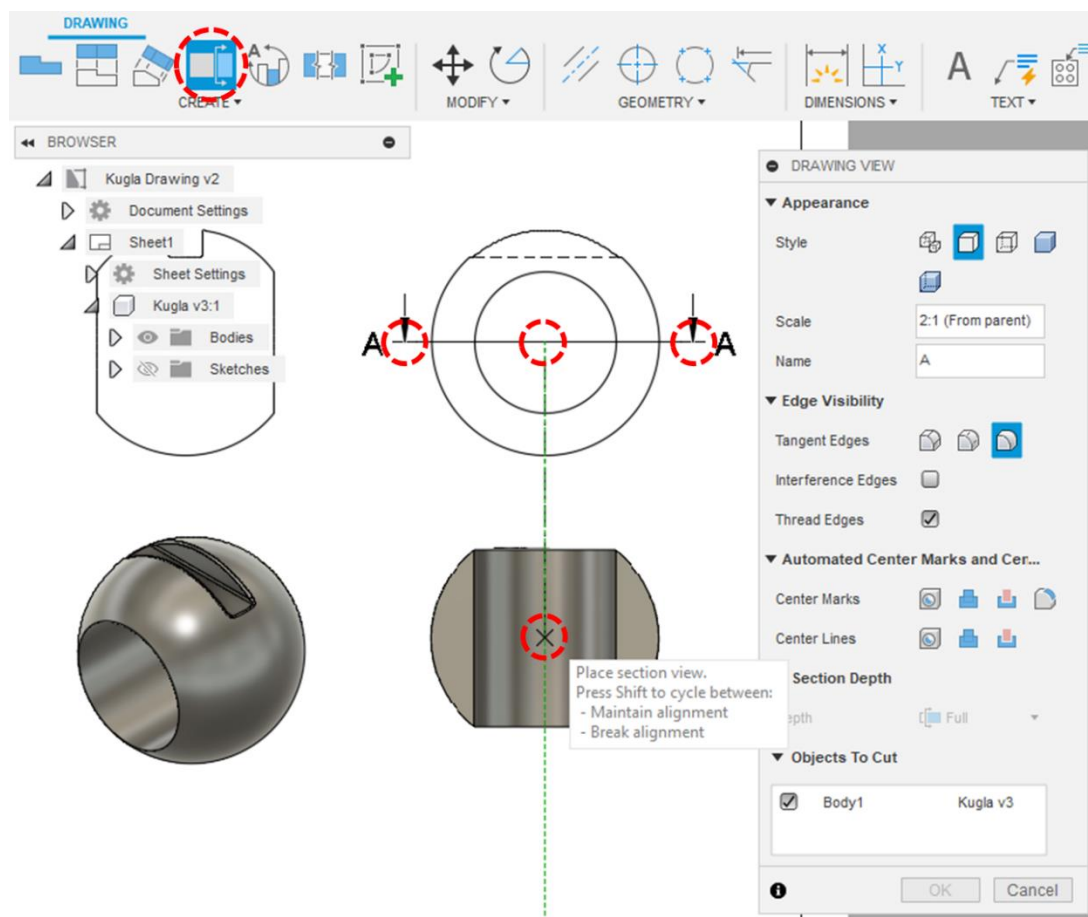


Postavite projekcije bokocrta i izometrije (u smjeru dolje-desno).

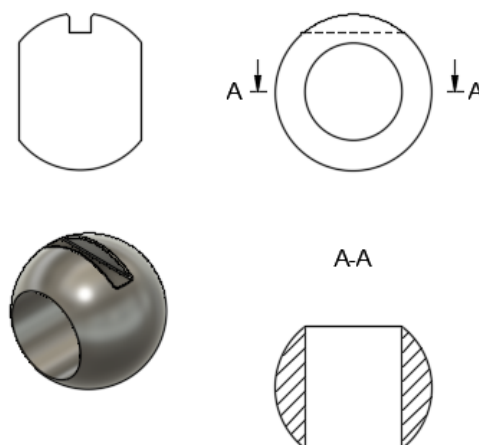
Dvostukim pritiskom tipke miša na projekciju otvara se izbornik s postavkama pogleda. Projekciji bokocrta dodajte prikaz nevidljivih bridova (Visible and Hidden Edges), a projekciji izometrije prikaz tangentnih bridova punom duljinom (Full Length). Uz to, pogledu u izometriji dodatno promijenite stil prikaza tako da budu vidljive teksture ploha.

Naknadno pomaknite projekciju izometrije ispod projekcije nacрта (dovoljno je označiti projekciju držeći pritisnutu lijevu tipku miša i premjestiti je na željeno mjesto).

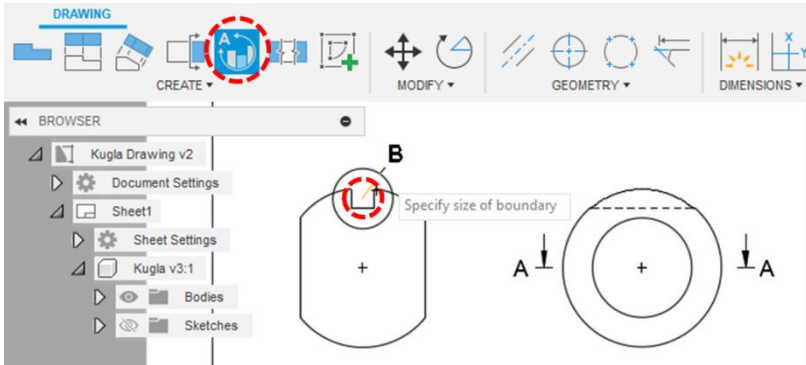
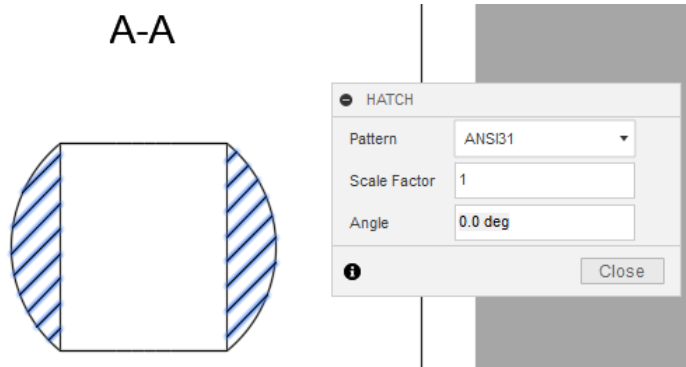
Koristeći alat za izradu presjeka (Section View), izradite projekciju punog horizontalnog presjeka na temelju projekcije bokocrta (sredinom kugle). Nakon odabira alata za izradu presjeka, pokazivačem dodirnite sredinu modela kugle u bokocrtu, sve dok se ne pojavi simbol križića koji označava središte kružnice, a zatim pomaknite pokazivač horizontalno ulijevo, izvan modela i potvrdite odabir. Nakon toga pokazivač miša horizontalno pomaknite udesno, ponovno izvan modela i potvrdite odabir. Ovime je postavljena presječna linija (koja označava položaj presječne ravnine) te je konačnim odabirom u smjeru iznad ili ispod kugle moguće definirati smjer presjeka. Projekciju presjeka postavite ispod projekcije bokocrta.



S obzirom da je mjerilo presjeka isto kao i kod ostalih projekcija, označite oznaku presjeka i obrišite mjerilo, tako da ostane samo "A-A". Primijetite da je na ovaj način moguće prilagoditi bilo koju oznaku na crtežu.

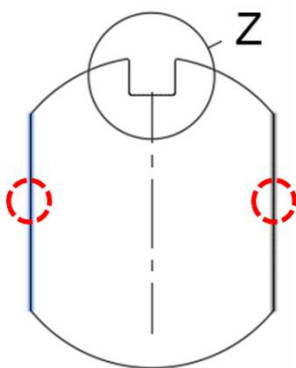
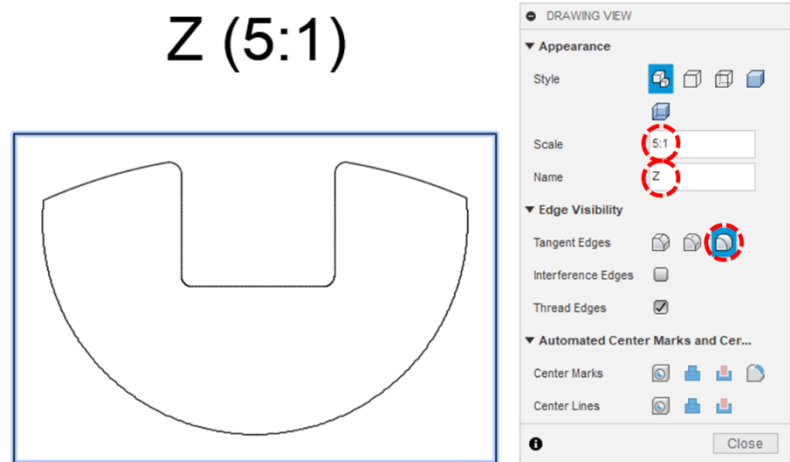


Dvostrukim pritiskom tipke miša na šrafuru presjeka, otvara se izbornik pomoću kojeg je šrafuru moguće prilagoditi (oblik i kut šrafure te faktor skaliranja). Povećanjem faktora skaliranja (Scale Factor) šrafura se prorjeđuje i suprotno.

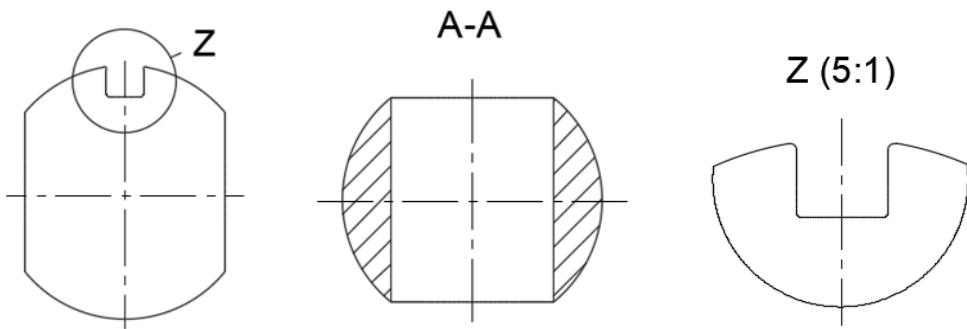


Pokrenite alat za izradu detalja (Detail View). Skicirajte kružnicu u projekciji nacrtu i to tako da se unutar nje nalazi detalj utora. Nakon toga možete uvećanu projekciju detalja pozicionirati ispod izometrije.

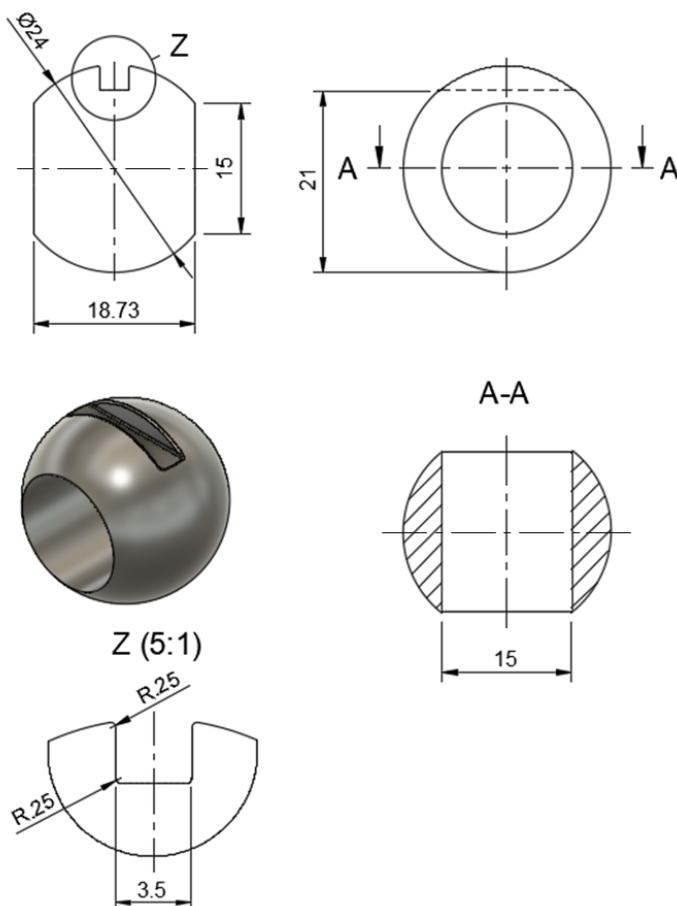
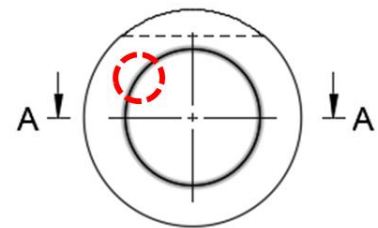
Projekciju detalja prilagodite tako da mjerilo (Scale) bude 5:1, naziv projekcije (Name) slovo Z, te da prikaz tangenentnih bridova (Tangent Edges) bude isključen.



Koristeći alat za dodavanje simetrala (Center Line) dodajte oznake simetrala različitim projekcijama. Dovoljno je odabrati dva simetrična elementa na projekciji (npr. dva brida) i između njih će biti položena simetrala. Simetrali je naknadno moguće prilagoditi duljinu povlačenjem njezinih krajnjih točaka.



Koristeći alat za dodavanje središnjica (Center Mark) postavite oznake središnjica provrtu u projekciji bokocрта. Dovoljno je odabrati brid u obliku kružnice projekcije i u središte će biti položena oznaka središnjice. Oznaci je naknadno moguće prilagoditi širinu i visinu povlačenjem njezinih krajnjih točaka.



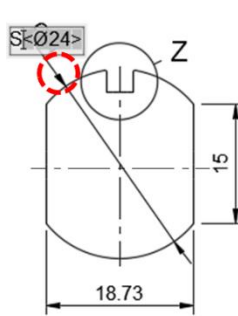
Dimenzioniranje (kotiranje) crteža funkcionira na identičan način kao i dimenzioniranje elemenata u skici. Naime, potrebno je pokrenuti alat Dimension i zatim odabrati elemente crteža koji služe kao referenca za kotu. Na primjer, odabirom dviju paralelnih ravnih linija kotira se njihova udaljenost, a odabirom ravnih linija koje nisu paralelne, kotira se kut između njih. Odabirom dviju točaka ili točke i linije, kotira se njihova udaljenost. Odabirom kružnice ili kružnog luka kotira se njihov promjer ili polumjer. Pri polaganju kote moguće je pritiskom na desnu tipku miša odabrati o kakvoj koti se radi (na primjer, ako se promjer želi promijeniti u polumjer).

Kotirajte crtež kao što je prikazano na slici.

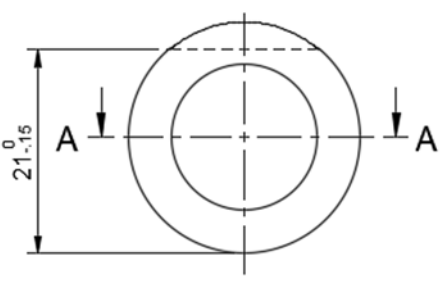
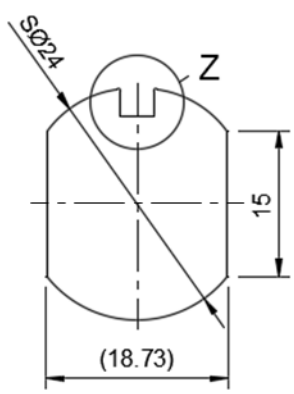
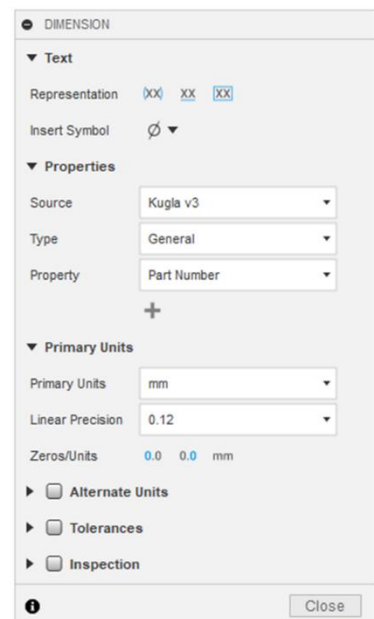
Dvostrukim pritiskom tipke miša na onaku dimenzija otvara se izbornik s postavkama kote. Pritom je dimenziji moguće dodati sufiks, prefiks, zagrade, okvir, itd. Uz to, moguće je odabrati mjerne jedinice, dodati tolerancije ili propisat provjeru.

Koristeći ove postavke, prilagodite dimenziju promjera kugle tako da dodate prefiks "S", čime se sugerira da se radi o sfernom obliku.

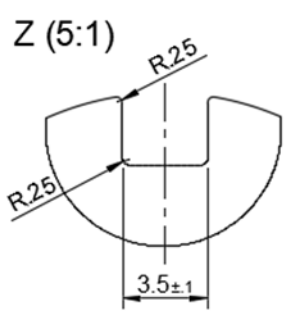
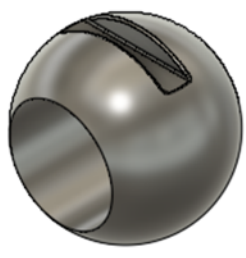
Osim toga, kotu širine u nacrtu (18.73) postavite kao referentnu (Reference Dimension) kako bi bila u zagrada.



