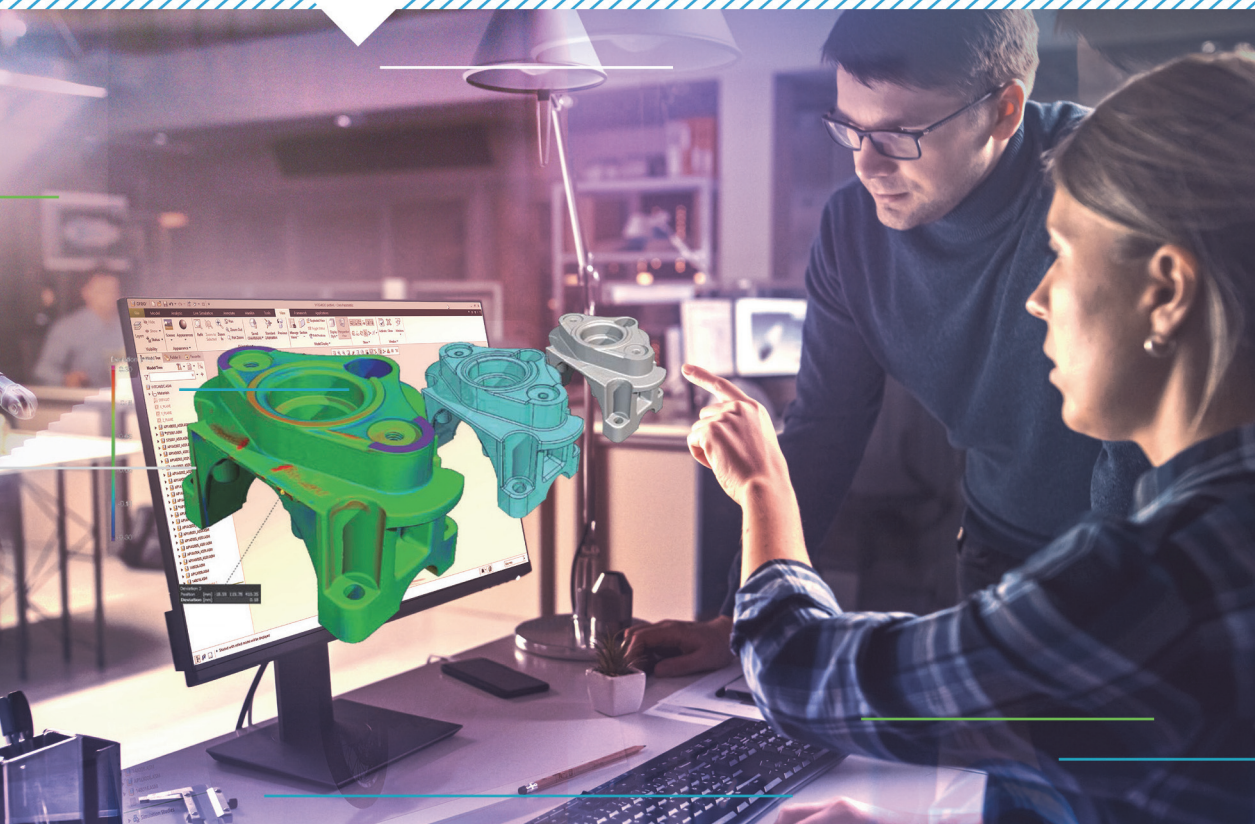


> Goran Mladenović



## CAD/CAM sistemi Praktikum za CREO PARAMETRIC

**UNIVERZITET U BEOGRADU  
MAŠINSKI FAKULTET**

**GORAN MLADENOVIĆ**

# ***CAD/CAM SISTEMI***

## **Praktikum za Creo Parametric**

**II Izdanje**

**BEOGRAD, 2021. GODINE**

*Autor:*

Prof. dr Goran Mladenović, dipl.inž.maš.

**CAD/CAM sistemi  
Praktikum za Creo Parametric®**

Drugo izdanje

*Recenzenti:*

Prof. dr Pavao Bojanić

Prof. dr Bojan Babić

*Izdavač:*

UNIVERZITET U BEOGRADU

MAŠINSKI FAKULTET

11120 Beograd 35, Kraljice Marije 16

Telefon 011 3370 350 i 3302 384, telefax: 011 3370 364

*Za izdavača:* Prof. dr Vladimir Popović, dekan

*Glavni i odgovorni urednik:* Prof. dr Milan Lečić

Odobreno za štampu odlukom Dekana Mašinskog fakulteta u Beogradu  
br. 33/2021 od 04.10.2021.

*Obrada korica:* Nikola Panajotović, industrijski dizajner

*Štampa:*

Planeta print

11000 Beograd

*Tiraž:* 150 primeraka

ISBN: 978-86-6060-096-9

## PREGOVOR I IZDANJU

Nakon uspeha knjige CAD/CAM Sistemi, Priručnik za vežbe, Pro/ENGINEER® – Praktična primena iz 2012. godine autor je bio inspirisan da upotrebi dati priručnik kao bazu za ovaj praktikum kako bi se opisala nova verzija softvera pod nazivom Creo Parametric® koji je naslednik softvera Pro/ENGINEER®. Iz pomenutog priručnika su iskorišćeni radionički crteži delova i sklopova prema kojima je potrebno izraditi 3D modele na samim laboratorijskim vežbama. Celokupan tekst iz priručnika je prilagođen novoj verziji softvera, a takođe su dodate i opisane nove teme koje nisu bile obuhvaćene u prethodnoj verziji softvera. Imajući u vidu da fakultet raspolaže sa licencom Creo Parametric®, verzija 5.0, i da je na raspolaganju studentima na radnim stanicama to je ovim praktikumom obuhvaćen samo ovaj softver koji spada u sam svetski vrh softvera ove vrste.

Ovaj praktikum je namenjen prvenstveno studentima treće godine Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu koji slušaju izborni predmet CAD/CAM sistemi, ali isto tako se može koristiti u praksi. U praktikumu se detaljno prikazuju procedure izgradnje 3D modela delova i sklopova, projektovanja mehanizama i projektovanja tehnologije obrade za numerički upravljane mašine alatke (NUMA). U okviru procedure projektovanja tehnologije izrade za NUMA daje se objašnjenje procedura generisanja putanje alata za različite metode obrade, dobijanja **file**-a u kome je sadržana putanja alata (**CI – Cutter Location File**) kao i postprocesiranja istog, tj. dobijanja upravljačkog koda za NUMA (G koda ili **NC** koda). Dati praktikum će poslužiti u cilju efikasnijeg rada sa studentima na samim laboratorijskim vežbama, ali isto tako sadrži dosta primera za samostalno vežbanje.

U prvom delu praktikuma (CAD) detaljno se razrađuje problem izgradnje geometrijskih 3D modela delova koji se u suštini svodi, na danas već, konvencionalne tehnike 3D modeliranja, koje su više manje zajedničke za sve sisteme ove vrste. U prvoj laboratorijskoj vežbi se daje se detaljno objašnjenje najčešće korišćenih naredbi za dobijanje CAD modela delova koje se svode na bazi Bulovih operacija kao što su **Extrude, Revolve, Blend, Shell, Hole, Round** itd. Kombinacija upotreba naredbi u cilju dobijanja geometrijskih složenih oblika se prikazuje u okviru druge laboratorijske vežbe. 3D modeli sklopova predstavljaju viši nivo ugradnje i detaljno se razrađuju u okviru treće i četvrte laboratorijske vežbe. Pored objašnjenja procedura definisanja 3D modela sklopova na bazi tipskih načina uparivanja daje se i procedura definisanja mehanizama koji predstavljaju animaciju kretanja 3D modela sklopova kako bi se isti kretali u stvarnosti.

U drugom delu praktikuma (CAM) obuhvaćena je problematika CAM modula, odnosno **Manufacturing** modula koji predstavlja modul za projektovanje tehnologije obrade za NUMA. Procedura formiranja CAM modela počinje od generisanja modela priprema na osnovu referentnog modela izratka pa preko definisanja operacija, definisanja tehnoloških zahvata, simulacije kretanja alata, definisanja **CL file**-a do postprocesiranja i dobijanja **NC** koda za datu upravljačku jedinicu. Proces generisanja CAM modela na primeru glodanja je obuhvaćen u okviru pete, šeste, sedme i osme laboratorijske



vežbe, dok je problem struganja obuhvaćen u okviru devete laboratorijske vežbe. Ovo je ujedno i novina koja je uvedena u odnosu na prethodni udžbenik (priručnik) jer se ukazala potreba da je studentima potrebno pojasniti i ovaj metod projektovanja tehnologije obrade. Metod obrade bušenjem je razmatran i kod obradnog sistema glodalice i kod struga posebno.

Svaki student na kraju kursa u okviru desete laboratorijske vežbe dobija zadatak da modelira neki radni predmet, da projektuje tehnologiju za izradu datog dela, da simulacijom proveri eventualne greške i kolizije, da generiše NC program za izabranu NUMA i da na kraju taj isti deo obradi u aluminijumu. Razmatraju se dva metoda obrade. Prve tri grupe studenata rade na primeru glodanja koje se izvodi na obradnom centru ILR HMC 500/40 sa upravljačkom jedinicom FANUC serije O–M, dok preostale tri grupe rade na primeru struganja koje se izvodi na NU strugu ECHOENG TNC410 sa upravljačkom jedinicom SIEMENS SINUMERIK 808D.

Koristim ovu priliku da se zahvalim Prof. dr Pavlu Bojaniću i Prof. dr Bojanu Babiću, kao recezentima na korisnim primedbama i sugestijama. Takođe se zahvaljujem kolegama iz kompanije CAD Professional Systems DOO koja je zvanični distributer opisanog softvera za Srbiju, dr Milanu Bojanoviću i Aleksandru Mandiću, dipl.inž.maš. na pruženoj tehničkoj podršci vezanoj za instalaciju i održavanje softvera kao i za pruženu pomoć oko štampanja ovog praktikuma.