Z (5:1)



A-A



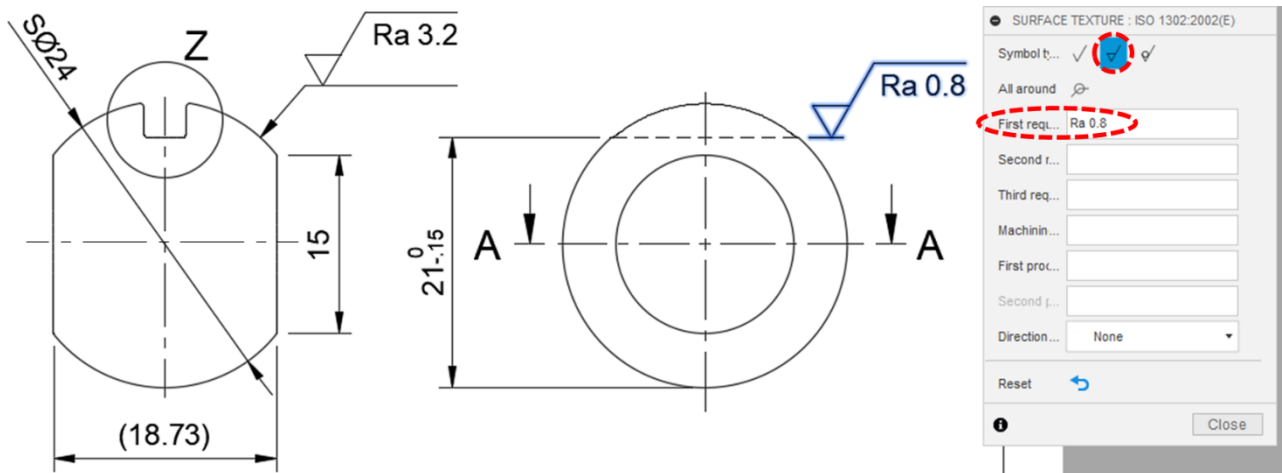
Koti visine u bokocrtu (21) dodajte tolerancije u rasponu od -0.15 mm do 0 mm.

Koti širine u projekciji presjeka dodajte prefiks \varnothing , s obzirom da se radi o provrtu.

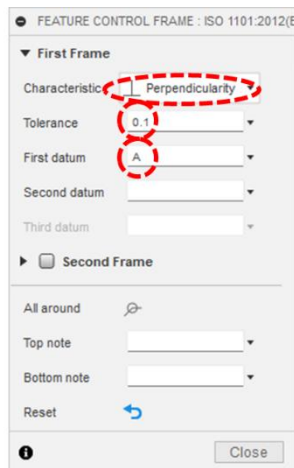
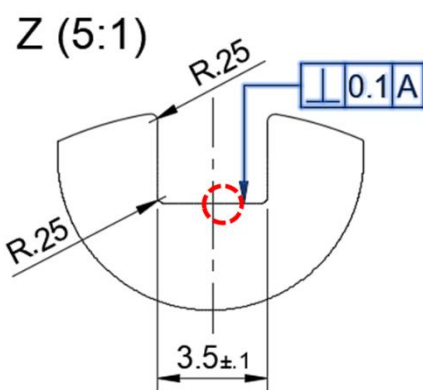
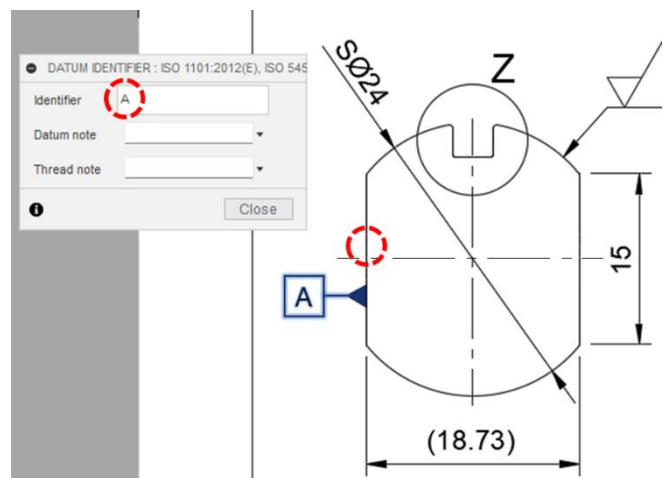
Na kraju koti širine u projekciji detalja (3.5) dodajte simetrične tolerancije veličine ± 0.1 mm.

Koristeći alat za označavanje hrapavosti površine (Surface Texture), dodajte oznake hrapavosti u projekcije nacrtu i tlocrta prema slikama. U projekciji nacrtu oznaku izvucite koristeći pomoćnu strelicu, a u bokocrtu je pozicionirajte na nevidljivi brid. Simbol i vrijednost hrapavosti prilagodite u pripadajućem izborniku.

Pravila tehničkog crtanja nalažu da je kod oznake hrapavosti površine, uz oznake na projekcijama, potreban je i dispozicijski znak za ostale neoznačene (najčešće u gornjem desnom kutu crteža). No, Fusion u trenutku izrade ovog priručnika ne podržava specificiranje simbola, a da se on ne odnosi na element (brid, konturu ili plohu) modela. Stoga je dodavanju takvog simbola možda moguće doskočiti na neki drugi način – npr. skiciranjem.



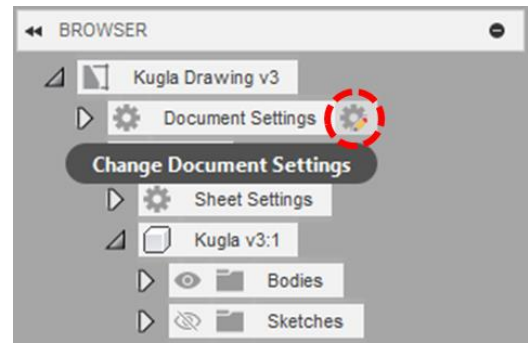
Koristeći alat za postavljanje reference za tolerancije oblika i položaja (Datum Identifier), dodajte referentnu oznaku A na lijevi brid projekcije nacrt. Najprije odaberite brid i zatim pozicionirajte oznaku na željeno mjesto.



S obzirom na postavljenu referencu sada možemo postaviti i toleranciju oblika, odnosno okomitost plohe utora u odnosu na referencu A. Za to možemo koristiti alat Feature Control Frame. Najprije odaberite brid i zatim pozicionirajte oznaku na željeno mjesto te u izborniku zadajte toleranciju od 0.1 (Tolerance) i referencu A (First datum).

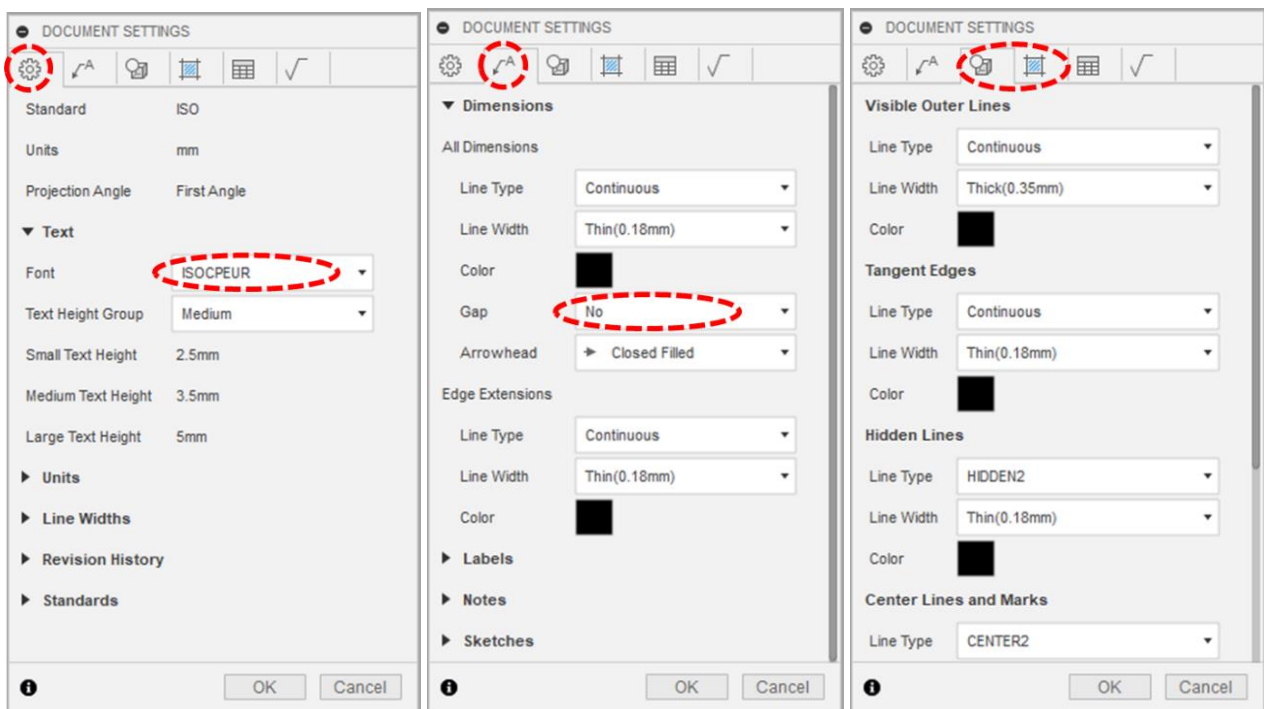
Preostaje podešavanje postavki tehničkog crtanja. Postavke je moguće postaviti pritiskom na simbol zupčanika uz izbornik Document Setting u pregledniku.

U jezičku Document Settings možete prilagoditi font i veličinu teksta, širine crta i mjerne jedinice. Na primjer, možete kao zadani font staviti neki od fontova koji imitiraju tehničko pismo (npr. font ISOCPEUR).



U jezičku Annotation možete prilagoditi vrste i širine crta te boje za pojedine oznake, isključiti zračnost između kota i bridova na koje se odnose (Gap) itd. Zračnost je svakako poželjno isključiti kako bi tehnički crtež pratio važeće norme tehničkog crtanja.

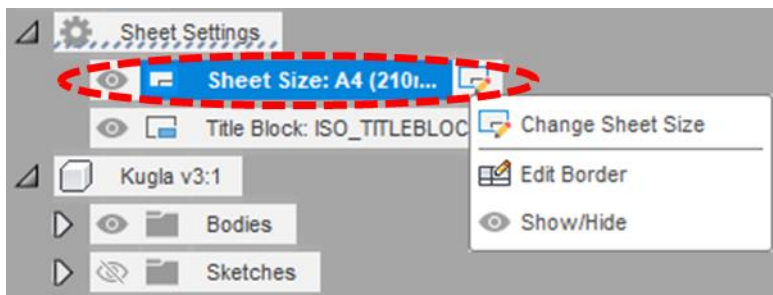
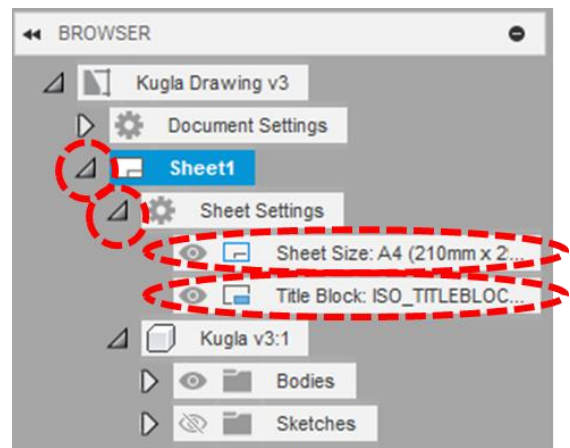
U jezičcima View i Hatch prilagođavaju se vrste, širine i boje crta različitih bridova, kontura i šrafura. Konačno, u jezičcima Table i Symbol prilagođavaju se vrste, širine i boje crta koje se koriste u tablicama i simbolima u okviru različitih oznaka.



Ako postoji potreba za dodatnim listovima crteža, oni se mogu dodati koristeći operaciju dodavanja lista (Quick Add) ispod grafičke površine.

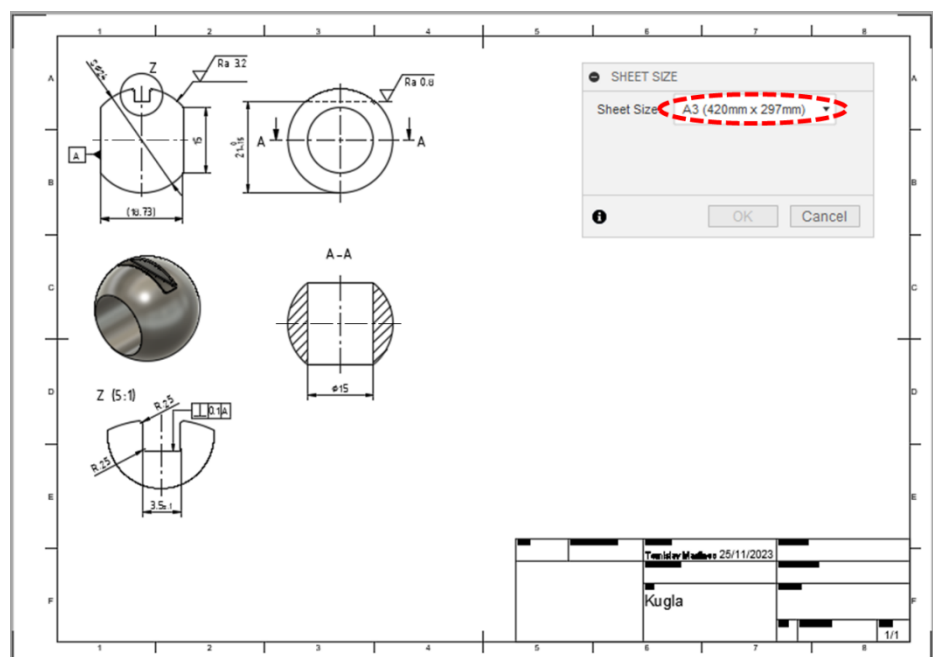


Na samom kraju ove vježbe istražiti ćemo još uređivanje predloška tehničkog crteža, odnosno okvira i zaglavlja crteža. U pregledniku proširite stavku koja se odnosi na list čiji predložak želite urediti (npr. Sheet1). Zatim proširite postavke tog lista (Sheet Settings) unutar kojih se nalaze dvije stavke: postavke veličine lista (Sheet Size) i postavke zaglavlja (Title Block).

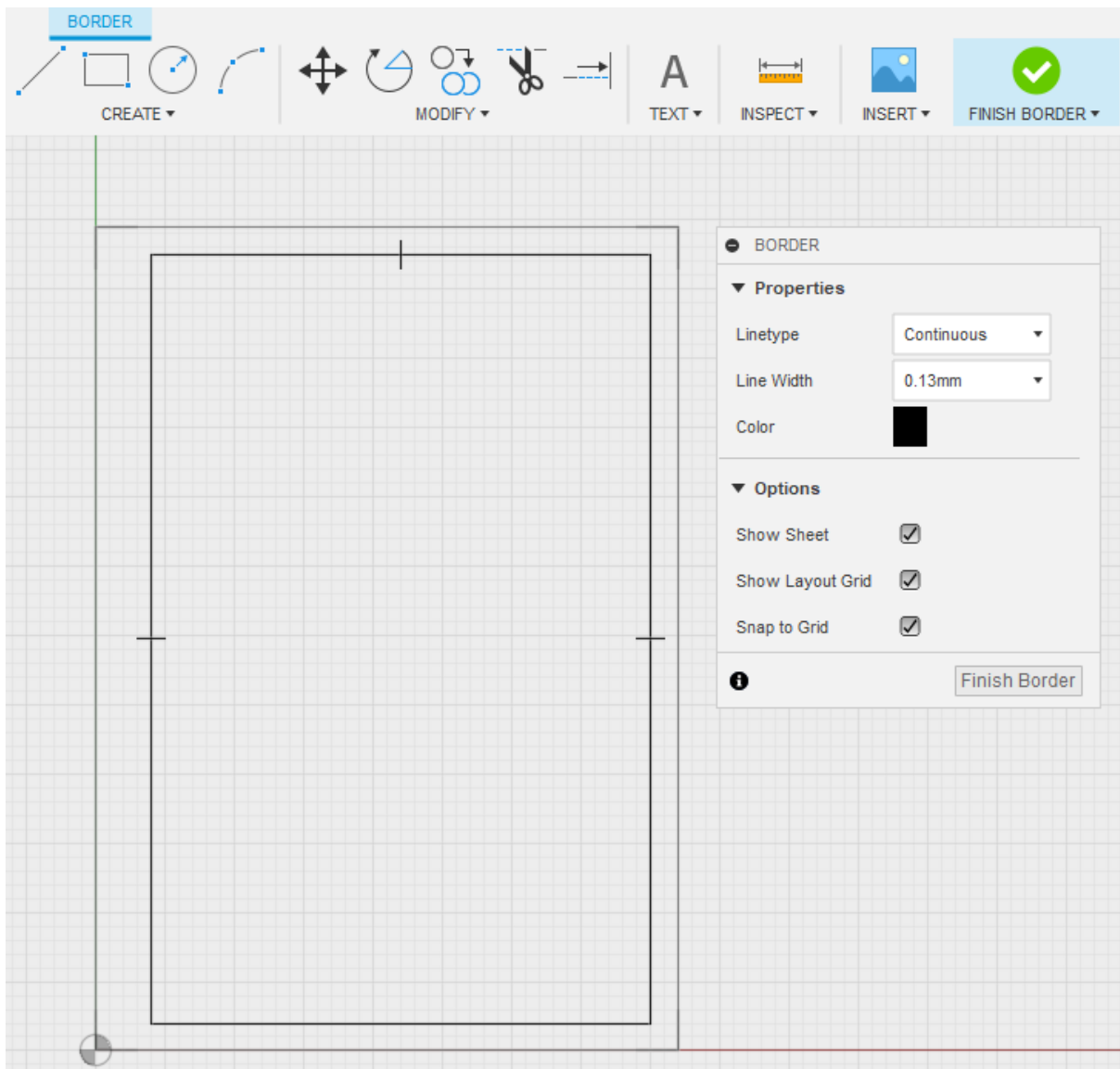


Pritiskom desne tipke miša na prvu stavku, otvara se izbornik koji omogućuje pokretanje uređivanja veličine lista (Change Sheet Size), uređivanja okvira crteža (Edit Border) te uključivanje, odnosno isključivanje prikaza okvira (Show/Hide).