U Beogradu, maja, 2019.

AUTOR

## **PREDGOVOR II IZDANJU**

Ovo drugo izdanje je isto kao prethodno, prvo izdanje. U ovom izdanju su jedino ispravljene uočene štamparske greške.

U Beogradu, oktobra, 2021.

AUTOR

## SADRŽAJ

**PRVA LABORATORIJSKA VEŽBA****CAD – Part modul, osnovne naredbe Part modula**

UVOD .....	3
POČETAK RADA U SOFTVERU .....	4
KREIRANJE NOVOG <b>PART FILE</b> -a .....	5
CRTANJE SKICE ( <b>SKETCH</b> -a).....	7
NAREDBA <b>EXTRUDE</b> .....	9
NAREDBA <b>REVOLVE</b> .....	11
NAREDBA <b>BLEND</b> .....	12
NAREDBA <b>SHELL</b> .....	14
NAREDBA <b>HOLE</b> .....	15
NAREDBA <b>ROUND</b> .....	16
NAREDBA <b>CHAMFER</b> .....	16
NAREDBA <b>HELICAL SWEEP</b> .....	16
NAREDBA <b>SWEEP</b> .....	18
NAREDBA <b>SWEPT BLEND</b> .....	19
DEFINISANJE TRAJEKTORIJE POMOĆU JEDNAČINE .....	21

**DRUGA LABORATORIJSKA VEŽBA****CAD – Part modul, Primeri za vežbu**

UVOD .....	25
KUĆIŠTE .....	25
KORAK 1 – FORMIRANJE BAZE (OSNOVE) MODELA.....	26
KORAK 2 – FORMIRANJE ŽLJEBA .....	26
KORAK 3 – KOPIRANJE ŽLJEBA .....	27
KORAK 4 – FORMIRANJE ULEŽIŠTENJA LEŽAJA.....	29
KORAK 5 – OBARANJE IVICA .....	29
POKLOPAC.....	30
KORAK 1 – FORMIRANJE BAZE (OSNOVE) MODELA.....	31

KORAK 2 – FORMIRANJE OTVORA .....	31
KORAK 3 – KOPIRANJE OTVORA .....	32
KORAK 4 – ODUZIMANJE MATERIJALA .....	33
KORAK 5 – PRESLIKAVANJE U ODNOSU NA DATU RAVAN .....	33
KORAK 6 – SPAJANJE DVE POLOVINE POKLOPCA .....	35
VRATILO .....	36

### **TREĆA LABORATORIJSKA VEŽBA**

#### **CAD – Assembly modul, osnovni tipovi uparivanja, projektovanje mehanizma**

UVOD .....	41
KREIRANJE NOVOG <b>ASSEMBLY FILE</b> -a .....	41
UPARIVANJE PREKO JEDNE RAVNE POVRŠINE .....	43
UPARIVANJE PREKO DVE RAVNE POVRŠINE .....	45
UPARIVANJE PREKO CILINDRIČNE POVRŠINE .....	47
PROJEKTOVANJE MEHANIZMA .....	50
ZADATAK ZA DODATNU VEŽBU .....	53

### **ČETVRTA LABORATORIJSKA VEŽBA**

#### **CAD – Assembly modul, primer za vežbu**

UVOD .....	57
DEFINISANJE GEOMETRIJSKIH OGRANIČENJA U SKICI .....	62
POSTUPAK FORMIRANJA 3D MODELA SKLOPA .....	64

### **PETA LABORATORIJSKA VEŽBA**

#### **CAM – Obrada glodanjem, zapreminsko glodanje**

UVOD .....	73
MODELIRANJE IZRATKA .....	74
KREIRANJE NOVOG <b>MANUFACTURING FILE</b> -a .....	78
UČITAVANJE REFERENTNOG MODELA ZA OBRADU .....	79
KREIRANJE PRIPREMKA .....	80
DEFINISANJE OBRADNOG SISTEMA .....	83
DEFINISANJE OPERACIJE .....	83

---

DEFINISANJE ZAHVATA (NC SEQUENCE).....	84
FORMIRANJE CL FILE-a (CUTTER LOCATION FILE).....	90
POSTPROCESIRANJE.....	91

## ŠESTA LABORATORIJSKA VEŽBA

### CAM – Obrada glodanjem, zapreminsko i glodanje po izabranoj trajektoriji

UVOD.....	95
TEKST ZADATKA.....	95
POZICIONIRANJE 3D MODELA IZRATKA.....	97
DEFINISANJE NOVOG KOORDINATNOG SISTEMA.....	98
DEFINISANJE ZAHVATA ZAPREMINSKOG GLODANJA.....	99
DEFINISANJE ZAHVATA OBRADJE PO IZABRANOJ TRAJEKTORIJI.....	101
ZADATAK ZA DODATNU VEŽBU.....	104

## SEDMA LABORATORIJSKA VEŽBA

### CAM – Obrada glodanjem, površinsko, profilno, zapreminsko i glodanje po izabranoj trajektoriji, izrada i obrada rupa/otvora

UVOD.....	117
TEKST ZADATKA.....	117
OBRADA RAVNE POVRŠINE.....	119
ZABUŠIVANJE.....	122
BUŠENJE OTVORA/RUPA.....	125
UPUŠTANJE OTVORA.....	126
GLODANJE ŽLJEBA.....	126
PROFILNO GLODANJE.....	128
GLODANJE UDUBLJENJA.....	130

## OSMA LABORATORIJSKA VEŽBA

### CAM – Obrada glodanjem, primer za vežbu

UVOD.....	133
TEKST ZADATKA.....	133
KREIRANJE MILL SURFACE-a.....	135

OBRADA RAVNE POVRŠINE .....	136
ZADATAK ZA DODATNU VEŽBU.....	138

## **DEVETA LABORATORIJSKA VEŽBA**

### **CAM – Obrada struganjem**

UVOD .....	141
TEKST ZADATKA .....	141
DEFINISANJE MAŠINE I PRVE OPERACIJE .....	142
ZAHVAT ČEONE OBRADJE .....	144
ZAHVAT GRUBE OBRADJE SLOŽENOG ZAHVATA.....	147
ZAHVAT FINE OBRADJE SLOŽENOG ZAHVATA .....	150
DEFINISANJE DRUGE OPERACIJE.....	151
ZAHVAT GRUBE OBRADJE ČEONE I CILINDRIČNE POVRŠINE .....	152
ZAHVAT BUŠENJA RUPE.....	153
FORMIRANJE <b>CL FILE</b> -a .....	154
POSTPROCESIRANJE.....	154

## **DESETA LABORATORIJSKA VEŽBA**

### **Obrada dela na NUMA**

UVOD .....	157
TEKST ZADATKA .....	157
O MAŠINAMA .....	163
O BAZIRANJU I STEZANJU PRIPREMAKA/OBRADAKA.....	165
REDOSLED OPERACIJA I ZAHVATA PRI OBRADI STRUGANJEM .....	166

## **PRILOG 1**

<b>Primer CL file-a</b> .....	167
-------------------------------	-----

## **PRILOG 2**

<b>Primer NC koda</b> .....	171
-----------------------------	-----

<b>LITERATURA</b> .....	175
-------------------------	-----

# PRVA LABORATORIJSKA VEŽBA

## *CAD – Part modul*

### *Osnovne naredbe Part modula*

#### **SADRŽAJ LABORATORIJSKE VEŽBE:**

UVOD
POČETAK RADA U SOFTVERU
KREIRANJE NOVOG <b>FILE</b> -a
CRTANJE SKICE ( <b>SKETCH</b> -a)
NAREDBA <b>EXTRUDE</b>
NAREDBA <b>REVOLVE</b>
NAREDBA <b>BLEND</b>
NAREDBA <b>SHELL</b>
NAREDBA <b>HOLE</b>
NAREDBA <b>ROUND</b>
NAREDBA <b>CHAMFER</b>
NAREDBA <b>HELICAL SWEEP</b>
NAREDBA <b>SWEEP</b>
NAREDBA <b>SWEEP BLEND</b>
DEFINISANJE TRAJEKTORIJE POMOĆU JEDNAČINE



## UVOD

PTC Creo® je jedan od vodećih svetskih softvera za procese projektovanja proizvoda primenom računara (CAD), projektovanje tehnologije obrade za numerički upravljane mašine alatke (CAM) i inženjerske proračune metodom konačnih elemenata (CAE). Proizvođač softvera je kompanija PTC (**Parametric Technology Corporation**) sa sedištem u Bostonu, SAD koja je osnovana 1985 godine.

Istorijski gledano, softver PTC Creo® je naslednik softvera Pro/ENGINEER® koji je bio prvi tržišno dostupan parametarski 3D solid modeler (**Feature-Based**) u svetu, a koji je lansiran na tržište 1988. godine. Poslednja verzija softvera Pro/ENGINEER® je bila Pro/ENGINEER Wildfire® 5.0 lansirana 2009. godine. Počev od 2011. godine softver je promenio naziv u PTC Creo® kada je izvršena integracija koncepta parametarskog, tj. **feature-based** i direktnog, tj. **geometry-based** 3D projektovanja u jedinstvenu platformu. Do danas je lansirano 5 verzija, a poslenja je PTC Creo® 5.0 lansirana marta 2018 koja obuhvata širok dijapazon rešenja inženjerskih problema.

U okviru ovog praktikuma je obuhvaćena verzija softvera pod nazivom Creo Parametric® 5.0 koji je samo jedan iz palete proizvoda PTC Creo® 5.0. Jedna od prednosti ovog softvera je što predstavlja integrisani CAD/CAM/CAE softver gde su svi nivoi funkcionalnosti povezani (asocijativni) i gde je moguće importovanje određenih tipova **file**-ova u određene module softvera bez gubljenja informacija o zapisu CAD modela dela. Jedna od velikih prednosti softvera je što omogućava vizuelni pregled dobijenog CAD modela dela pre nego što se sama naredba potvrdi što u velikoj meri omogućava lakše korišćenje softvera, a isto tako i brži rad. Takođe je u okviru skice omogućeno posebno naglašavanje i/ili utvrđivanje grešaka na samoj skici, ili za procenu da li je određeni geometrijski element kreiran na ispravan način [17, 18].

Poznato je [9], da procedura CNC programiranja obradnih procesa pomoću CAD/CAM sistema, uglavnom započinje geometrijskim 2D ili 3D modeliranjem izratka. Proces 3D modeliranja se vrši u osnovnom modulu PTC Creo Parametric® – Part, a postupak se u suštini svodi na sada već konvencionalne tehnike 3D modeliranja koje su više manje zajedničke za sve sisteme ove vrste. Neki od osnovnih alata za definisanje 3D oblika u part modulu su:

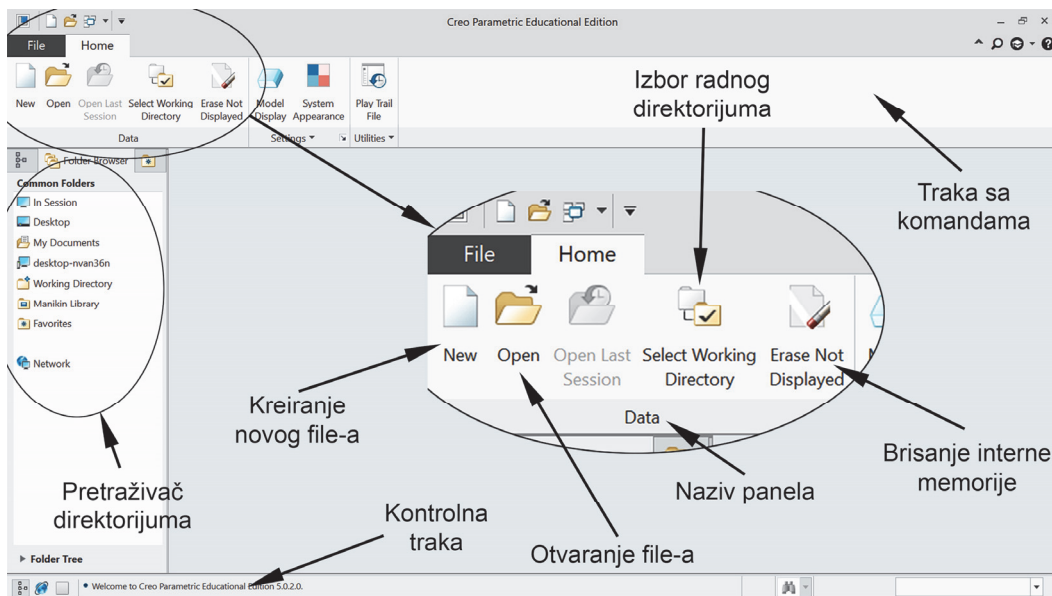
- **Extrude** (ekstrudiranje 2D skice po visini)
- **Revolve** (rotacija 2D skice oko definisane ose)
- **Blend** (popunjavanje praznine između definisanih skica)
- **Shell** (kreiranje tankozidnih oblika od prethodno definisanih punih modela)
- **Hole** (kreiranje standardnog tehničkog oblika tj. rupe/otvora )
- **Round** (zaobljenje ivica)
- **Chamfer** (obaranje ivica)
- **Helical Sweep** (generisanje oblika tipa zavojnice)
- **Sweep** (provlačenje skice po definisanoj trajektoriji)
- **Swept Blend** (popunjavanje praznine između skica duž definisane trajektorije)
- i drugi.

U tekstu koji sledi svaka od navedenih naredbi će biti detaljno opisana kroz odgovarajuće primere. Za svaku od naredbi se daje ekranski prikaz sa detaljnim objašnjenjem procedura definisanja svake od naredbi i opisom polja za unos parametarskih vrednosti. Softver omogućava generisanje novog prozora sa punim nazivom naredbe nakon zadržavanja kursora miša na određenu ikonicu. Ovo je velika

prednost softvera i omogućava lakše savladavanje materijala koji je sadržan u ovom udžbeniku jer je u tekstu koji sledi dat pun naziv svake od naredbi.

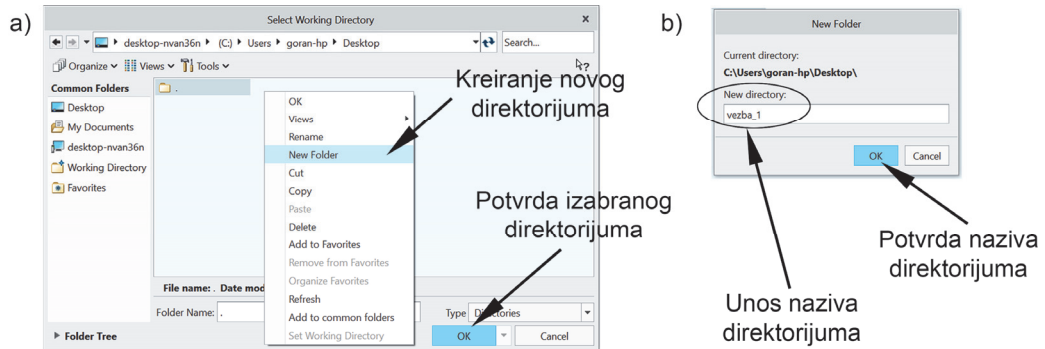
## 1. POČETAK RADA U SOFTVERU

Izgled glavnog ekrana nakon pokretanja softvera je prikazan na slici 1.1 gde su označene glavne naredbe koje će se koristiti u okviru ovog softvera.



Slika 1.1 – Izgled glavnog ekrana softvera Creo Parametric®

Na samom početku rada u softveru poželjno je, a može se reći i obavezno, definisanje tzv. radnog direktorijuma. Radni direktorijum predstavlja mesto koje je određeno za skladištenje **file**-ova koji se kreiraju prilikom rada u okviru jedne sesije. Ova opcija nije obavezna, ali predstavlja olakšanje pri radu sa puno otvorenih dokumenata u okviru jedne sesije [13]. Ukoliko se drugačije ne definiše, za radni direktorijum se smatra direktorijum iz kog se startuje softver [15]. Ovu naredbu je potrebno uvek iznova koristiti nakon svakog pokretanja softvera. Naredba za definisanje tj. izbor radnog direktorijuma (**Set Working Directory**) se nalazi na traci sa komandama (**Ribbon**) u okviru panela **Data**, slika 1.1. Izbor radnog direktorijuma se može svesti na selektovanje nekog od postojećih direktorijuma na hard disku računara ili kreiranjem novog direktorijuma na željenom mestu na hard disku aktiviranjem naredbe **New Folder** desnim tasterom miša, slika 1.2a. U tom slučaju je potrebno uneti naziv novog direktorijuma u polje **New directory** pri čemu treba voditi računa da se u nazivu direktorijuma ne nalazi prazan karakter, kako bi se u potpunosti iskoristile sve mogućnosti softvera. Nakon definisanja naziva potrebno je potvrditi opcijom **OK**, slika 1.2b. Nakon definisanja naziva direktorijuma, potrebno je još jednom potvrditi izbor radnog direktorijuma opcijom **OK**, slika 1.2a.



Slika 1.2 – Definisane radnog direktorijuma

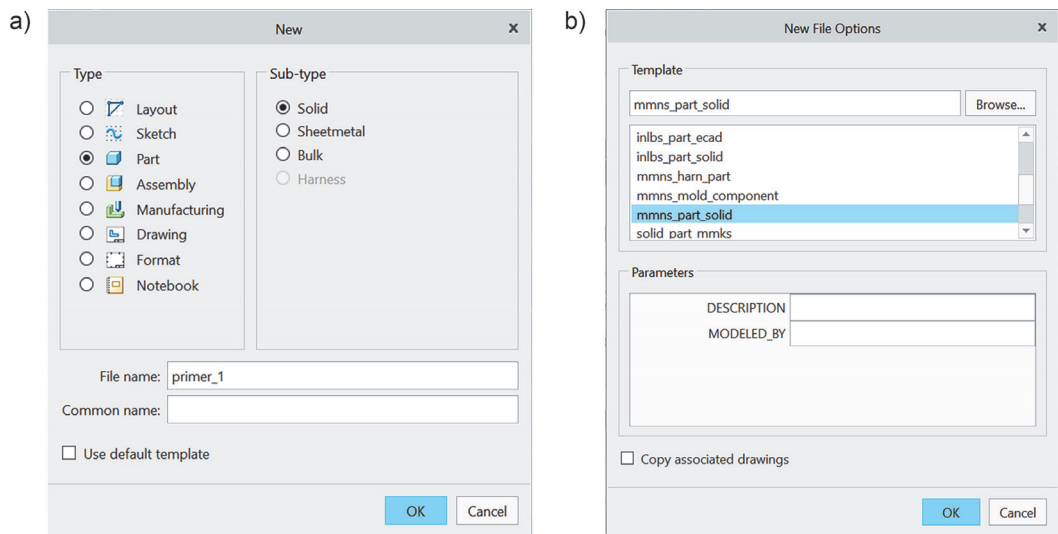
### Napomena

Radi efikasnijeg rada na laboratorijskim vežbama, a takođe i samostalnog savladavanja materije sadržane u ovom praktikumu, poželjno je da se za svaku laboratorijsku vežbu posebno formira novi direktorijum.