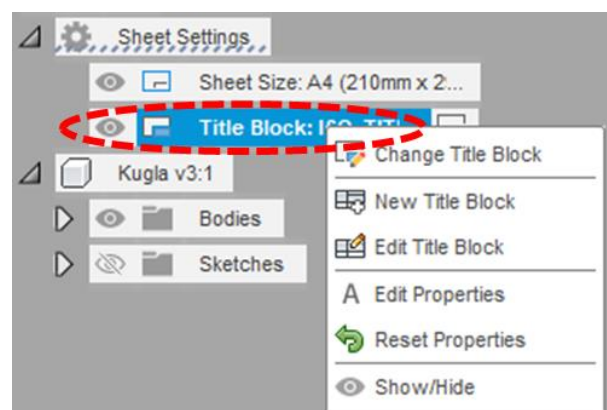
Promjena veličine lista (npr. na format A3), rezultat će zamjenom postojećeg lista novim, tako da sadržaj crteža ostane poravnat s gornjim lijevim kutom crteža. Na slici je primjer promjene veličine lista u veličinu A3. No, s obzirom na trenutni sadržaj crteža, veličina A4 je dovoljna.



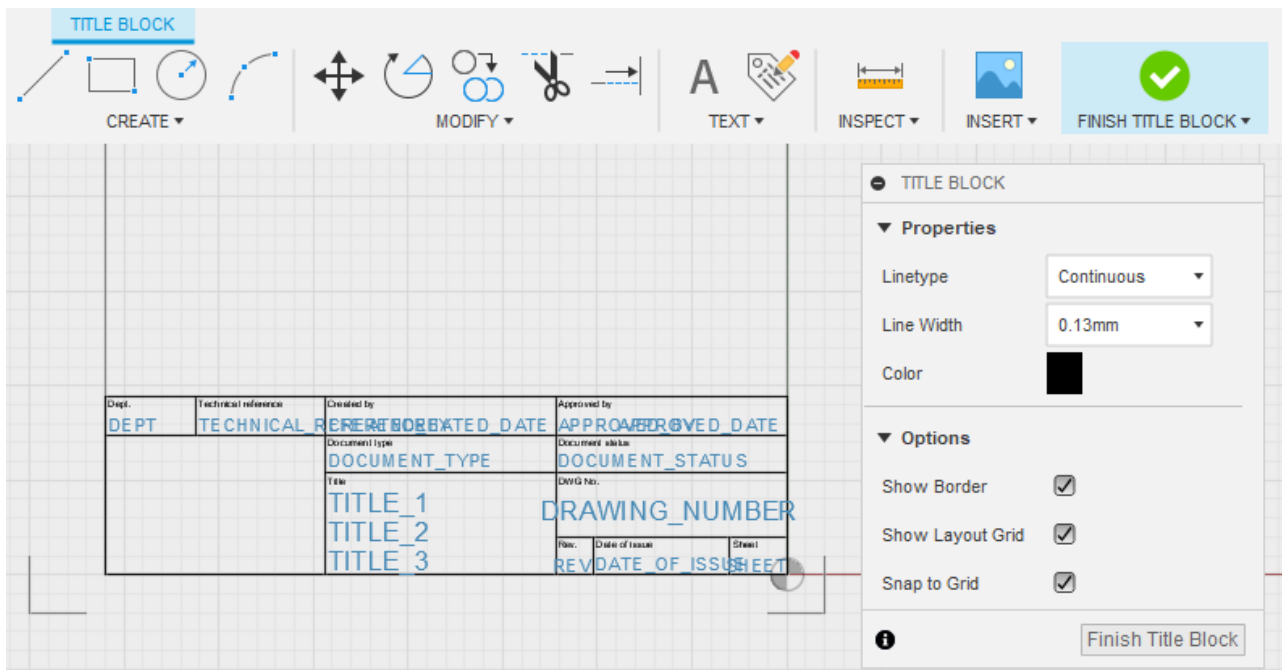
Odabir stavke uređivanja okvira pokreće skup alata sličnih onima za izradu skica, a pomoću kojih je moguće urediti okvir crteža, koristeći crte različitih vrsta i širina. Uz to je moguće dodati i različiti tekstualni sadržaj ili slike.



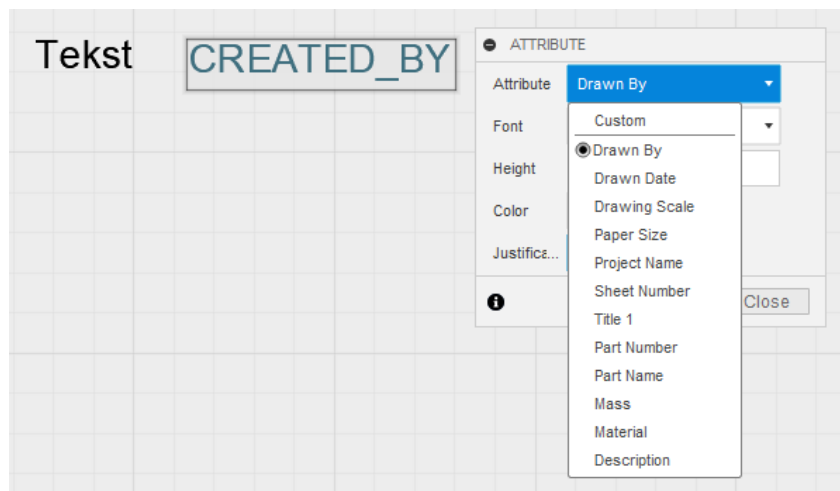
Pritiskom desne tipke miša na stavku Title Block, otvara se izbornik koji omogućuje pokretanje zamjene predloška zaglavlja (Change Title Block), izrade novog zaglavlja (New Title Block) ili uređivanje postojećeg (Edit Title Block). Uz to je moguće uređivati svojstva upisana u zaglavlje (Edit Properties) ili resetirati njihove vrijednosti (Reset Properties). Kao što je slučaj s okvirom, zaglavlje je moguće prikazati ili sakriti (Show/Hide).



U ovoj vježbi uredit ćemo postojeće zaglavlje (Edit Title Block). Odabir ove opcije otvara skup alata za uređivanje zaglavlja, poput alata za skiciranje, alata za ubacivanje teksta, atributa i slika te alata za odabir vrste i širine crta.



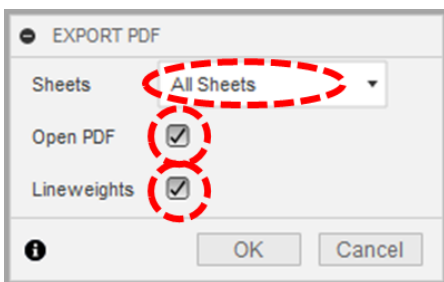
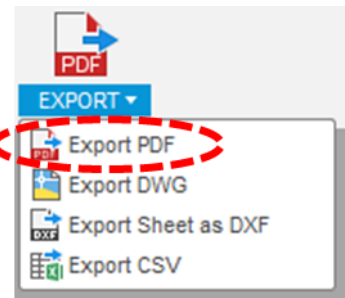
Koristeći alate za crtanje (npr. ravne linije) moguće je izraditi ili urediti retke i stupce zaglavlja. Nadalje, koristeći alat za ubaivanje teksta (Text) moguće je upisati podatke koji se ne mogu izvući na temelju atributa dodijeljenih modelu. S druge strane, atributi dodijeljeni modelu, poput onih o autoru, mjerilu, materijalu, masi i dr. mogu se automatski učitati u zadana polja.



Polja namijenjena za attribute, moguće je ručno mijenjati, ako se umjesto uređivanja zaglavlja pokrene alat uređivanja svojstava (Edit Properties). U tom slučaju se željeni tekst može direktno upisati u polja atributa.

Dept.	Technical reference	Created by	Approved by
DEPT	TECHNICAL_REFERENCE	Ivan Horvat 25/11/2023	Marko Kovač 26/11/2023
		Document type	Document status
		DOCUMENT_TYPE	DOCUMENT_STATUS
		Title	DWG No.
		Kugla Ručno upisano TITLE_3	100-40-50-003
		Rev.	Date of issue Sheet
		2	DATE_OF_ISSUE 1/1

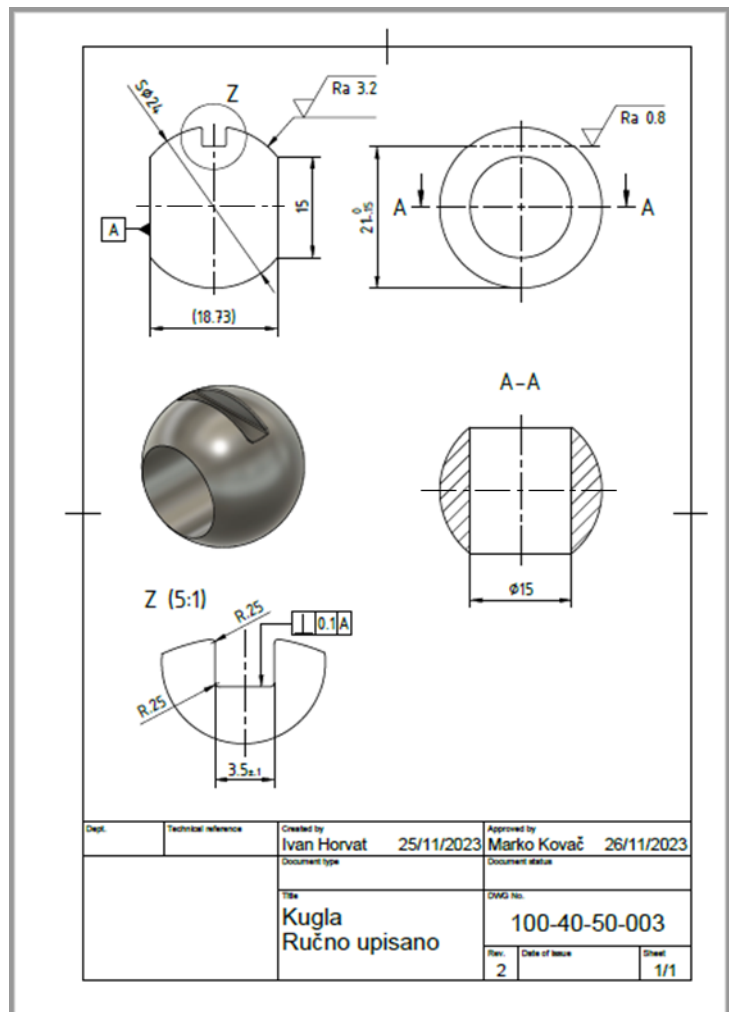
Ne zaboravite spremiti crtež. Uz izvorni zapis, crtež koji smo izraditi moguće je spremiti u obliku PDF i DWG datoteke. PDF format zapisa je univerzalan i osigurava da se crtež može otvoriti na većini računala (dovoljno je imati PDF preglednik). S druge strane, DWG zapis omogućava da se crtež otvori i uređuje u nekom od 2D CAD alata, poput AutoCAD-a. Također je moguće izvoziti okvir i zaglavlje crteža u DXF formatu (također za 2D CAD alate) te podatke o modelu u CSV zapisu (koji se najčešće uređuje korištenjem alata za obradu podataka ili za tablični pregled podataka, poput Microsoft Excela). U ovoj vježbi napraviti ćemo izvoz PDF datoteke (Export as PDF).



Od postavki koje se nude pri spremanju u PDF datoteku, nudi se izbor listova koji će biti uključeni (Sheets). Želimo li da PDF datoteka bude otvorena odmah nakon izvoza (Open PDF) te hoće li sve linije crteža biti iste širine ili će se koristiti one koje su zadane u postavkama crteža (Lineweights).

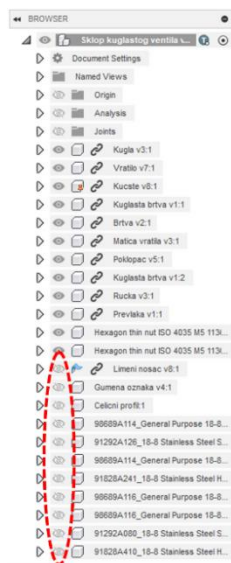
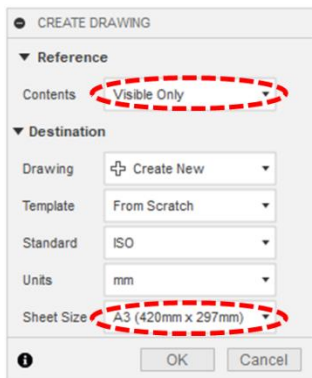
Odaberite izvoz svih listova, otvaranje PDF-a nakon izvoza te zadržavanje zadanih širina crta.

U sljedećem koraku potrebno je još odabrati ime datoteke i gdje će ona biti pohranjena (u okviru projekta ili lokalno na računalu).



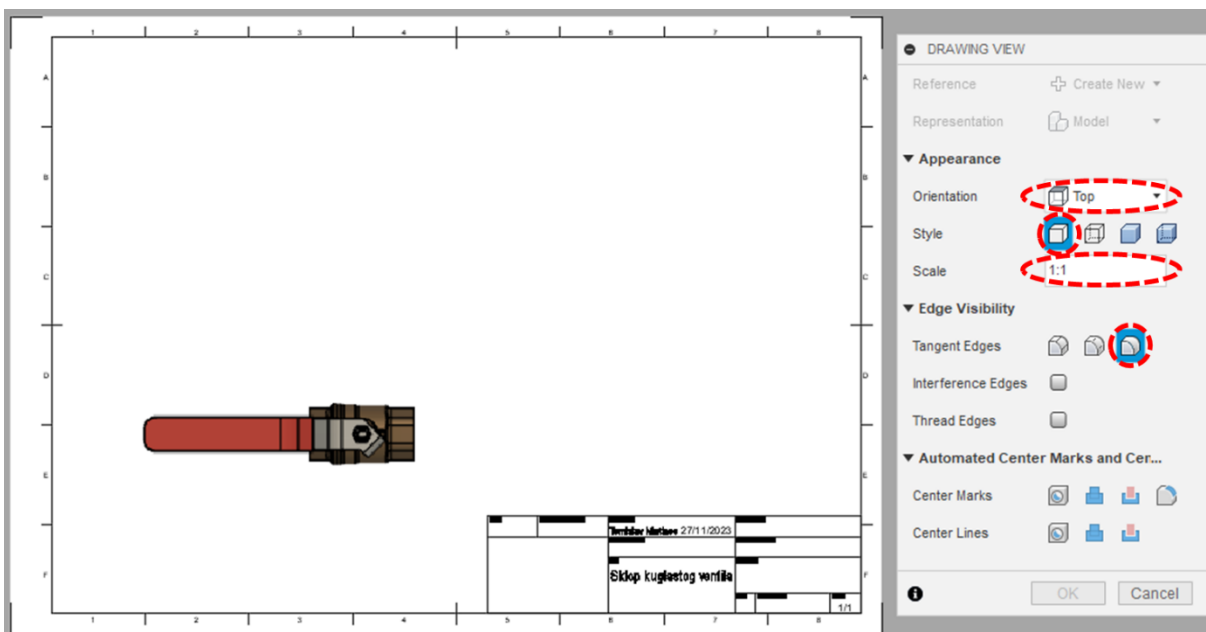
5.5. Vježba 17: Izrada sklopnog crteža

U ovoj vježbi izradit ćemo sklopni crtež kuglastog ventila. Otvorite model sklopa koji ste prethodno izradili. Radi jednostavnosti, sakrijte sve komponente od limenog nosača nadalje (dovoljno je u pregledniku ukloniti simbol oka za komponente limenog nosača), gumene oznake, oznake čeličnog profila te vijčani spojeva iz kataloga McMaster-Carr.



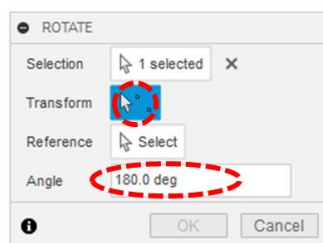
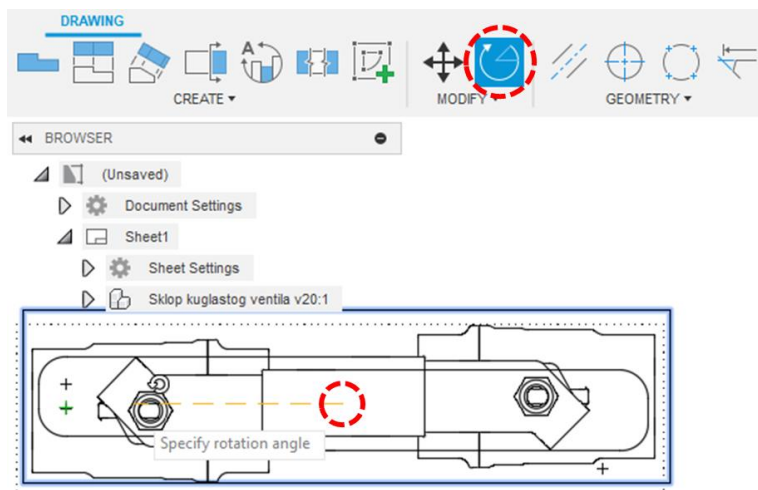
Spremite model i na temelju njega započnite izradu novog crteža, formata A3. Kao sadržaj odaberite samo vidljivi sadržaj (Visible Only).

Na list crteža postavite projekciju tlocrta (Top) u mjerilu 1:1. Projekciju pozicionirajte u donji lijevi kvadrant lista. Isključite prikaz nevidljivih i tangentnih bridova.