Softver Creo Parametric® radi tako da određene podatke čuva u internoj memoriji (**Buffer-u**). Kao posledica toga se može desiti da softver ne prihvati neki naziv koji je već korišćen tokom rada u tekućoj sesiji, čak i ako je obrisan. Ovaj problem se rešava tako da se u slučaju nemogućnosti prihvatanja nekog naziva iskoristi naredba **Erase Not Displayed** koja briše sadržaj interne memorije softvera.

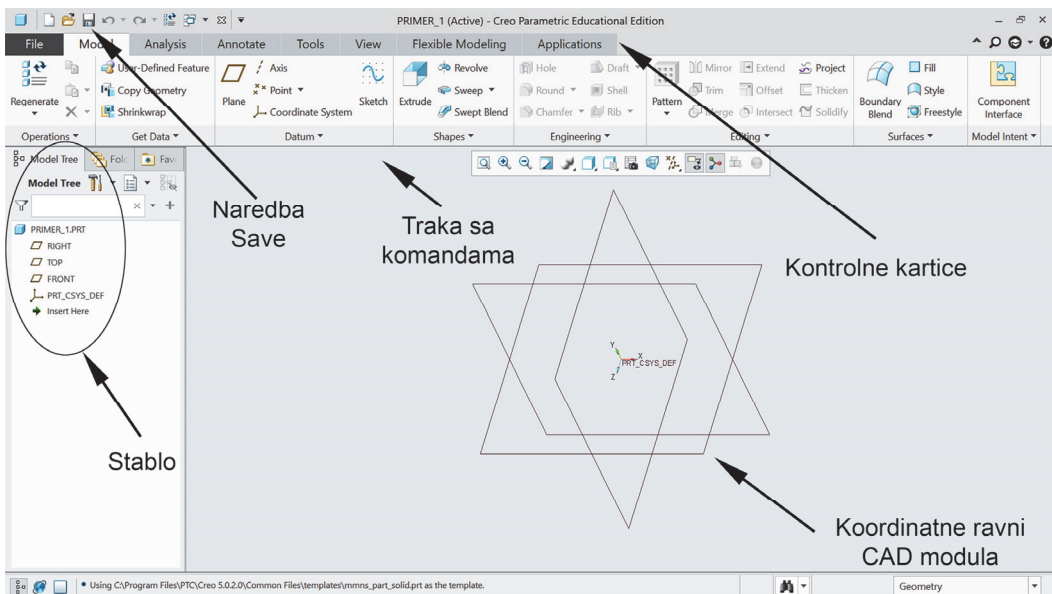
## 2. KREIRANJE NOVOG PART FILE-a

Izborom opcije **New** sa panela **Data** prikazane na slici 1.1 otvara se novi prozor na kojem se vrši izbor tipa novo kreiranog **file-a**, slika 1.3a.

Slika 1.3 – Kreiranje novog **Part file-a** i njegovog naziva (a) i definisanje jedinica u kojima se kreira **file** (b)

Za kreiranje 3D modela dela bira se opcija **Part**, a zatim u polje **File name** unosi željeni naziv **file-a** (softver ne dozvoljava unos naziva **file-a** sa razmakom) i potvrđuje opcijom **OK** (obratiti pažnju da nije selektovana opcija **Use default template**). Nakon toga je moguće definisati u kojim jedinicama se vrši projektovanje, a shodno našim standardima koristi se Template **mmns\_part\_solid** (slika 1.3b), nakon čijeg izbora je potrebno potvrditi opcijom **OK**. Ekstenzija **file-a** 3D modela dela definisanog u Creo Parametric®-u je oznake **<.prt>**.

Formirani ekran **Part** modula je prikazan na slici 1.4. Na monitoru se uočavaju tri osnovne celine. Prva je traka sa komandama koja ima različite naredbe koje su grupisane u okviru različitih panela. U zavisnosti od kontrolne kartice koja je aktivirana zavisioće i izgled trake sa komandama. Ovde se napominje da su naredbe koje će se najčešće koristiti u ovom softveru sadržane u okviru kontrolne kartice **Model**. Radi jednostavnijeg rada u softveru, na traci sa komandama naredbe su grupisane u okviru panela čiji su nazivi dati u dnu trake sa komandama. Sa leve strane se nalazi vertikalni prozor tj. stablo (**Model Tree**) u kome se registruje redosled izvršenih komandi, što u velikoj meri olakšava korisniku da se lako snađe u izradi 3D modela bilo kakvog oblika. Najveći deo ekrana predstavlja prostor za konstruisanje (modeliranje) u kome se nalaze tri osnovne, međusobno upravne ravni u prostoru (**Front, Top i Right**) čiji presek definiše koordinatni sistem  $O_{xyz}$ .



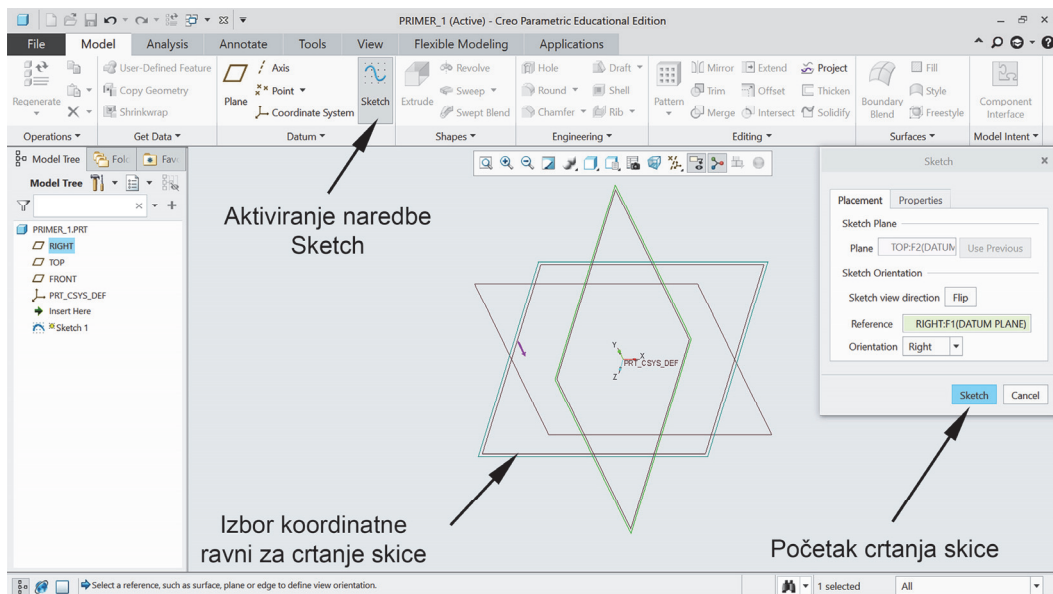
Slika 1.4 – Izgled glavnog ekrana **Part** modula

### Napomena

Ovim postupkom je samo kreiran novi **file**, a nakon završetka rada, tj. formiranjem oblika CAD modela potrebno je snimiti izmene na formiranom **file-u** naredbom **Save** koja se nalazi u levom delu na samom vrhu ekrana, a takođe se može naći i preko naredbe **File**→**Save**. Kao i u većini softvera i ovde je omogućeno snimanje **file-a** pod drugačijim nazivom naredbom **File**→**Save As** nakon čega je potrebno u okviru polja **New file name** uneti novi naziv **file-a** i potvrditi opcijom **OK**.

### 3. CRTANJE SKICE (SKETCH-a)

Za formiranje bilo kojeg 3D modela dela prvo je potrebno nacrtati njegovu bazu koja se kasnije primenom odgovarajućih naredbi transformiše u željeni prostorni model [5,6]. Pokretanje okruženja za crtanje skice se postiže sledećim redosledom. Prvo je potrebno sa panela **Datum** pokrenuti naredbu **Sketch**, a zatim selektovati neku od koordinatnih ravni nakon čega se otvara novi prozor na kome je potrebno potvrditi naredbu opcijom **Sketch**, slika 1.5. Pokretanje okruženja za crtanje skice je isto moguće sprovesti tako da se prvo selektuje koordinatna ravan na kojoj se želi crtati 2D skica, a onda aktivira naredba **Sketch** sa panela **Datum**, čime se direktno ulazi u okruženje **Sketch-a**.

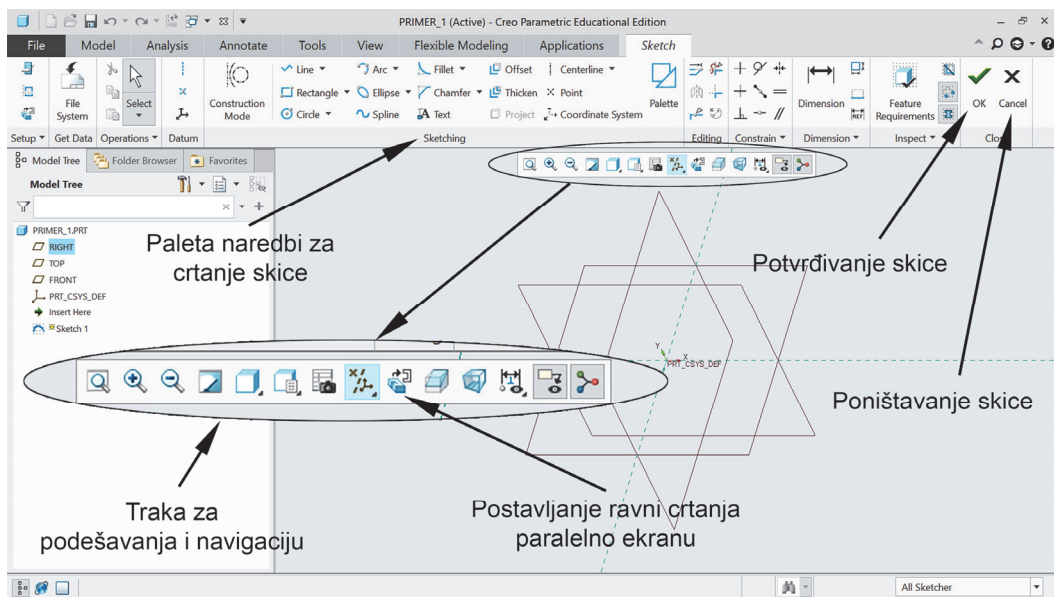


Slika 1.5 – Aktiviranje naredbe **Sketch**

Izgled ekrana pri aktiviranju **Sketch-a** je prikazan na slici 1.6. Sada je na traci sa komandama aktivna kontrolna kartica **Sketch**, koja svetli drugačijom bojom, a koja omogućava upotrebu osnovnih naredbi za crtanje skice koje su grupisane u okviru različitih panela. Ovde se navodi samo spisak i objašnjenje najčešće korišćenih naredbi u okviru softvera. Treba obratiti pažnju da se do pojedinih naredbi dolazi tako što se strelicom pored određene ikonice otkrivaju dodatne opcije izabrane naredbe, što dodatno proširuje mogućnosti softvera za dobijanje složenih CAD modela.

Ispod trake sa komandama se nalazi paleta dodatnih ikonica koje omogućavaju podešavanje i navigaciju u radnom okruženju. Ukoliko ravan crtanja nije paralelna ekranu moguće je skicu zarotirati upotrebom odgovarajuće naredbe **Sketch View** posebno označene na slici 1.6.

Ukoliko korisnik želi da proizvoljno rotira skicu to je moguće izvršiti pomeranjem miša uz istovremeno držanje srednjeg tastera miša. Uvećanje ili smanjenje skice se postiže okretanjem točkica na mišu, a translacija skice se postiže pomeranjem miša uz istovremeno držanje tastera **Shift** na tastatu i srednjeg tastera miša.



Slika 1.6 – Izgled okvira okruženja **Sketch-a**

Osnovne komande za crtanje 2D skica su grupisane u okviru panela **Sketching**. Osnovni 2D entiteti u okviru ovog panela su (poređani odozgo na dole, s leva na desno, a prikazani na slici 1.6):

- **Line** (prava linija)
- **Rectangle** (pravougaonik)
- **Circle** (krug)
- **Arc** (luk)
- **Elipse** (elipsa)
- **Spline** (slobodna ravanska linija)
- **Fillet** (zaobljena ivica)
- **Chamfer** (oborena ivica)
- **Text** (kreiranje teksta kao dela skice)
- **Offset** (definisanje jednog segmenta kao ofseta drugog)
- **Thicken** (definisanje jednog segmenta kao ofseta drugog u dve strane)
- **Project** (projektovanje nekog segmenta u dati **Sketch**)
- **Centerline** (osna linija)
- **Point** (definisanje tačke)
- **Coordinate System** (definisanje novog koordinatnog sistema)
- **Palette** (rutina za importovanje standardnih geometrijskih elemenata iz baze)

Naredbe koje su sadržane u okviru panela **Editing** predstavljaju sledeće:

- **Modify** (izmena selektovanih dimenzija)
- **Mirror** (preslikavanje u odnosu na datu pravu)
- **Divide** (podela entiteta na manje delove, tj. segmente)
- **Delete Segment** (brisanje selektovanog segmenta)



- **Corner** (brisanje ili produženje jednog ili više segmenata do drugog segmenta)
- **Rotate Resize** (rotacija, translacija ili skaliranje jednog ili više selektovanih segmenata)

Naredbe koje su sadržane u okviru panela **Constrain** predstavljaju naredbe koje se odnose na definisanje geometrijskih ograničenja između segmenata i o njima će biti reči kasnije.

O okviru panela **Dimension** se daje opis samo naredbe **Dimension** koja se koristi za definisanje dimenzija koje softver nije automatski dao prilikom crtanja skice. Ukoliko je potrebno definisati neku dimenziju na skici to se postiže aktiviranjem naredbe **Dimension**, a zatim selektovanjem određenog segmenta (ili više njih) levim tasterom miša, a samo postavljanje kote se ostvaruje nakon toga klikom srednjeg tastera miša na određenom delu prostora za crtanje. U zavisnosti na koju stranu u odnosu na selektovani entitet se aktivira srednji taster miša, dobija se vertikalna, horizontalna, dužinska ili uglovna mera. Kada se govori o selektovanju segmenata, moguće je selektovati i tačke kao na primer početnu i krajnju tačku linije umesto da se selektuje cela linija. Pomeranje kotnih linija je moguće pomeranjem miša uz prethodno selektovanje i držanje levog tastera miša na odgovarajućoj kotnoj liniji.

Ovde se napominje da je potvrđivanje/ponišćavanje bilo koje naredbe u okruženju **Sketch**-a moguće izvršiti srednjim tasterom miša ili tasterom **esc** na tastaturi.

U okviru panela **Close** nalaze se dve naredbe i to:

- **OK** (završetak, tj. potvrđivanje skice)
- **Cancel** (izlazak, tj. poništavanje skice)

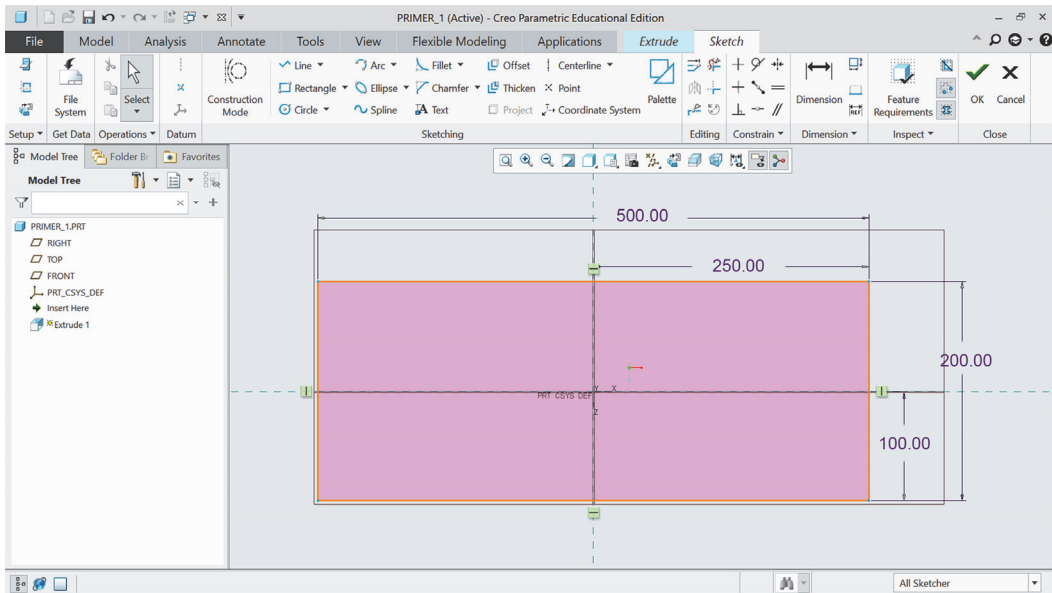
### Napomena

U zavisnosti kako je instalisan softver na računaru, zavisi i da li će se prilikom pokretanja okruženja **Sketch**-a ravan u kojoj se crta skica automatski zarotirati da bude paralelna sa ekranom. Preporučuje se rad u ovom režimu, jer je to upravo prirodan način crtanja. Podešavanje ovoga je moguće pokretanjem naredbe **File**→**Options**→**Sketcher**, nakon čega je potrebno selektovati opciju **Make the sketching plane parallel to the screen** i zatim potvrditi opcijom **OK**.

## 4. NAREDBA EXTRUDE

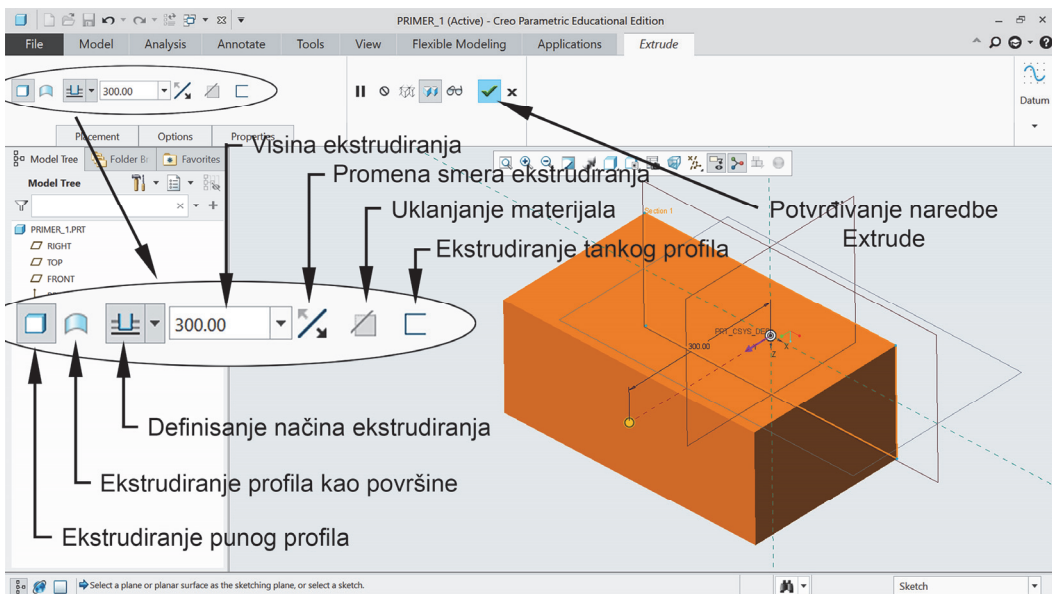
Svi alati za modeliranje se nalaze u okviru panela **Shapes** prikazanog na slici 1.4. Prva i u praksi najviše korišćena naredba od njih je naredba **Extrude** koja predstavlja ekstrudiranje 2D skice. Data naredba u najvećem broju slučajeva predstavlja alat za formiranje baze, tj. osnove modela. Radi boljeg savladavanja softvera preporučuje se ulazak u okruženje **Sketch**-a iz prethodno aktivirane naredbe **Extrude**. Softver omogućava i upotrebu naredbe **Extrude** uz prethodno kreiranu skicu (**Sketch**), ali taj postupak se neće opisivati u ovom praktikumu.