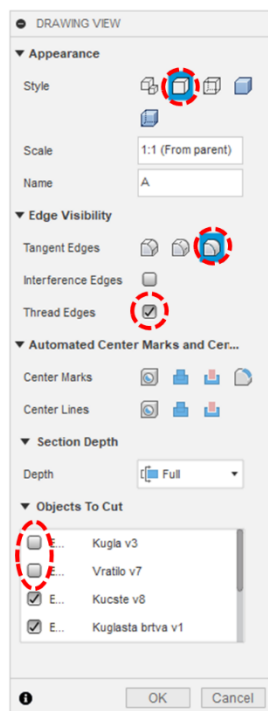
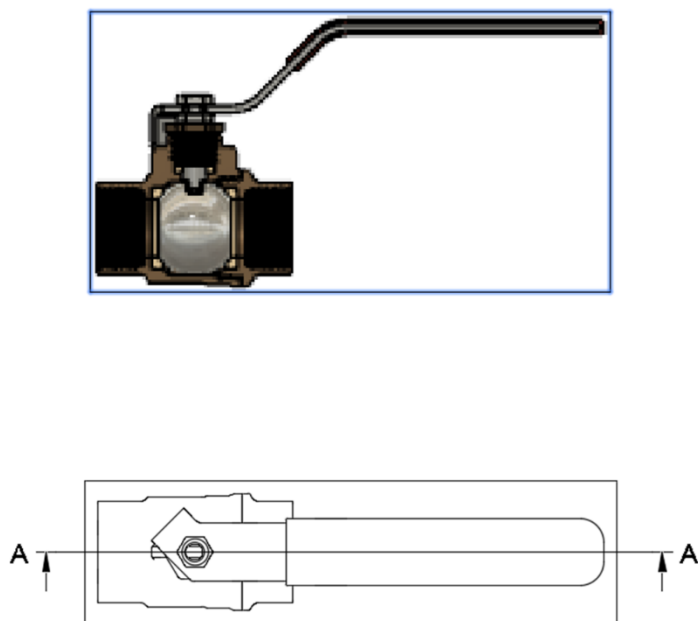


Koristeći alat za rotaciju pogleda (Rotate) zarotirajte projekciju tlocrta za 180°. Nakon pokretanja alata potrebno je odabrati pogled, zatim u izborniku odabrati opciju Transform i odabrati točku rotacije na toj projekciji. Pomicanjem pokazivača okreće se odabrani pogled – pazite da potvrdite u trenutku kada je pogled zaokrenut za točno 180°.

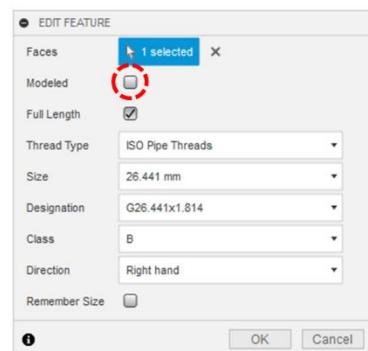
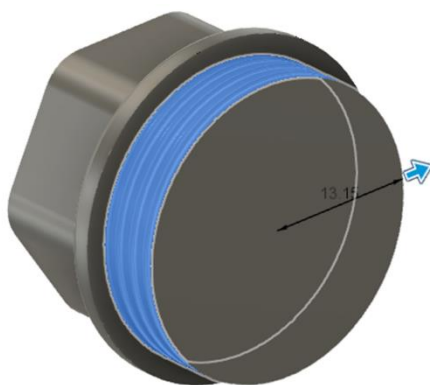
Spremite crtež pod nazivom Crtež sklopa kuglastog ventila.



Koristeći alat za izradu presjeka (Section View) izradite horizontalni presjek tlocrta, tako da presječnu liniju skicirate sredinom cijele duljine projekcije tlocrta. Projekciju presjeka izvučite na poziciju nacrta, bez prikaza nevidljivih i tangentnih bridova te s prikazom navoja (Thread Edges). S obzirom da ne želimo presjeći sve komponente, u listi Objects To Cut isključite presijecanje kugle, vratila, matice vratila i dviju šesterokutnih matice. Na kraju obrišite mjerilo u nazivu projekcije presjeka.



Primijetiti ćete da su navoji prikazani u stvarnoj geometriji, a ne shematski, kao što je propisano pravilima tehničkog crtanja. Kako bismo to izbjegli, moramo otvoriti modele dijelova koji sadrže navoje (kućište, poklopac, maticu vratila i vratilo) te u postavkama navoja isključiti opciju Modeled.



Na modelu kućišta nalaze se tri navoja, na modelu poklopca dva navoja, a na modelima matice vratila i vratila, po jedan navoj. Također spremite svaki od dijelova.

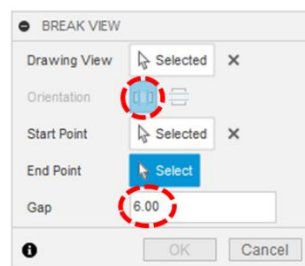
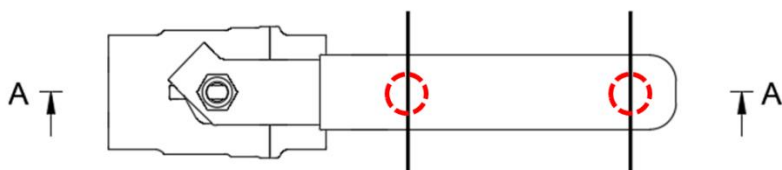
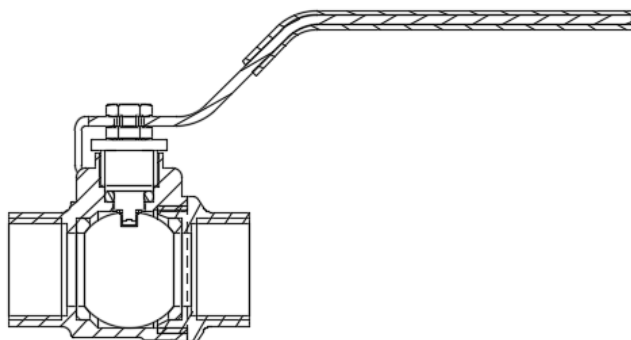


Nakon zamjene modeliranih navoja shematskim, vratite se na model sklopa i osvježite modele dijelova (komponenti) koji su izmijenjeni. U aplikacijskoj traci je prikazan gumbić sa simbolom poveznice, a ispred koje se nalazi žuti trokut s usključnikom. Pritiskom na ovaj gumbić učitat će se najnovije verzije svih dijelova u sklopu.

Spremite model sklopa i vratite se na tehnički crtež. Tamo će se u aplikacijskoj traci pojaviti isti gumbić te je potrebno ponoviti postupak. Primijetiti ćete promjenu načina prikaza navoja u projekciji presjeka.

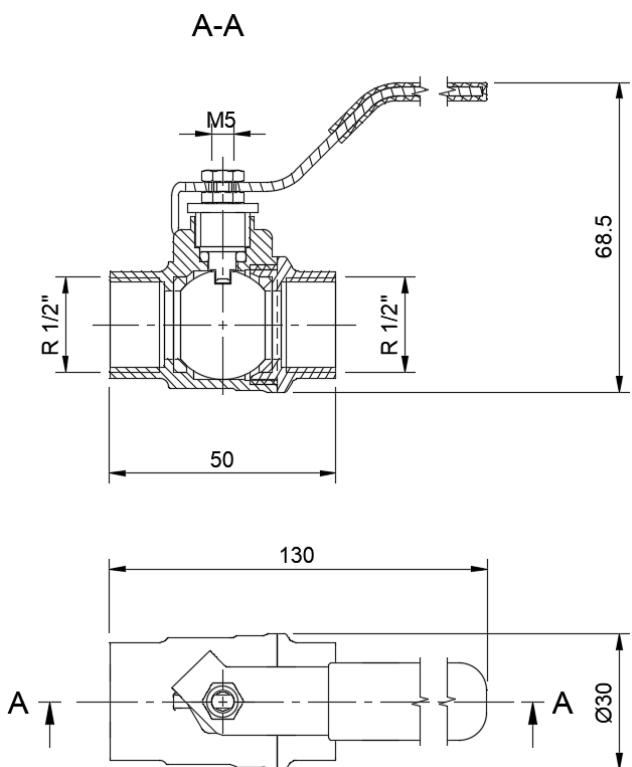
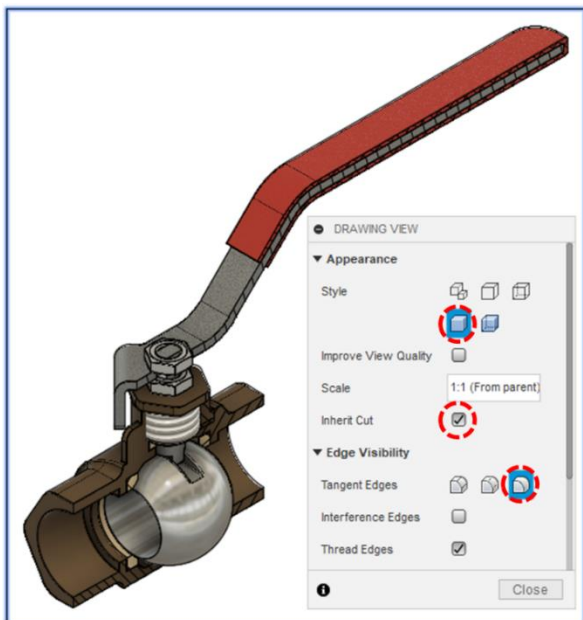
Koristeći alat za izradu prekida (Break View) skratite projekciju tlocrta u horizontalnom smjeru, na ravnom dijelu komponente ručice. Nakon odabira alata potrebno je odabrati projekciju tlocrta i zatim odabrati krajeve prekida – svaki na jednom kraju ručice. Uz to je u izborniku moguće prilagoditi orijentaciju (Orientation) i razmak prekida (Gap).

A-A



Nakon primjene skraćivanja, prekid će biti prikazan i u svim povezanim projekcijama – u ovom slučaju pojaviti će se u projekciji presjeka. Naknadno prilagodite položaj desnog kraja presječne linije (približite oznaku modelu).

Projekcijama dodajte oznake simetrala i središnjica te ih kotirajte prema slici. Po želji prilagodite pojedinačne šrafove.

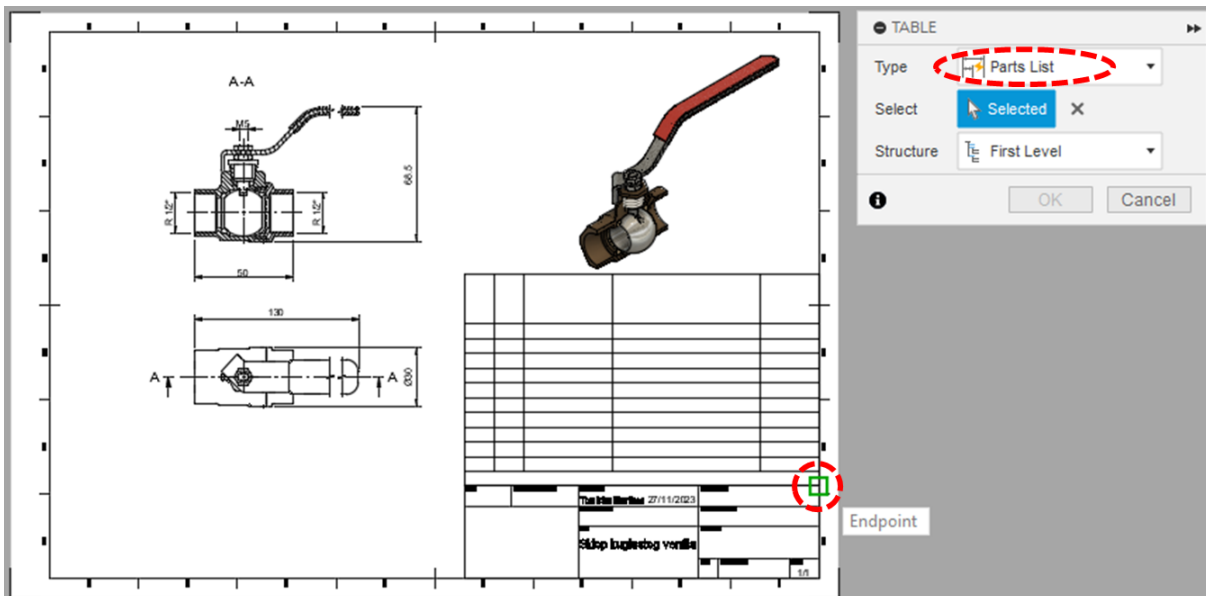


Na temelju projekcije presjeka izradite susjednu projekciju (Projected View) u izometriji. Uključite prikaz ploha s teksturama, ali bez prikaza nevidljivih i tangenčnih bridova. Uključivanjem opcije nasljeđivanja presjeka (Inherit Cut), projekcija izometrije također će biti prikazana u presjeku, uključujući izuzetke za četiri zadane komponente.

Projekciju u izometriji pomaknite u gornji desni kut lista.

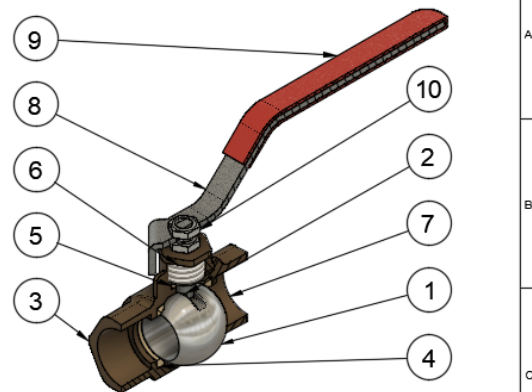
Sklopnom crtežu potrebno je dodati sastavnicu sa svim dijelovima i pripadajućim atributima poput broja komada, materijala, opisa i dr. Ovaj korak moguće je provesti na dva načina – automatski i ručno.

Za automatsku izradu sastavnice potrebno je pokrenuti alat za izradu tablice (Table) i kao predefiniranu tablicu odabrati listu dijelova (Parts List). U istom izborniku moguće je odabrati strukturu dijelova, odnosno želite li u listu uključiti samo prvu razinu komponenti (u slučaju podsklopova) ili sve komponente koje se nalaze u modelu (bez obzira jesu li u podsklopu ili ne). U slučaju našeg modela obje opcije daju isti rezultat. Konačno, preostaje samo potvrditi položaj tablice na crtežu (najčešće se nalazi odmah iznad zaglavlja).



Osim tablice, na crtežu se u okviru projekcije u izometriji pojavljuju i oznake pozicija pojedinačnih dijelova. Dodijeljeni brojevi odgovaraju onima u prvom stupcu tablice. Uredite dimenzije ćelija tablice i položaje oznaka pozicijam, kako bi crtež i sastavnica bili što uredniji (prijedlog rasporeda je prikazan na slici). Oznake pozicija moguće je poravnati koristeći alat Align Balloons.

Dvostrukim pritiskom lijeve tipke miša na tablicu sastavnice, otvara se izbornik u kojem je moguće odabrati stavke tablice i njihov raspored (po stupcima). Isključite prikaz opisa (Description) i uključite prikaz mase (Mass).



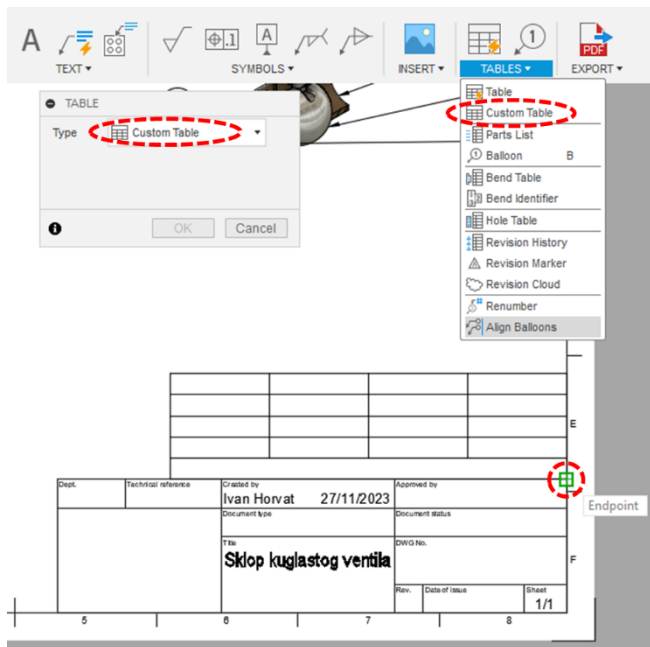
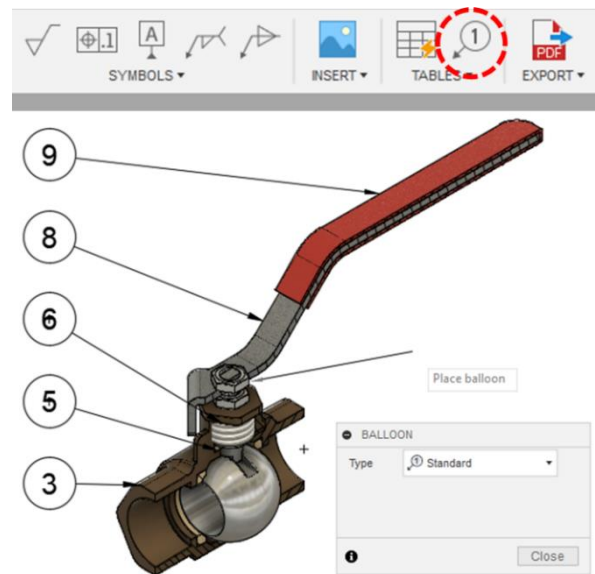
Item	Qty	Part Number	Material	Mass
10	2	Hexagon thin nut ISO 4035 M5 11365.050.001(High)	Canvas	0.016 g
9	1	Prevlaka	Steel	24.781 g
8	1	Rucka	Steel	29.297 g
7	1	Poklopac	Steel	36.034 g
6	1	Matica vratila	Steel	7.758 g
5	1	Brtva	Steel	0.826 g
4	2	Kuglasta brtva	Steel	3.333 g
3	1	Kucste	Steel	67.517 g
2	1	Vratilo	Steel	3.803 g
1	1	Kugla	Steel	26.151 g

Parts List				
Dept.	Technical reference	Created by Ivan Horvat	27/11/2023	
		Document type	Approved by	
		Title Sklop kuglastog ventila	Document status	
			DWG No.	
		Rev.	Date of issue	Sheet 1/1

Osim automatske izrade sastavnica, moguće je oznake pozicija i tablicu dodati ručno. Koristeći alat za povratak (Undo) u aplikacijskoj traci, vratite se do koraka prije izrade sastavnice.



Koristeći alat za postavljanje oznaka pozicija, označite svaku komponentu (kuglaste brtve i šesterokutne matice dovoljno je označiti samo jednom). Pri korištenju alata potrebno je odabrati bilo koji brid komponente kojoj se želi pridodati oznaka pozicije. Nakon što ste označili sve pozicije, možete oznake poravnati koristeći alat Align Balloons.



Tablicu za sastavnicu izradite pomoću alata Custom Table. Donji desni vrh tablice pozicionirajte u gornji desni vrh zaglavlja.

Obrišite zadnji red tablice (koji se sastoji od samo jedne ćelije). Zatim označite cijeli prvi red i uz pomoć izbornika dodajte nove retke (Insert Rows Above) tako da ih bude ukupno 11. Zatim označite cijeli prvi stupac i koristeći izbornik dodajte još jedan stupac (Insert Columns To Left) u tablicu. Ručno podesite dimenzije stupaca prema slici.

Ćelije u donjem stupcu tablice ispunite redom

nazivima stavki sastavnice: "Poz.", "Kom.", "Naziv

dijela", "Materijal" i "Masa".

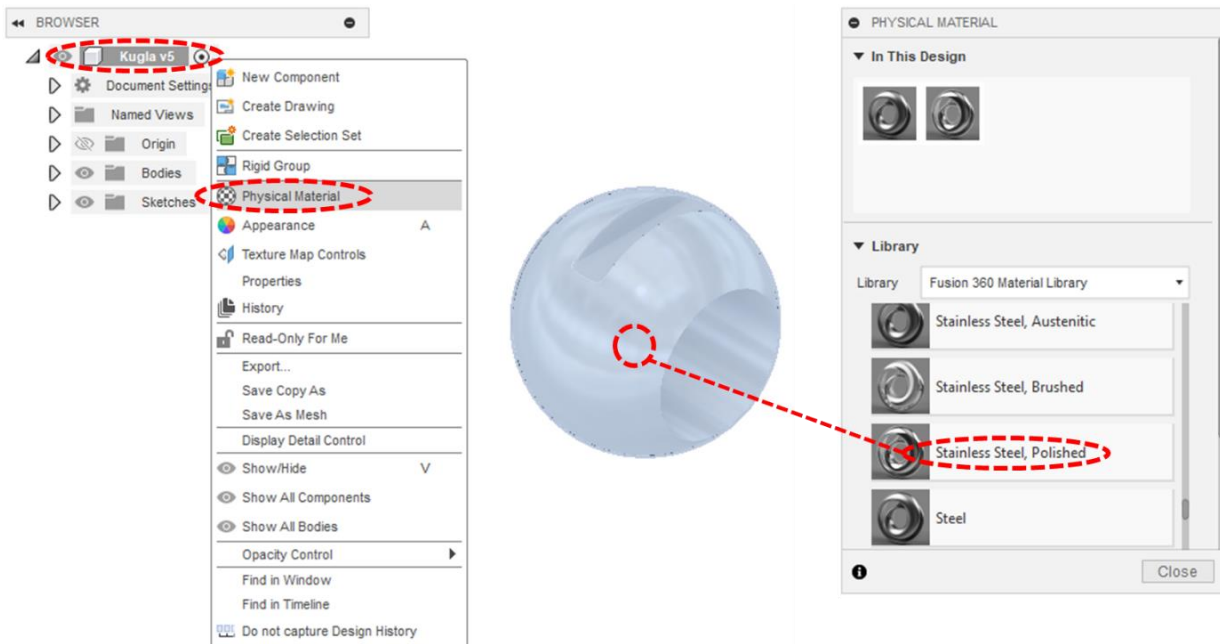
Ispunite tablicu atributima dijelova. Na primjer, ako želimo ispuniti podatke o prvoj poziciji, potrebno je dvostrukim pritiskom miša označiti ćeliju te u izborniku odabrati dio i željeni atribut i potvrditi unos podatka u odabranu ćeliju.

Primijetit ćete da je materijal svih

11	10	2	Matica ISO 4035 M5
10	9	1	Prevlaka
9	8	1	Ručica
8	7	1	Poklopac
7	6	1	Matica vratila
6	5	1	Brtva
5	4	2	Kuglasta brtva
4	3	1	Kućište
3	2	1	Vratilo
2	1	1	
1	Poz.	Kom.	Naziv dijela
	Dept. A	Technical reference B	Created by C Ivan Horvat 27/11/2023
			Approved by D
			E

dijelova čelik (Steel). Naime, prilikom modeliranja sklopa smo komponentama dodijelili samo izgled različitih materijala, a ne i sam materijal. Sada ćemo se vratiti na modele dijelova i pojedinačno im pridodati svojstvo materijala.

Na primjer, otvorite model kugle. U pregledniku pritiskom desne tipke miša na komponentu pristupite padajućem izborniku i odaberite alat za definiranje materijala (Physical Material). U dodatnom izborniku pronađite materijal polirani nehrđajući čelik (Stainless Steel, Polished) i držeći pritisnutu lijevu tipku mišu prebacite materijal na model.



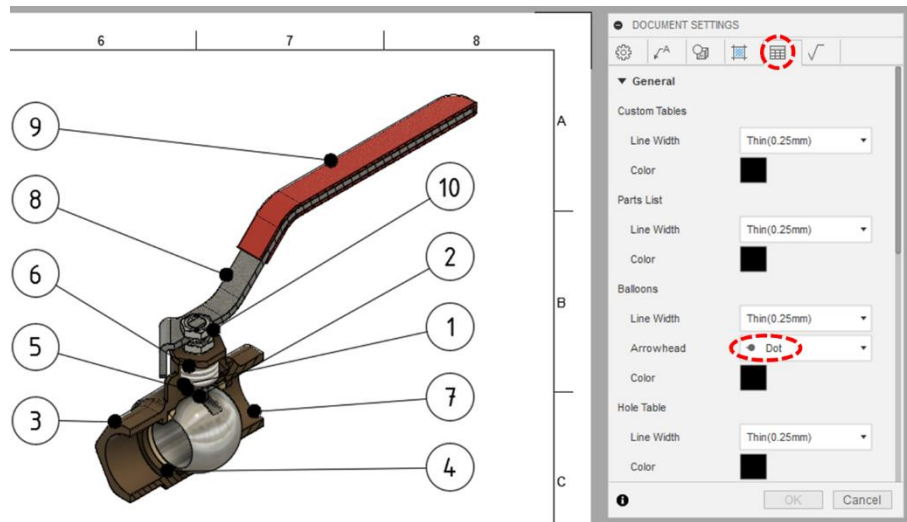
Isto ponovite i za ostale komponente. Komponentama kućišta, poklopca i matice vratila zadajte materijal lijevane bronce (Bronze, Cast). Brtvi i kuglastoj brtvi zadajte materijal silikonske gume (Rubber, Silicone). Vratilu i ručici zadajte materijal ugljični čelik (Steel, Carbon). Prevlaci ručice zadajte materijal Laminate, Red, Mate.

Nemojte zaboraviti spremi svaki od dijelova te nakon toga redom osvježiti i spremi model sklopa i model sklopnog crteža. Zadani materijali bit će osvježeni u sastavnici.

Ako želite da sastavnica bude u potpunosti na hrvatskom jeziku, potrebno je nazive materijala upisati ručno ili izraditi nove materijale željenih svojstava kojima ćete dodijeliti nazive na hrvatskom jeziku.

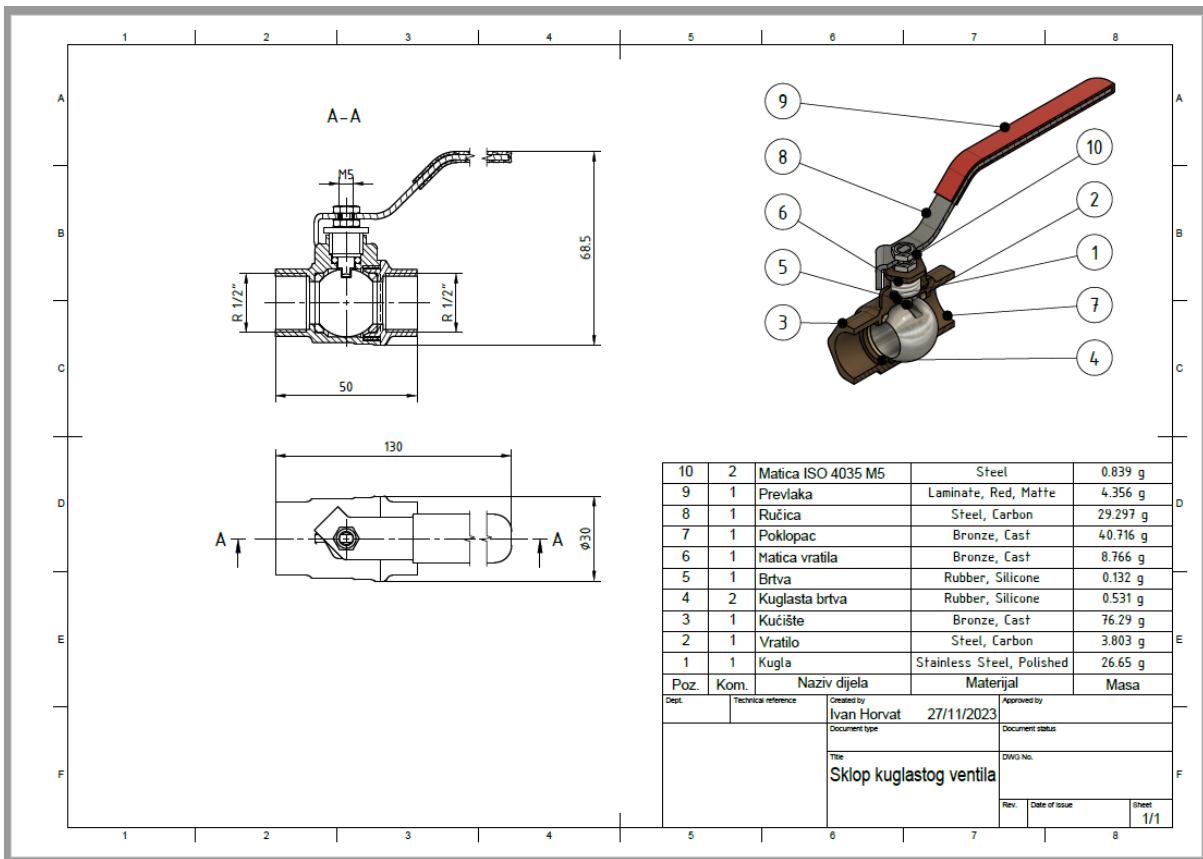
10	2	Matica ISO 4035 M5	Steel	0.839 g
9	1	Prevlaka	Laminate, Red, Matte	4.356 g
8	1	Ručica	Steel, Carbon	29.297 g
7	1	Poklopac	Bronze, Cast	40.716 g
6	1	Matica vratila	Bronze, Cast	8.766 g
5	1	Brtva	Rubber, Silicone	0.132 g
4	2	Kuglasta brtva	Rubber, Silicone	0.531 g
3	1	Kućište	Bronze, Cast	76.29 g
2	1	Vratilo	Steel, Carbon	3.803 g
1	1	Kugla	Stainless Steel, Polished	26.65 g
Poz.	Kom.	Naziv dijela	Materijal	Masa
Dept.	Technical reference	Created by Ivan Horvat	27/11/2023	Approved by
		Document type		Document status
		Title Sklop kuglastog ventila		DWG No.
				Rev.
				Date of issue
				Sheet 1/1

Na kraju, želimo još podesiti postavke crteža (Drawing Settings). Odaberite font (npr. ISOCPEUR je dostupan), uklonite zračnost između kota elemenata na koje se odnose (Gap) i na krajevima oznaka pozicija (Arrowheads), strelice zamijenite kružićima (Dot).



neki ako i

Ne zaboravite spremiti model crteža. Crtež izvezite i u PDF formatu.



6. Zadatci za vježbu

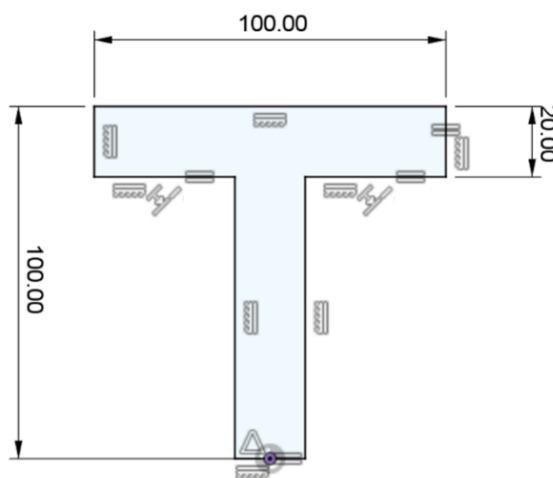
6.1. Zadatak 1: Skiciranje slova

Izradu skica različitih oblika najlakše je vježbati kroz skiciranje različitih slova abecede. U ovom zadatku potrebno je izraditi niz skica različitih slova koristeći zadane elemente te relacijska i dimenzijska ograničenja.

Pokrenite izradu novog modela (New Design).

U bilo kojoj od početnih ravnina izradite skicu slova T i ograničite je koristeći ograničenja kao na slici. Pri skiciranju držite pritisnutu tipku CTRL kako biste izbjegli automatsko postavljanje relacijskih ograničenja.

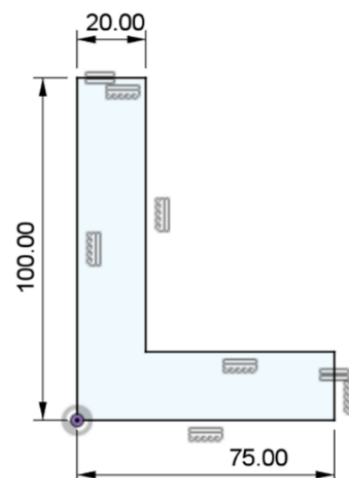
- Slovo se sastoji samo od horizontalnih i vertikalnih stranica
- Ishodište smješteno u sredinu donje stranice
- Lijevi i desni krak su iste duljine i kolinearni
- Visina i širina slova su 100 mm
- Debljina slova je 20 mm



Spremite model pod nazivom Slovo T.

Obrišite sadržaj skice te nakon toga skicirajte i ograničite profil slova L koristeći ograničenja kao na slici.

- Slovo se sastoji samo od horizontalnih i vertikalnih stranica
- Ishodište je smješteno u donji lijevi vrh
- Krakovi su iste debljine
- Visina slova je 100 mm
- Širina slova je 75 mm
- Debljina slova je 20 mm

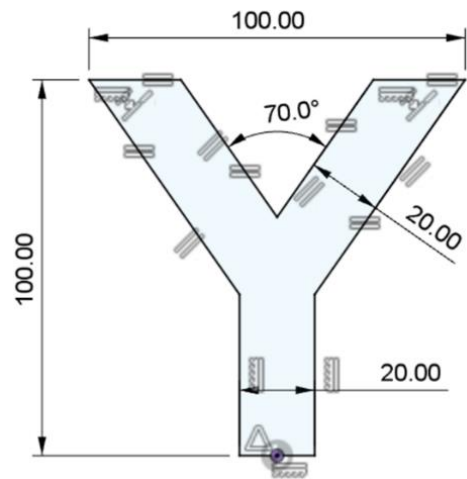


Spremite model pod nazivom Slovo L (pazite da koristite opciju File -> Save As).

Izbrišite sadržaj skice te nakon toga skicirajte i ograničite profil slova Y, koristeći ograničenja kao na slici.

- Ishodište je smješteno u sredinu donje stranice
- Krakovi su iste duljine, debljine i nagiba
- Visina i širina slova su 100 mm
- Debljina slova je 20 mm
- Kut između krakova je 70.0°

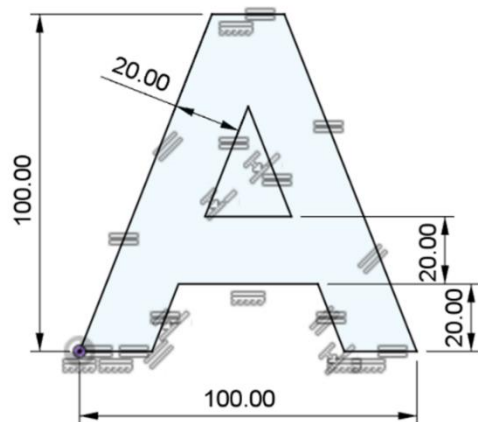
Spremite model pod nazivom Slovo Y (pazite da koristite opciju File -> Save As).



Izbrišite sadržaj skice te nakon toga skicirajte i ograničite profil slova A koristeći ograničenja kao na slici.

- Ishodište je smješteno u lijevi donji vrh
- Krakovi su iste duljine, debljine i nagiba
- Visina i širina slova su 100 mm
- Debljina slova je 20 mm
- Udaljenost „mosta“ je 20 mm od donjih stranica (ili vertikalno od ishodišta)

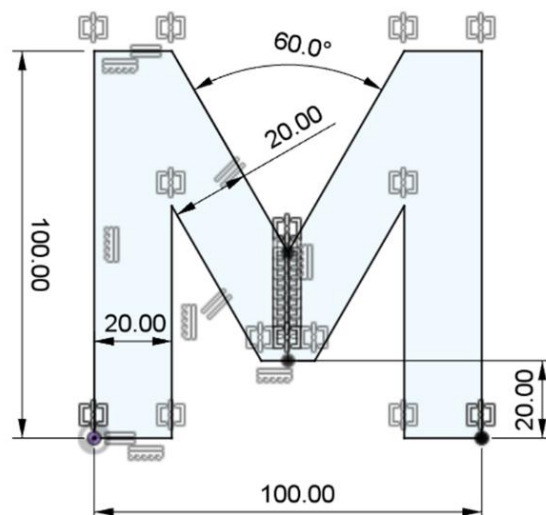
Spremite model pod nazivom Slovo A (pazite da koristite opciju File -> Save As).