Aktiviranjem naredbe **Extrude** prikazane na slici 1.4 potrebno je izabrati jednu od ravni prikazanih na monitoru na kojoj će se vršiti crtanje skice, nakon čega se direktno ulazi u okruženje **Sketch**-a. Posle definisanja oblika i dimenzija skice koja je u ovom slučaju pravougaonik dimenzije 500x200 mm (slika 1.7) vrši se potvrđivanje **Sketch**-a opcijom **OK** (ili srednjim tasterom miša).



Slika 1.7 – Izgled skice u okruženju **Sketch-a**

Nakon definisanja skice potrebno je detaljnije definisati naredbu **Extrude** (slika 1.8), tj. uneti vrednost visine ekstrudiranja (u ovom slučaju 300mm), smer i način ekstrudiranja, izbor da li se radi sa punim materijalom, površinom ili sa tankim profilom (opcija **Thicken Sketch** uz definisanje debljine zida).



Slika 1.8 – Definisanje i završetak naredbe **Extrude**

Nakon definisanja svih parametara vrši se potvrđivanje naredbe **Extrude** naredbom koja je označena na slici 1.8 (ili srednjim tasterom miša). Kada se govori o načinu ekstrudiranja, aktiviranjem strelice u okviru ikonice daju se sledeće mogućnosti i to: definisanje visine ekstrudiranja u jednu stranu, definisanje visine ekstrudiranja u dve strane simetrično ili asimetrično i ekstrudiranje do selektovanog entiteta.

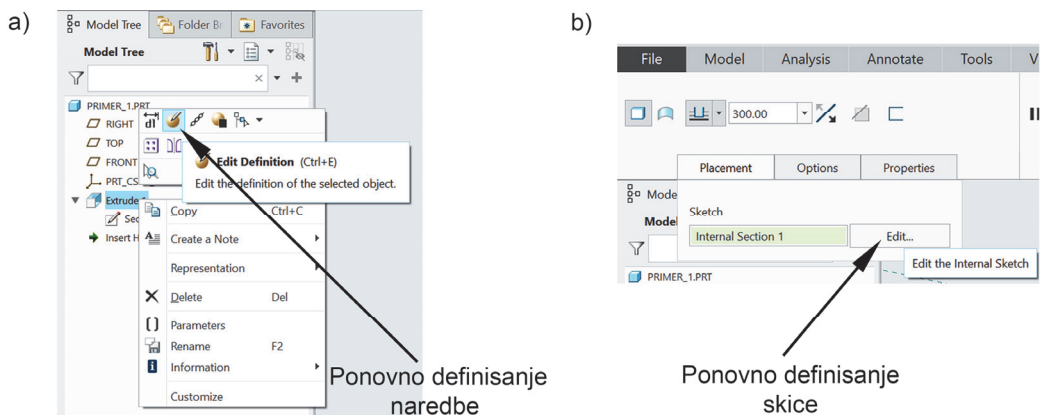
Rotacija dobijenog 3D modela dela vrši se isto kao i skice, tj. pomeranjem miša uz istovremeno držanje srednjeg tastera miša. Pomeranje 3D modela dela u prostoru **Part** modula se ostvaruje pomeranjem miša uz istovremeno držanje tastera **Shift** na tastaturi i srednjeg tastera miša. Uvećanje/smanjenje 3D modela dela se postiže okretanjem točkića na mišu.

### Napomena

Pored navedenih, postoji i opcija kojom se definiše da li je u pitanju dodavanje ili oduzimanje materijala (**Remove Material**). Pošto je ovo prvi oblik koji se kreira opcija oduzimanja materijala je onemogućena jer ne postoji prethodno formirani oblik (materijal) od koga bi bilo moguće oduzeti zapreminu.

Svaku naredbu je moguće izmeniti njenim selektovanjem u stablu levim ili desnim tasterom miša, a zatim izborom opcije **Edit Definition**, slika 1.9a.

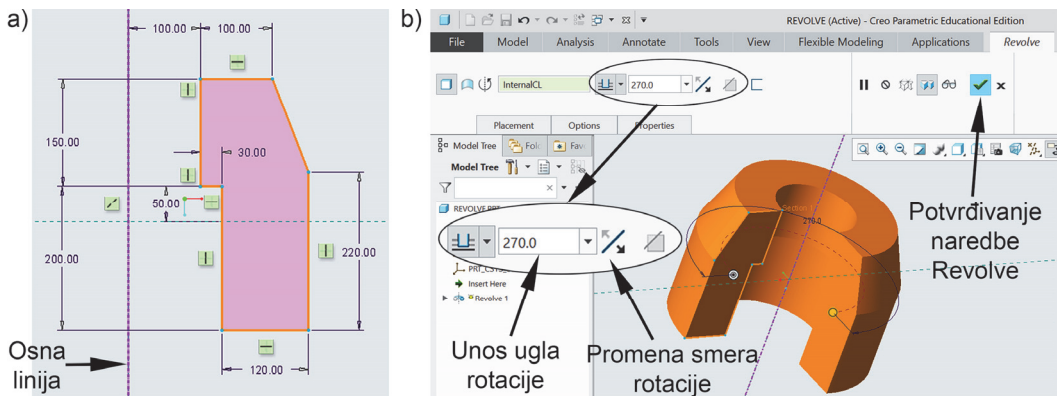
Ukoliko je nakon potvrđivanja skice, a pre definisanja parametara naredbe **Extrude** korisnik shvatio da je ispustio nešto, omogućen je povratak na skicu opcijom **Edit the Internal Sketch** sa kartice **Placement**, slika 1.9b.



Slika 1.9 – Ponovno definisanje naredbe **Extrude** (a) i povratak u skicu pre potvrđivanja naredbe **Extrude** (b)

## 5. NAREDBA REVOLVE

Ovom naredbom se formiraju obrtni (rotacioni) delovi. Naredba **Revolve** sa panela **Shapes** omogućava da se za definisanu skicu i osnu liniju u okviru istog **Sketch**–a kreira 3D model dela rotacijom skice oko ose za naknadno utvrđenu vrednost ugla (u ovom slučaju 270°). Aktiviranje naredbe, definisanje ravni crtanja skice kao i crtanje skice analogno je prethodnoj naredbi **Extrude**. Primer **Sketch**-a (slika 1.10a) i od njega nastalog 3D modela dela primenom naredbe **Revolve** sa objašnjenjem polja za unos parametara prikazan je na slici 1.10b.



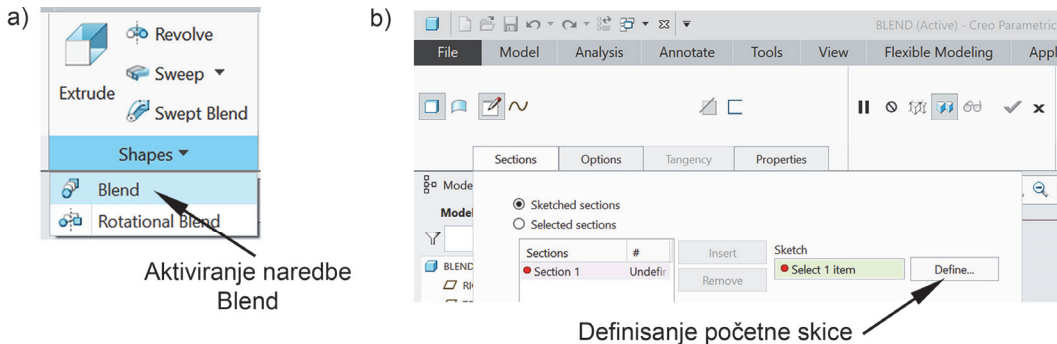
Slika 1.10 – Skica profila (a) i završetak naredbe **Revolve** (b)

### Napomena

I kod naredbe **Revolve** postoji mogućnost definisanja tankog profila, površine, promena smera rotacije i oduzimanje materijala kao i kod prethodno opisane naredbe **Extrude**, a koje nisu posebno označene na slici 1.10b.