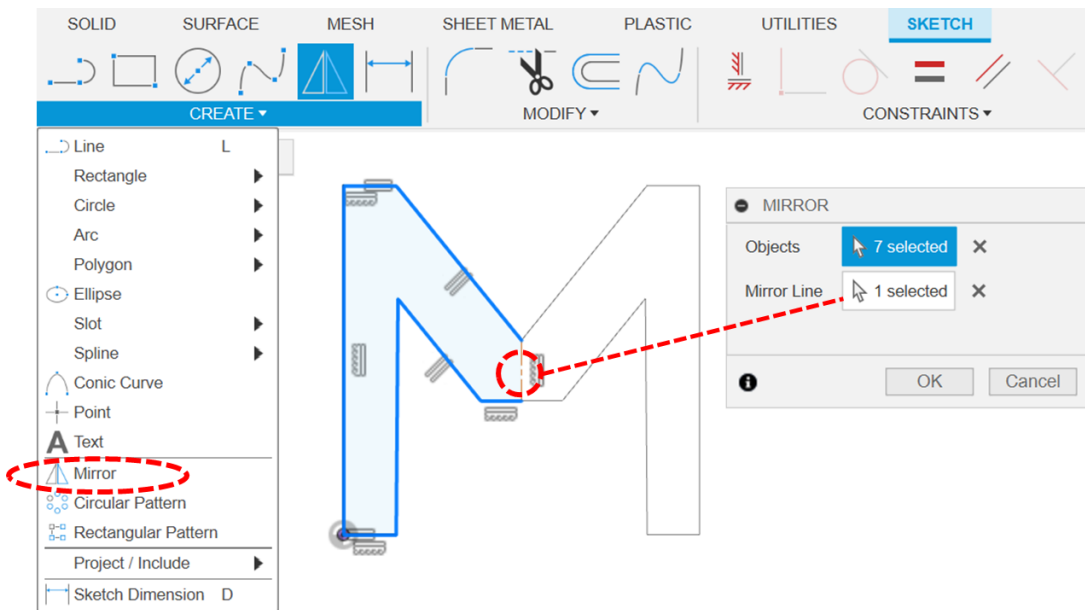
Obrišite sadržaj skice te nakon toga skicirajte i ograničite profil slova M koristeći ograničenja kao na slici.

- Ishodište je smješteno u lijevi donji vrh
- Kosi krakovi su iste duljine, debljine i nagiba
- Visina i širina slova su 100 mm
- Debljina slova je 20 mm
- Kut između kosih stranica iznosi 60.0°

Spremite model pod nazivom Slovo M (pazite da koristite opciju File -> Save As).



S obzirom da je slovo simetrično, poželjno je najprije napraviti lijevu polovicu slova te na osi simetrije dodati središnjicu. Zatim, pomoću alata Mirror zrcaliti sadržaj skice na desnu stranu, kako bi se dobilo cijelo slovo.

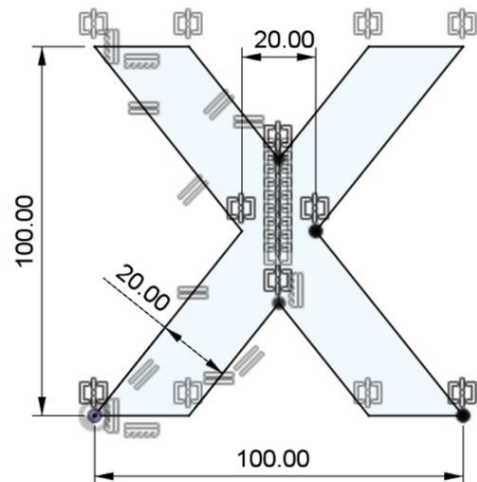


Izbrišite sadržaj skice te nakon toga skicirajte i ograničite profil slova X koristeći ograničenja kao na slici.

- Ishodište je smješteno u lijevi donji vrh
- Krakovi su iste duljine, debljine i nagiba
- Visina i širina slova je 100 mm
- Debljina slova je 20 mm
- Najuži horizontalni razmak u sredini iznosi 20 mm

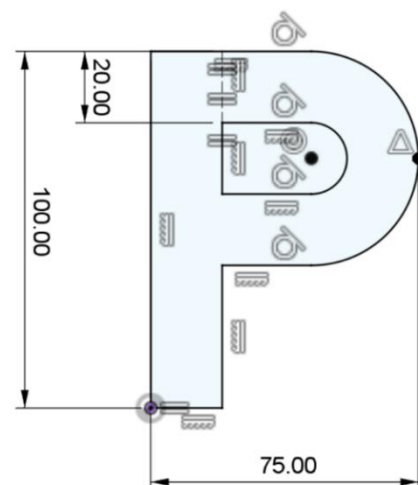
I u ovom slučaju moguće je iskoristiti simetričnost slova.

Spremite model pod nazivom Slovo X (pazite da koristite opciju File -> Save As).



Izbrišite sadržaj skice te nakon toga skicirajte i ograničite profil slova P koristeći ograničenja kao na slici.

- Ishodište je smješteno u lijevi donji vrh
- Kružni lukovi su koncentrični
- Vertikalna stranica otvora je kolinearna s desnom vertikalnom stranicom stupića
- Visina slova je 100 mm
- Širina slova je 75 mm (luk označite pritiskom desne tipke miša i odaberite opciju Pick Circle/Arc Tangent, kako bi dimenzionirali željenu širinu umjesto udaljenosti središta kružnog luka)
- Debljina slova je 20 mm
- Visina otvora je 20 mm

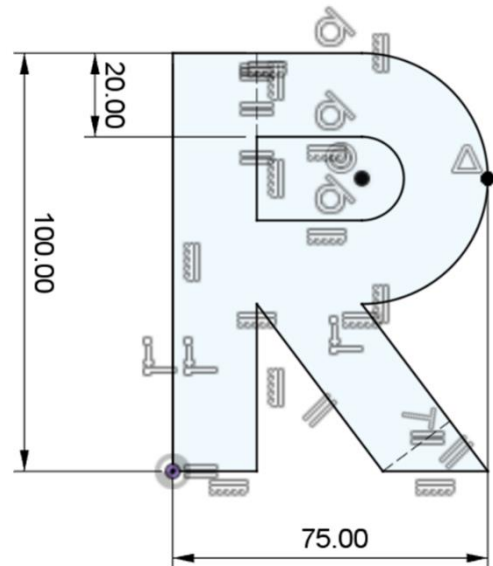


Spremite model pod nazivom Slovo P (pazite da koristite opciju File -> Save As).

Skicu slova P uredite tako da dobijete slovo R te je ograničite koristeći ograničenja kao na slici:

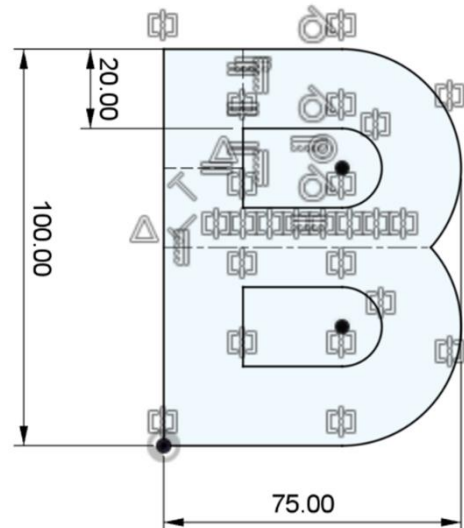
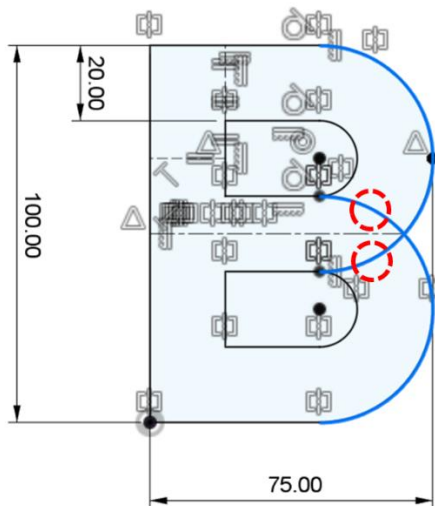
- Kosi dio nastavlja se na vrhove koji ostaju nakon brisanja horizontalne stranice slova P
- Debljina kosog dijela je ista kao i debljina slova P (20 mm)
- Vrh kosog dijela vertikalno je poravnat sa sredinom vanjskog kružnog luka

Spremite model pod nazivom Slovo R (pazite da koristite opciju File -> Save As).



Konačno, skicu slova R uredite tako da dobijete slovo B te ju ograničite koristeći ograničenja kao na slici:

- Oblik gornjeg dijela slova P/R ostaje isti
- Donji dio slova B je zrcalna preslika gornjeg dijela slova P/R
- Za zrcaljenje koristite horizontalnu liniju koja se spaja na sredinu lijeve vertikalne stranice
- Viškove geometrije obrišite pomoću alata Trim
- Dimenzije slova ostaju iste (visina 100 mm, širina 75 mm, debljina 20 mm)

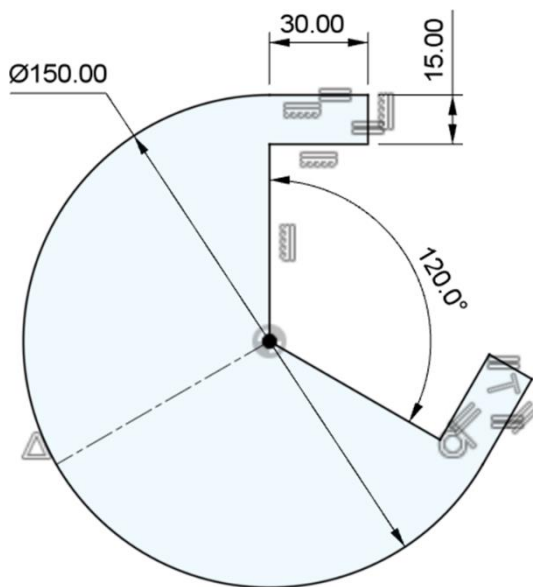
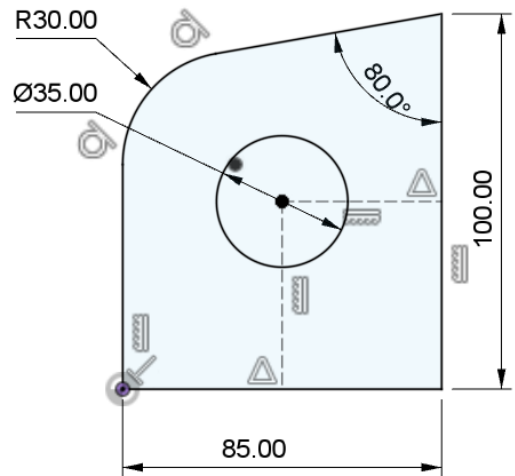


Spremite model pod nazivom Slovo B (pazite da koristite opciju File -> Save As).

6.2. Zadatak 2: Skiciranje profila

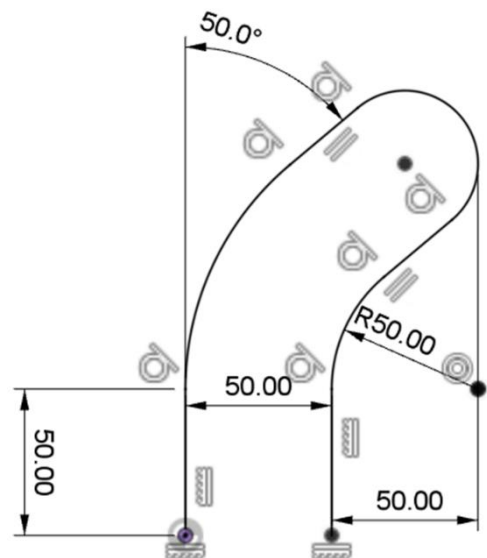
Pokrenite izradu novog modela (New Design). Spremite model pod nazivom Skice profila.

Na ravnini XY započnite novu skicu. Skicirajte zadani profil i ograničite ga zadanim relacijskim i dimenzijskim ograničenjima. Ne zaboravite spremiti model.



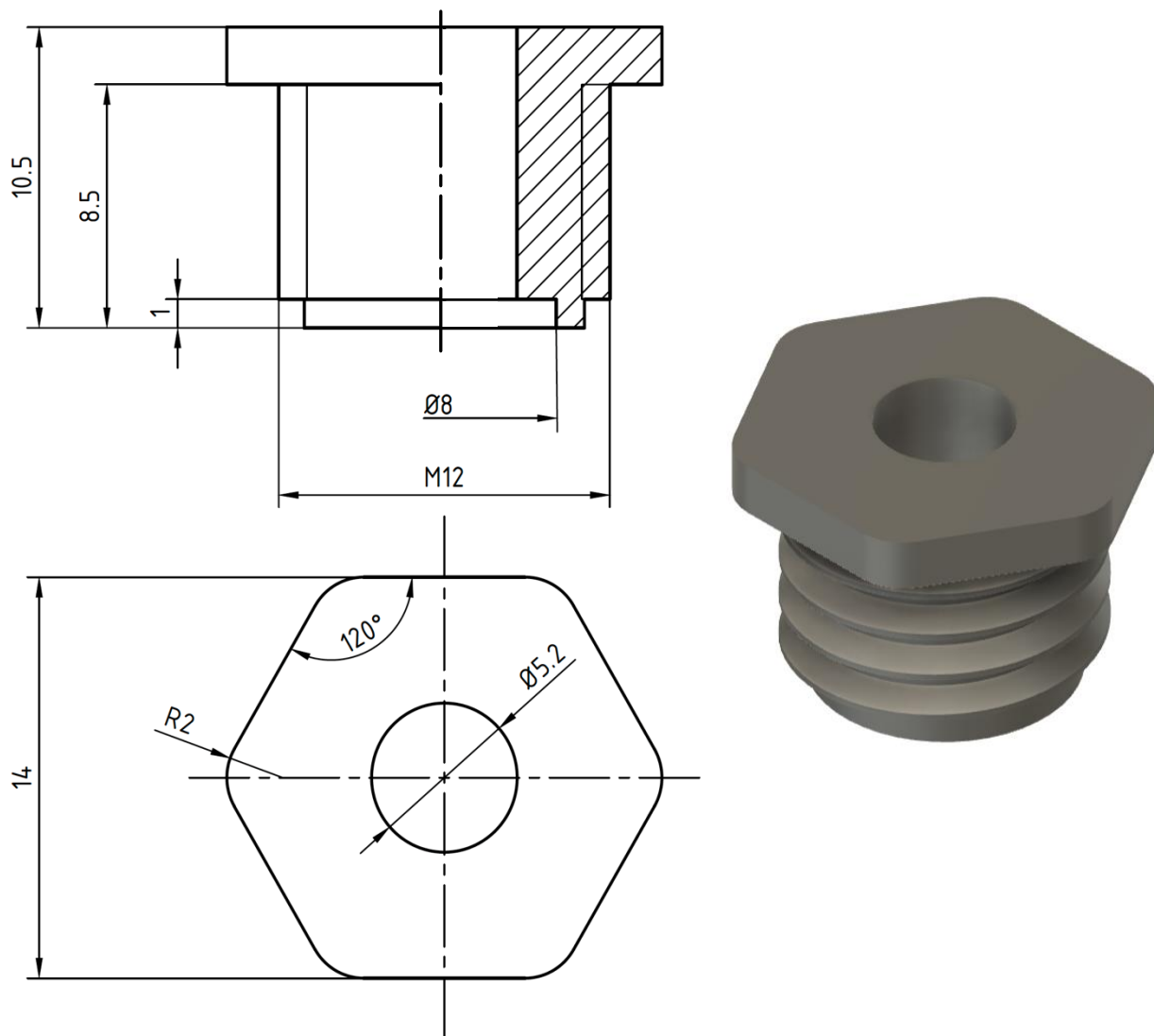
Završite skicu i započnite novu skicu na ravnini YZ. Skicirajte zadani profil i ograničite ga zadanim relacijskim i dimenzijskim ograničenjima. Ne zaboravite spremiti model.

Završite skicu i započnite novu skicu na ravnini XZ. Skicirajte zadani profil i ograničite ga zadanim relacijskim i dimenzijskim ograničenjima. Ne zaboravite spremiti model.



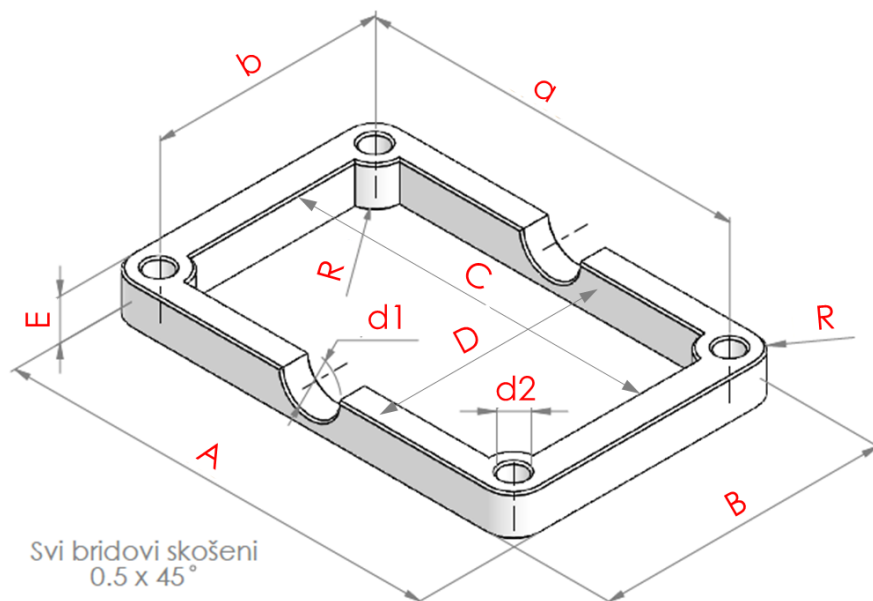
6.3. Zadatak 3: Modeliranje matice ventila

Koristeći osnovne značajke izradite model matice ventila prema zadanom crtežu.



6.4. Zadatak 4: Modeliranje okvira

Koristeći osnovne značajke izradite model prema zadanom crtežu i kombinaciji parametara u tablici koju je zadao nastavnik.