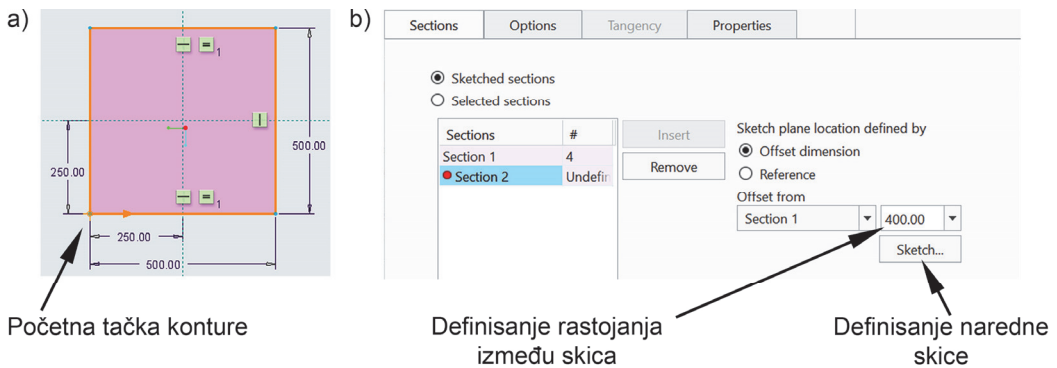
## 6. NAREDBA BLEND

Ova naredba se aktivira izborom dodatnih naredbi sa panela **Shapes**, slika 1.11a. Nakon toga se u novoprikazanom prozoru u okviru kartice **Sections** definiše prva skica opcijom **Define**, slika 1.11b. Zatim se bira jedna od koordinatnih ravni na kojoj će se crtati skica i potvrđuje naredbom **Sketch**.



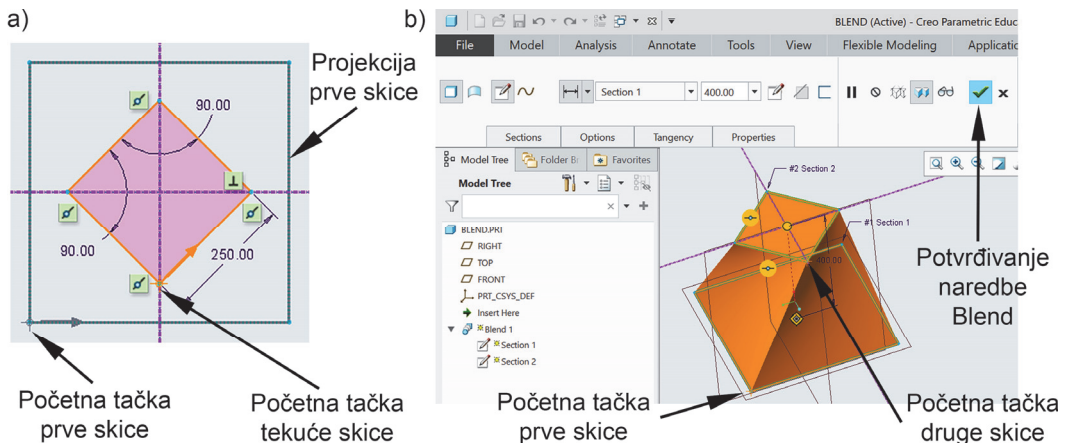
Slika 1.11 – Aktiviranje naredbe **Blend** (a) i definisanje početne skice (b)

Posle navedenog se vrši iscrtavanje prve skice (u ovom primeru kvadrat dužine stranice 500mm, slika 1.12a) nakon čega se potvrđuje skica opcijom **OK**. Jako je bitno da se vodi računa gde je početna tačka skice, tj. u ovom slučaju početno teme pravougaonika. Dalje dolazi na red definisanje rastojanja na kome će se naći sledeća skica i ulazak u okruženje za crtanje sledeće skice naredbom **Sketch**, slika 1.12b.



Slika 1.12 – Početna skica za naredbu **Blend** (a) i definisanje naredne skice (b)

Za sledeću skicu je potrebno nacrtati kvadrat dužine stranice 250mm zarotiran za 45° u odnosu na prethodno nacrtani, slika 1.13a. Takođe je potrebno voditi računa koja je početna tačka skice i gde se ona nalazi u odnosu na prethodnu skicu čija je projekcija prikazana drugom bojom. Nakon potvrđivanja skice opcijom **OK** potrebno je potvrditi naredbu **Blend**, slika 1.13b.

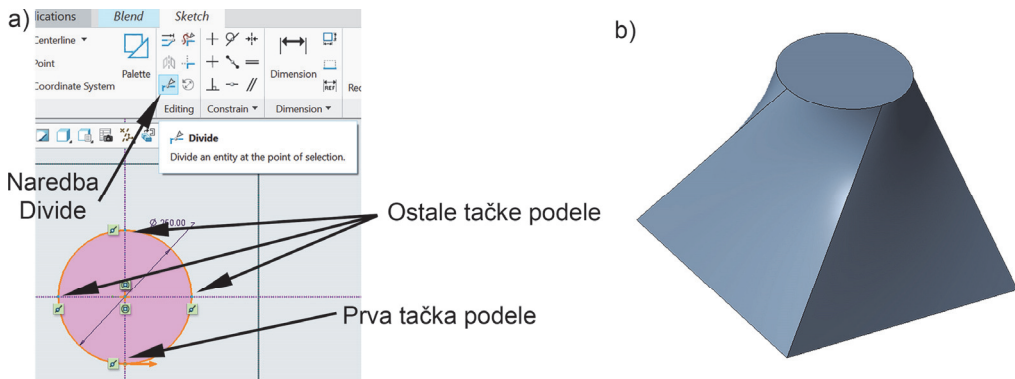


Slika 1.13 – Krajnja skica za naredbu **Blend** (a) i izgled dobijenog 3D modela dela (b)

### Napomena

Opisanom procedurom je pokazano definisanje dve skice i rastojanja između njih. Moguće je i definisanje više skica i to aktiviranjem naredbe **Insert** u okviru kartice **Sections**, slika 1.12b čime će odgovarajuća sekcija biti vidljiva u okviru prozora **Sections**. Ukoliko korisnik želi da izbaciti neku od sekcija to je moguće upotrebom naredbe **Remove** sa kartice **Sections**, slika 1.12b.

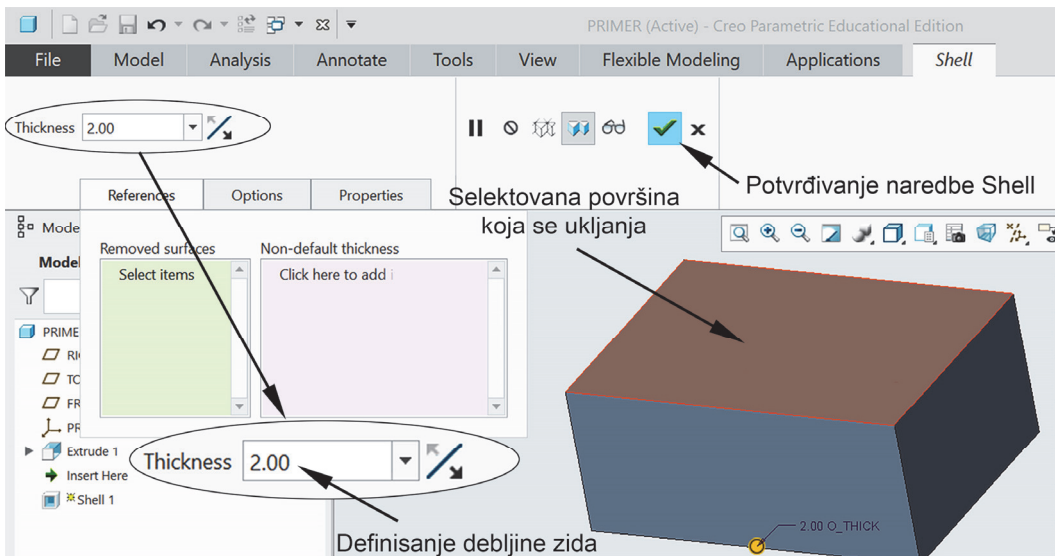
Broj ivica formiranih skica mora da bude isti inače nije moguće izvršiti naredbu **Blend**. Moguće je, npr. napraviti prelaz iz četvorougla u krug, ali je prethodno potrebno skicu kruga podeliti na 4 dela naredbom **Divide** (slika 1.14a), tj. na onoliko broj delova koliko ivica ima druga skica u koju krug prelazi. Primer ovakvog dela je prikazan na slici 1.14b.



Slika 1.14 – Upotreba naredbe **Divide** (a) i izgled dobijenog 3D modela dela (b)

## 7. NAREDBA SHELL

Ova naredba omogućava formiranje tankozidnog 3D modela dela na osnovu prethodno modeliranog „punog“ modela (u ovom primeru kvadar dimenzije 350x250x150mm). Nakon aktiviranja naredbe **Shell** sa panela **Engineering** potrebno je označiti površine (jednu ili više) koje će biti uklonjene dok preostale površine predstavljaju zidove 3D modela dela debljine koja se zadaje u odgovarajućem polju **Thickness** (u ovom primeru 2mm). Ova naredba je veoma pogodna pri konstruisanju tankozidnih delova složenog oblika (npr. analitički neopisive površi). Primer dela kreiranog ovom naredbom prikazan je na slici 1.15.