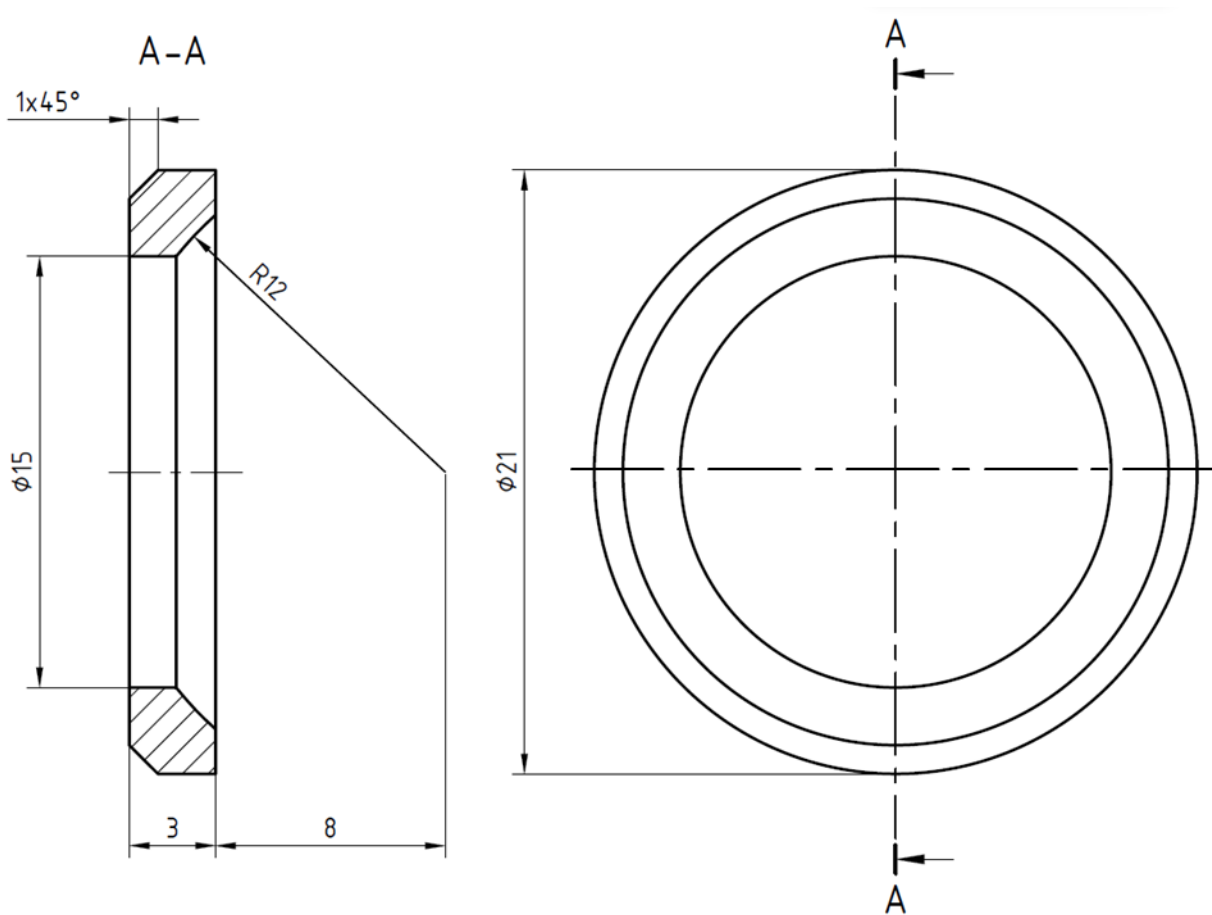


Parametar	Kombinacija					
	1	2	3	4	5	6
A	100	80	124	56	111	67
B	66	54	70	32	77	50
C	84	68	100	45	88.5	51
D	52	42	48	20	55.5	33
E	10	12	20	8.5	17	11.5
a	87	70	103	47	91	53
b	53	44	49	23	57	36
d1	14	13.5	28.5	9	21	15
d2	6	4.5	13	4.5	11.5	8
R	6.5	5	10.5	4.5	10	7

Tablica 2. Parametri za modeliranje okvira

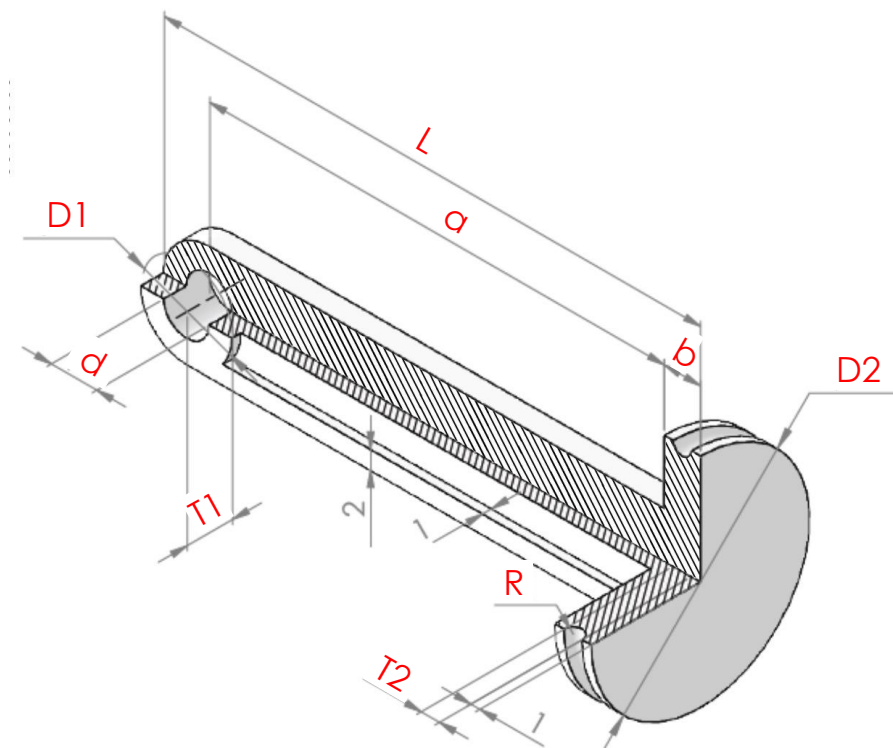
6.5. Zadatak 5: Modeliranje kuglaste brtve

Koristeći osnovne značajke izradite model kuglaste brtve prema zadanom crtežu.



6.6. Zadatak 6: Modeliranje stapa

Koristeći osnovne značajke izradite model prema zadanom crtežu i kombinaciji parametara u tablici koju je zadao nastavnik.

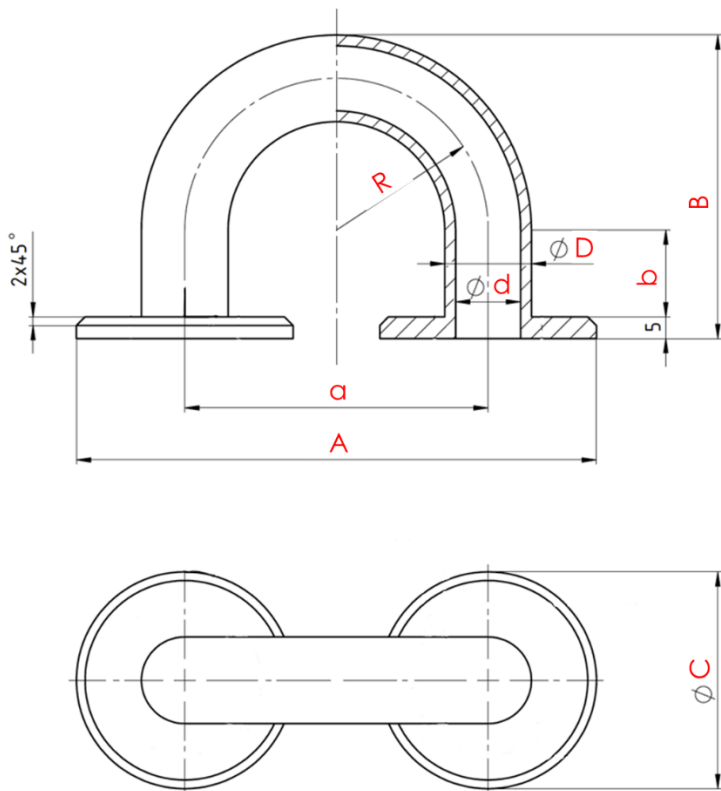


Parametar	Kombinacija					
	1	2	3	4	5	6
L	59	67	43	104	72	84
a	50	55	34.5	86	56	72.5
b	4	6	5	10	12	7
D1	10	12	7	16	8	9
D2	24	22	18	32	23	20
d	5	7	4	10	4.5	3
T1	5	7	6	15	8	11
T2	2	4	3	8	10	5
R	1	2	1.5	4	5	2.5

Tablica 3. Parametri za modeliranje stapa

6.7. Zadatak 7: Modeliranje cijevi

Koristeći osnovne značajke izradite model prema zadanom crtežu i kombinaciji parametara u tablici koju je zadao nastavnik.

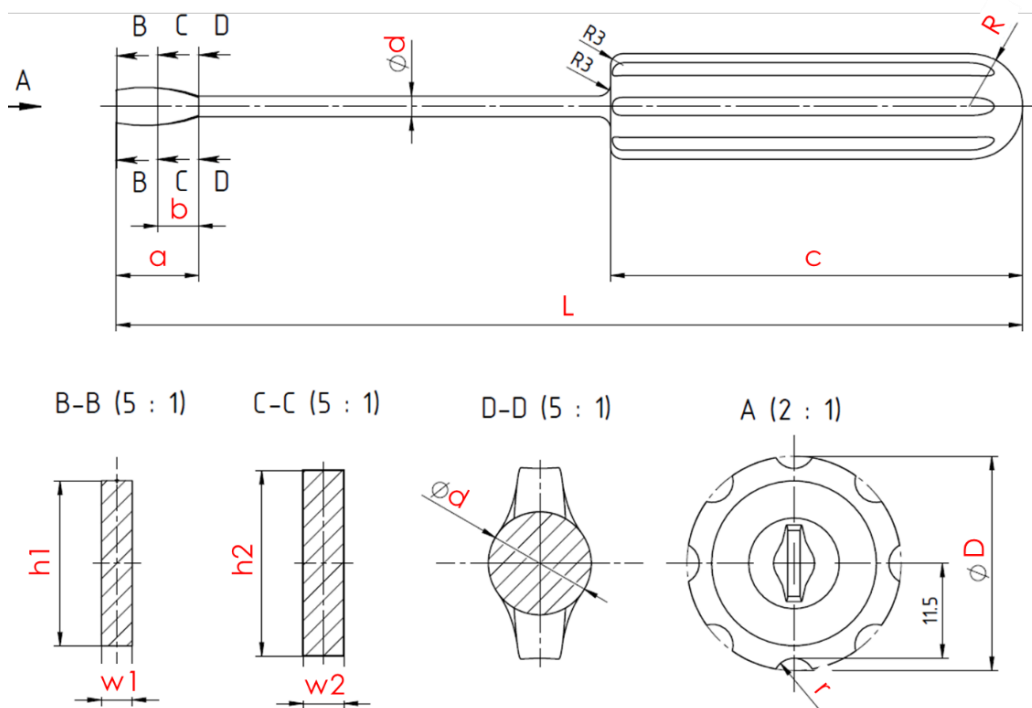


Parametar	Kombinacija					
	1	2	3	4	5	6
A	120	100	80	130	110	90
a	70	40	40	75	72	60
B	70	50	80	100	60	90
b	20	15	30	35	10	30
C	50	60	40	55	38	30
D	20	16	18	28	22	24
d	15	10	8	17	12	13
R	35	22	36	46	34	43

Tablica 4. Parametri za modeliranje cijevi

6.8. Zadatak 8: Modeliranje odvijača

Koristeći osnovne značajke izradite model prema zadanom crtežu i kombinaciji parametara u tablici koju je zadao nastavnik.

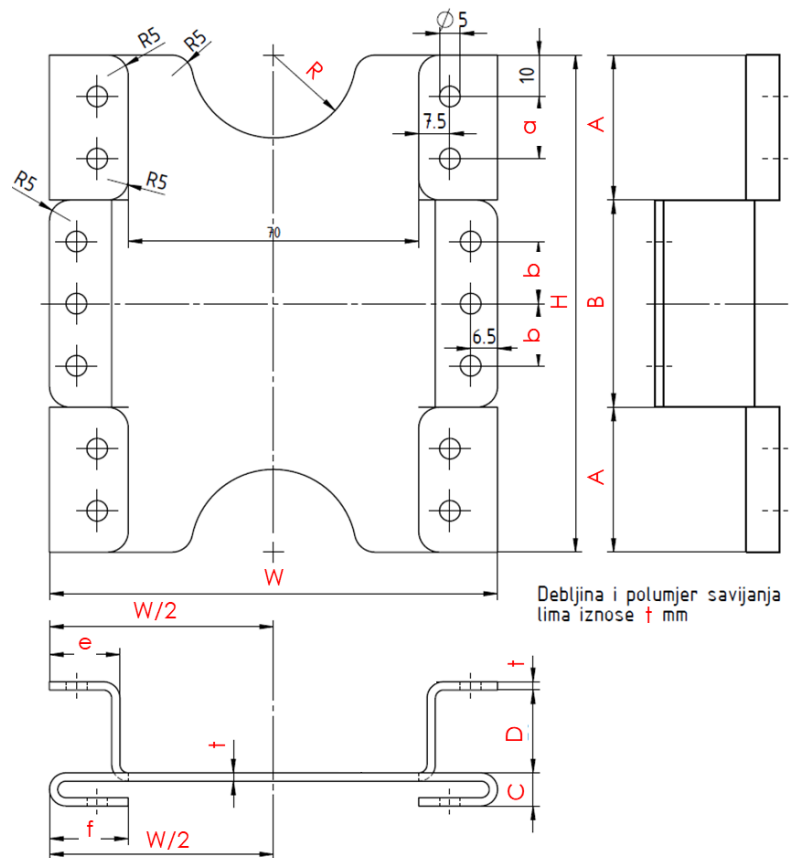


Parametar	Kombinacija					
	1	2	3	4	5	6
L	220	180	200	170	280	150
a	20	30	25	14	30	12
b	10	18	12	7	18	5
c	100	80	70	65	120	60
d	5	7	8	6	10	4
D	26	30	32	28	35	20
R	13	15	16	14	17.5	12
w1	1.5	3	3.75	2.25	5.25	0.75
h1	8	10	11	9	13	7
w2	2	4	5	3	7	1
h2	9	11	12	10	14	8

Tablica 5. Parametri za modeliranje odvijača

6.9. Zadatak 9: Modeliranje dijela od lima

Koristeći značajke za oblikovanje dijelova od lima, izradite model prema zadanom crtežu i kombinaciji parametara u tablici koju je zadao nastavnik.

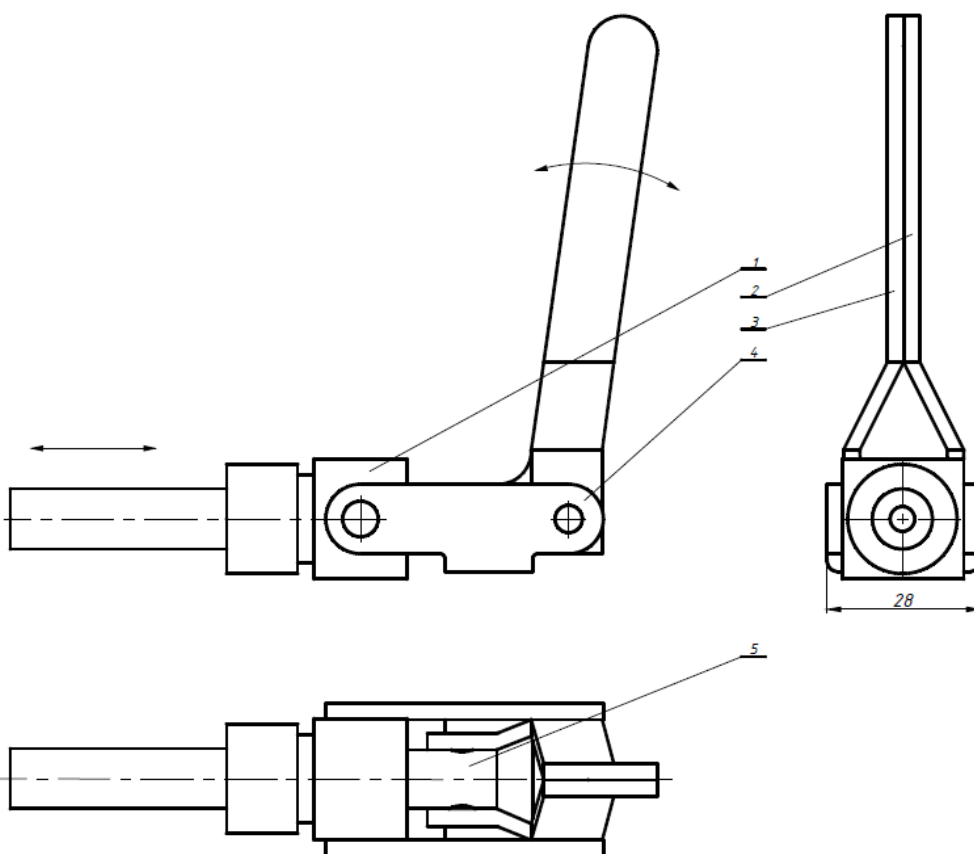
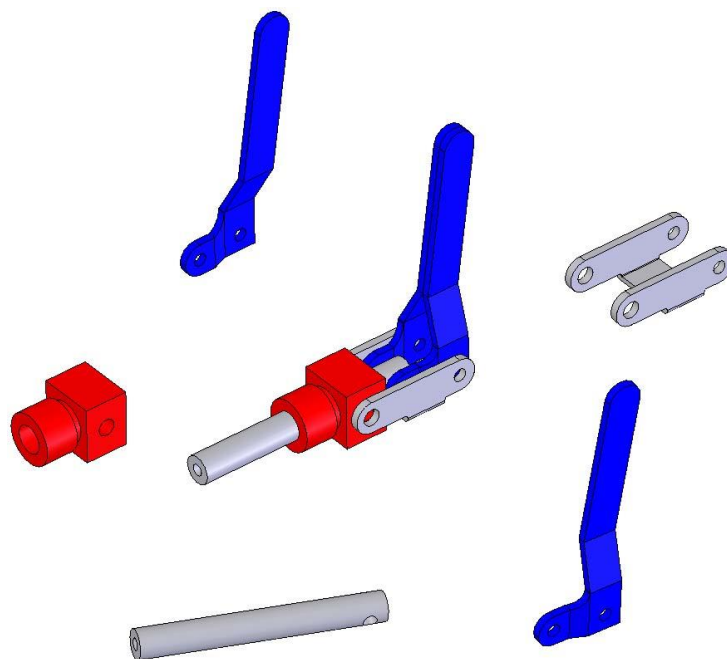


Parametar	Kombinacija					
	1	2	3	4	5	6
W	108	100	126	111	95	140
L	120	95	146	166	115	200
t	2	1.5	3	2.5	1	4
e	17	19.5	22	22.5	15	36
f	19	21	25	25	16	40
R	20	17.5	32	24	17	30
A	35	28	42	46.5	33	55
B	50	39	62	73	49	90
C	8	6	12	10	11	20
D	20	22	32	25	22	30
a	15	8	22	26.5	13	35
b	15	9.5	21	26.5	14.5	35

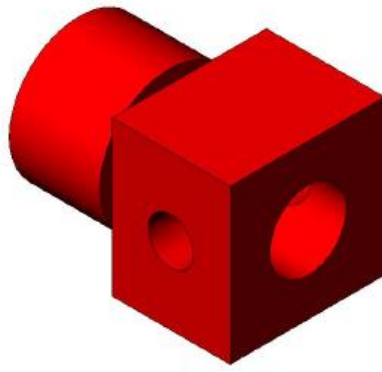
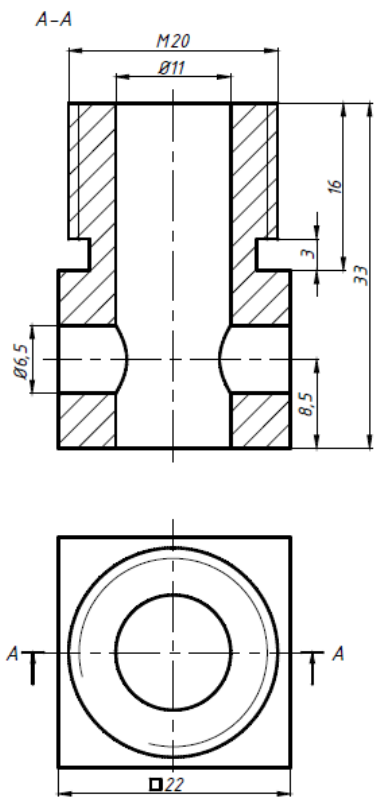
Tablica 6. Parametri za modeliranje dijela od lima

6.10. Zadatak 10: Modeliranje sklopa

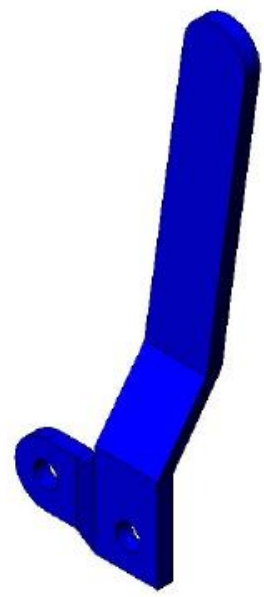
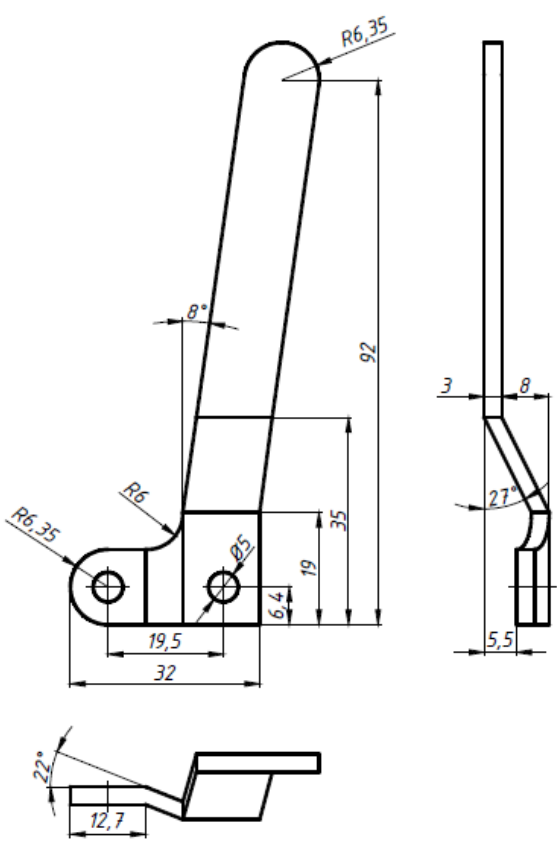
Izradite pojedinačne komponente i sklopite ih u model sklopa kao na slici. Tehnički crteži svake od komponenti prikazani su u nastavku. Sklop oblikujte tako da je pozicija 1 fiksirana u prostoru, a ostale pozicije su pomične. Dvije zrcalne pozicije (2 i 3) moraju biti kruto grupirane, a ostale veze između komponenti dozvoljavaju ili rotaciju ili translaciju.



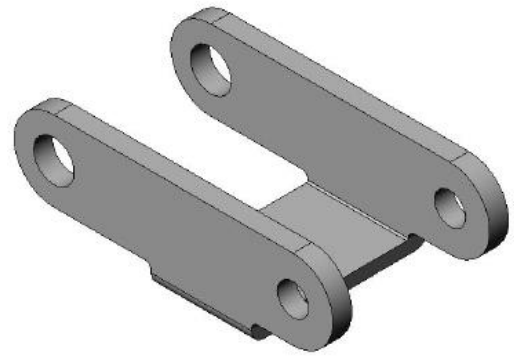
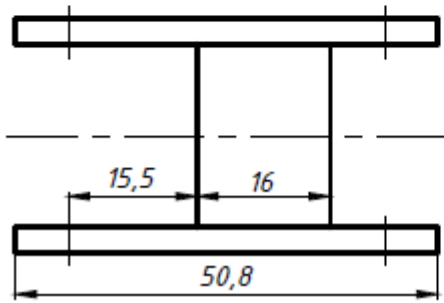
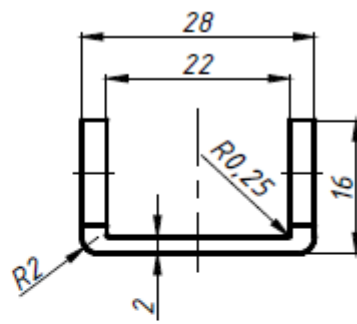
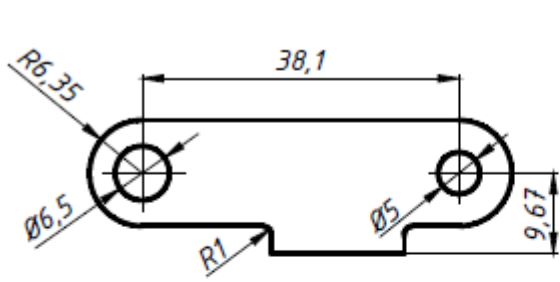
Pozicija 1:



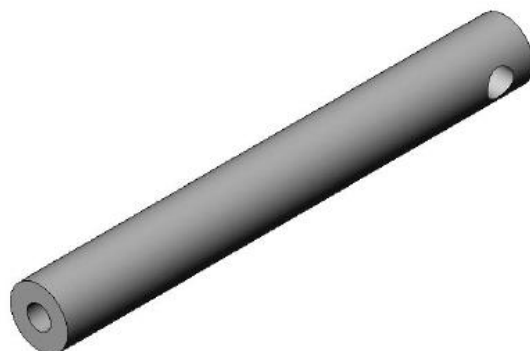
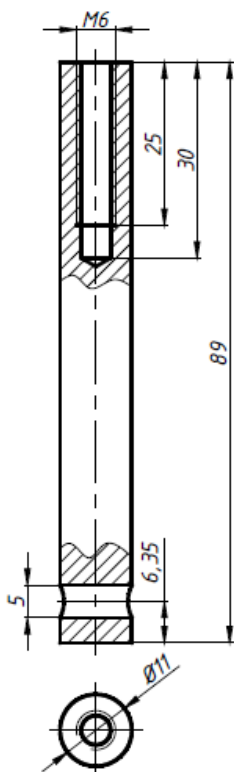
Pozicije 2 i 3:



Pozicija 4:



Pozicija 5:



Literatura

- Giesecke, F. E.; Lockhart, S.; Goodman, M.; Johnson, C. M. 2016. Technical Drawing with Engineering Graphics (15. izd.). Pearson Prentice Hall.
- Lieu, D. K.; Sorby, S. 2016. Visualization, Modeling, and Graphics for Engineering Design (2. izd.). Cengage Learning.
- Madsen, D. A.; Madsen, D. P. 2016. Engineering Drawing and Design (6. izd.). Cengage Learning.
- Autodesk Fusion 360 Project Documentation, <https://help.autodesk.com/view/fusion360/ENU>

Kazalo slika

Slika 1. Zbog asocijativnosti, promjena pozicije provrta u sklopu ,rezultira automatskom promjenom pozicije zatika.....	5
Slika 2. Zbog parametrizacije moguće je povezati različite parametre tako da se promjenom jednog parametra automatski prilagode vrijednosti ostalih parametara (npr. povezanost broja cilindara na Lego kockici i njezinih dimenzija).....	6
Slika 3. Primjer nekih od mnogobrojnih značajki koje podržava 3D CAD sustav Fusion	6
Slika 4. Naizmjeničnim dodavanjem značajki postepeno se gradi 3D model	7
Slika 5. Prikaz CAD sustava Fusion 360	8
Slika 6. Primjer rasporeda elemenata korisničkog sučelja u sustavu Fusion.....	9
Slika 7. Prikaz osnovnih elemenata 3D modela i prostora modeliranja.....	10
Slika 8. Primjer modela dijela.....	10
Slika 9. Primjer modela sklopa	11
Slika 10. Primjer tehničkog crteža	11
Slika 11. Primjer simulacijskog modela koji uključuje analizu čvrstoće komponente	12
Slika 12. Primjer 2D skice koja se koriste pri izradi 3D značajki.....	13
Slika 13. Koraci izrade skice prikazani na ilustrativnom primjeru	13
Slika 14. Odabir početne ravnine.....	14
Slika 15. Ista skica pozicionirana u ravninama XZ i YZ.....	14
Slika 16. Osnovne vrste elemenata skice	15
Slika 17. Dodatne vrste elemenata skice.....	15
Slika 18. Primjeri upotrebe konstrukcijske uloge različitih elemenata skice (naznačeni isprekidanom vrstom crta i narančastom bojom).....	16
Slika 19. Sketch Pallete – prikaz izbornika.....	16
Slika 20. Marking Menu – prikaz izbornika	16
Slika 21. Zatvoreni i otvoreni profili skica i njihova primjena	17
Slika 22. Višestruka primjena zatvorenih profila u istoj skici	17
Slika 23. Zaostali i suvišni „viseći“ bridovi (lijevo) i preklapanje linije s već postojećim bridom (desno)	18
Slika 24. Linije nisu eksplicitno spojene.....	18
Slika 25. Primjer korištenja različitih elemenata skice na ilustrativnom primjeru.....	19
Slika 26. Tipovi relacijskih ograničenja.....	23
Slika 27. Primjer izrade oblika pravokutnika bez automatskog postavljanja relacija (gore) kao i u slučaju automatskog postavljanja horizontalnosti i vertikalnosti (dolje)	24
Slika 28. Izbornik Constraints u sustavu Fusion	24
Slika 29. Primjer korištenja različitih relacijskih ograničenja na ilustrativnom primjeru.....	28
Slika 30. Različite vrste dimenzijskih ograničenja	28
Slika 31. Primjer korištenja različitih dimenzijskih ograničenja na ilustrativnom primjeru	28
Slika 32. Primjeri obavijesti u slučaju suvišnog ograničenja.....	30
Slika 33. Boja pojedinih dijelova skice upućuje na njihovu definiranost	30

Slika 34. Prikaz simbola skica u Pregledniku	30
Slika 35. Zrcaljenje simetrije pomoću opcije Mirror	33
Slika 36. Zrcaljenje simetrije pomoću opcije Rectangular Pattern	33
Slika 37. Zrcaljenje simetrije korištenjem relacije Symmetry (isti ishod kao korištenjem opcije Mirror)	34
Slika 38. Preslikavanje postojeće geometrije u novu ravninu upotrebom opcije Project	34
Slika 39. Ponavljanje istih dimenzija unutar skica upotrebom relacija jednakosti ili uvođenjem jednadžbi.....	35
Slika 40. Povezanost osnovne značajke i konačnog modela	37
Slika 41. Alatna traka Solid u alatu Fusion 360	38
Slika 42. Odabir ravnine prije kreiranja skice	38
Slika 43. Prikaz linearnog ekstrudiranja	39
Slika 44. Duljina linearnog ekstrudiranja pri dodavanju materijala: a) početno stanje, b) Distance, c) To Object, d) All.	40
Slika 45. Uvođenje kuta ekstrudiranja (lijevo) i odmicanje početka značajke (desno).....	40
Slika 46. Duljina linearnog ekstrudiranja pri oduzimanju materijala: a) početno stanje, b) Distance, c) To Object, d) All.....	41
Slika 47. Prikaz ekstrudiranja oko osi.....	54
Slika 48. Mnoštvo opcija za odabir osi rotacije	54
Slika 49. Utjecaj korištene osi rotacije na oblik kreirane značajke	55
Slika 50. Prikaz ekstrudiranja po putanji	62
Slika 51. Primjer ekstrudiranja povezivanjem profila	73
Slika 52. Prikaz izrade rupa (Hole) u alatu Fusion 360.....	79
Slika 53. Zaobljenja na udubljenim (konkavnim) i izbočenim (konveksnim) bridovima	80
Slika 54. Izrada višestrukih skošenja u okviru jedne značajke	81
Slika 55. Izrada ljuske	81
Slika 56. Izrada rebra	82
Slika 57. Izrada specijaliziranih značajki: a) Coil, b) Draft	83
Slika 58. Izrada značajke zrcaljenja (Mirror)	84
Slika 59. Izrada pravokutnog obrasca	85
Slika 60. Izrada kružnog obrasca	86
Slika 61. Izrada obrasca po putanji.....	86
Slika 62. Vrste opcija za izradu dodatnih ravnina, osi i točaka u padajućem izborniku Construct.....	87
Slika 63. <i>Upotreba dodatne pomoćne ravnine (Plane at Angle) za izradu značajke</i>	88
Slika 64. Primjer modela izrađenog modeliranjem pomoću površina	105
Slika 65. Odabir opcije <i>Insert into Current Design</i> pri uvođenja dijelova u prostor modeliranja sklopa	112
Slika 66. Uvođenje komponente u prostor modeliranja (opcija <i>Move/Copy</i>)	113
Slika 67. Poveznice prikazane u Pregledniku	113
Slika 68. Prikaz <i>Position</i> dijela dijaloškog okvira <i>Joint</i>	115
Slika 69. Prikaz <i>Motion</i> dijela dijaloškog okvira <i>Joint</i>	116

Slika 70. Prikaz direktorija <i>Joints</i> u pregledniku	116
Slika 71. Prikaz dijaloškog okvira <i>Joint Motion Limits</i>	117
Slika 72. Prikaz korištenja opcije opciju <i>Duplicate With Joints</i>	118
Slika 73. Prikaz dijaloškog okvira opcije <i>Rigid Group</i>	119
Slika 74. Prikaz dijaloškog okvira opcije <i>Align</i>	119
Slika 75. Prikaz dijela liste ponuđenih proizvođača nakon odabira opcije <i>Insert a manufacturer part</i>	120
Slika 76. Prikaz opcija vezanih uz vidljivost različitih objekata u CAD modelu sklopa.....	121
Slika 77. Prikaz pohranjenih verzija modela u ploči s projektima	122
Slika 78. Prikaz podržanih izlaznih formata pri izradi sklopa.....	122
Slika 79. Prikaz odabira opcije <i>New Drawing → From Design</i>	149
Slika 80. Prikaz dijaloškog okvira <i>Create Drawing</i>	150
Slika 81. Prikaz dijaloškog okvira <i>Drawing View</i>	151
Slika 82. Prikaz dijaloškog okvira za izradu šrafure <i>Hatch</i>	152
Slika 83. Prikaz različitih pogleda	152
Slika 84. Prikaz unosa dimenzija pri izradi tehničkog crteža	153
Slika 85. Prikaz upozorenja te mogućnost osvježavanja tehničkog crteža	153
Slika 86. Prikaz unosa tekstualne oznake pri izradi tehničkog crteža.....	154
Slika 87. Prikaz izrade sastavnice te vezanih oznaka dijelova.....	155
Slika 88. Prikaz postavki izrade tehničke dokumentacije u Fusion 360.....	156
Slika 89. Postavke za prilagodbu dokumenta ili za pojedini list	156
Slika 90. Prikaz alatne trake za upravljanje listovima	157
Slika 91. Primjer prilagodbe zaglavlja.....	158
Slika 92. Pregled opcija pri izvozu Fusion 360 tehničkog crteža	159

Kazalo tablica

Tablica 1. Kratice na tipkovnici dodijeljene različitim opcijama vezanim uz skice i 3D značajke	88
Tablica 2. Parametri za modeliranje okvira	186
Tablica 3. Parametri za modeliranje stapa	188
Tablica 4. Parametri za modeliranje cijevi	189
Tablica 5. Parametri za modeliranje odvijača	190
Tablica 6. Parametri za modeliranje dijela od lima	191

Popis ključnih pojmova

3D modeliranje

Konstruiranje pomoću računala

CAD sustav

Asocijativnost

Parametrizacija

Modeliranje pomoću značajki

Korisničko sučelje

Grafička površina

Alatna traka

Brid

Ploha

Vrh

Ishodište

Skica

Ravnina

Osnovni elementi skica

Dodatni elementi skica

Osnovni oblik

Relacijska ograničenja

Dimenzijska ograničenja

Simetrija skice

Ponovna upotreba elemenata skice

3D CAD značajka

Linearno ekstrudiranje
Ekstrudiranje oko osi
Ekstrudiranje po putanji
Ekstrudiranje povezivanjem profila
Dodatna pomoćna geometrija
Značajke zrcaljenja
Pravokutni obrasci
Cirkularni obrasci
Skošenje
Zaobljenje
Ljuska
Rebro
Modeliranje dijelova od lima
Modeliranje površinama
Sklop
Stupnjevi slobode
Fiksna pozicija
Vizualizacija
Postavke tehničkog crteža
Predložak
Pohrana

Impressum

Autori: Stanko Škec, Tomislav Martinec

Lektor: Mirjana Sekulić Abramović, prof.

Recenzent: Prof. dr. sc. Željko Ivandić, dipl. ing.