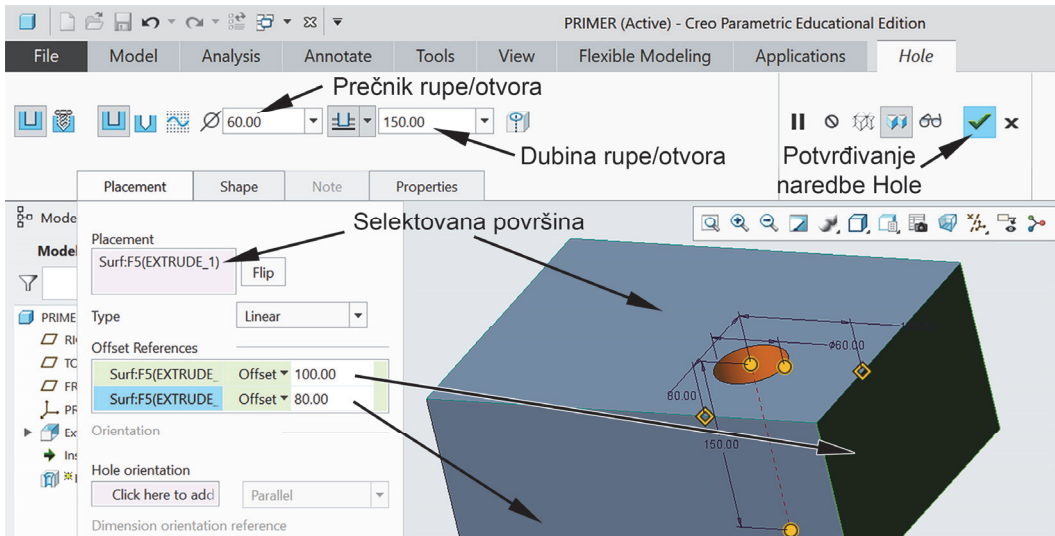


Slika 1.15 – Upotreba naredbe **Shell**



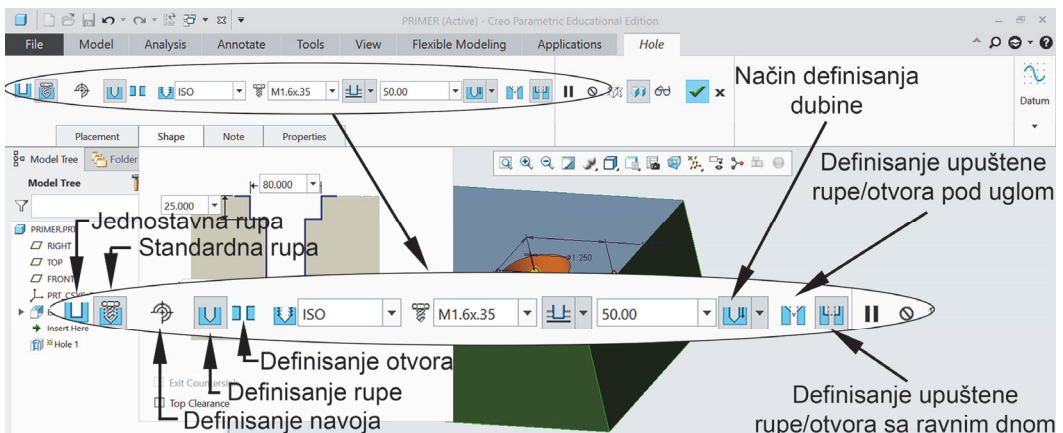
## 8. NAREDBA HOLE

Ova naredba omogućava kreiranje rupa i otvora na postojećem 3D modelu dela (u ovom primeru isti kvadar kao za prethodnu naredbu). Nakon aktiviranja naredbe **Hole** sa panela **Engineering** vrši se izbor površine na kojoj se kreira rupa/otvor, a zatim se uz držanje tastera **CTRL** na tastaturi selektuju reference (površine, ivice, ose) u odnosu na koje se definiše položaj rupa/otvora, a koje se prikazuju u okviru polja **Offset References** na kartici **Placement**. U prikazanim poljima unose se vrednosti prečnika i dubine rupa/otvora, slika 1.16.



Slika 1.16 – Upotreba naredbe **Hole**

Ova naredba je karakteristična po tome što je moguće formirati više različitih oblika rupa/otvora koji su karakteristični za određene tehnološke postupke izrade, slika 1.17.



Slika 1.17 – Dodatna podešavanja u okviru naredbe **Hole**

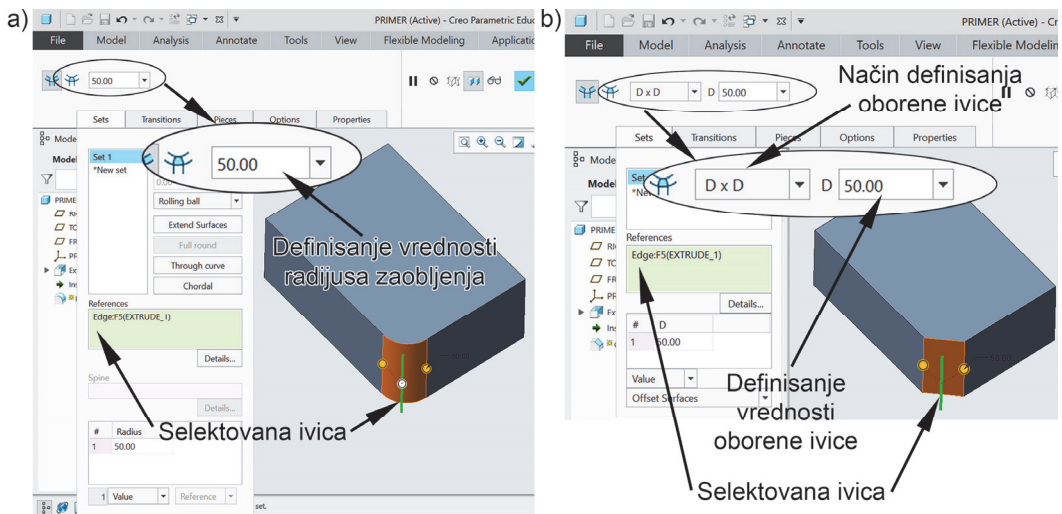
Naredba **Hole** pruža dosta dodatnih mogućnosti poput definisanja rupe/otvora sa navojem, upuštene rupe/otvora i sličnog, a što je prikazano na slici 1.17. Radi jednostavnijeg unosa podataka moguće je videti izgled rupe/otvora na kartici **Shape**.

## 9. NAREDBA ROUND

Ova naredba služi za definisanje zaobljenja ivica, a nalazi se u okviru panela **Engineering**. Upotreba ove naredbe je veoma jednostavna, naime, potrebno je selektovati željene ivice na formiranom 3D modelu (kvadar dimenzije 350x250x150mm) i uneti vrednost radijusa zaobljenja (u ovom primeru 50mm). Selektovane ivice i vrednosti radijusa zaobljenja su prikazane u okviru odgovarajućih polja na kartici **Sets**. Potvrđivanjem ove naredbe nad selektovanim ivicama se formiraju zadata zaobljenja kao što je prikazano na slici 1.18a.

## 10. NAREDBA CHAMFER

Analogno prethodnoj naredbi ova naredba služi za definisanje oborenih ivica, a nalazi se u okviru panela **Engineering**. Upotreba ove naredbe je takođe veoma jednostavna, naime potrebno je selektovati željene ivice i uneti vrednost (50mm) za koju se željena ivica obara simetrično ili pak vrednost i ugao pod kojim vrši obaranje ivice u zavisnosti od izabranog načina definisanja oborene ivice. Potvrđivanjem ove naredbe nad selektovanim ivicama se formiraju zadata zakošenja kao na slici 1.18b.

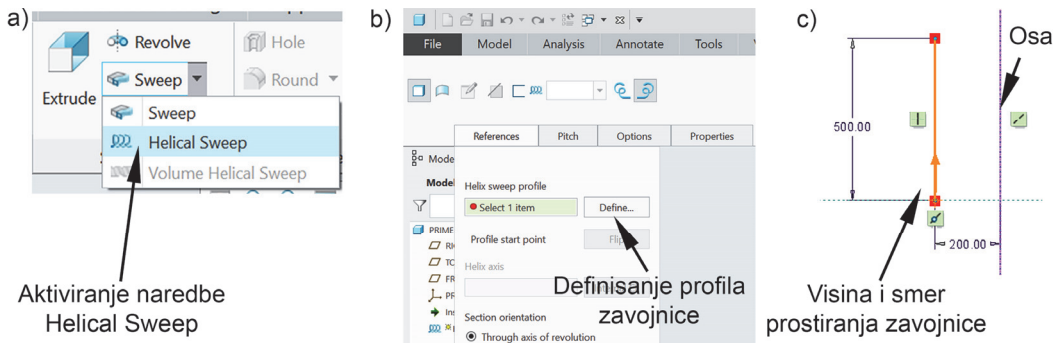


Slika 1.18 – Upotreba naredbe **Round** (a) i naredbe **Chamfer** (b)

## 11. NAREDBA HELICAL SWEEP

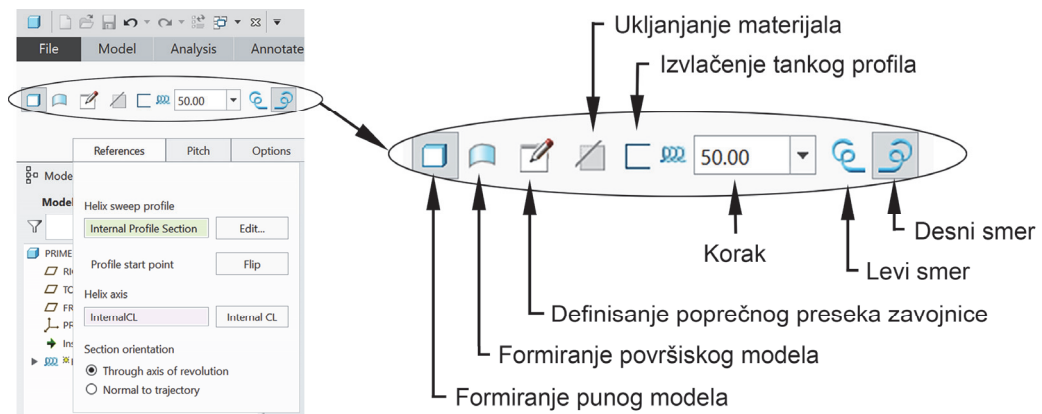
Ova naredba omogućava formiranje zavojnice (opruge). Nalazi se kao dodatna opcija naredbe **Sweep** u okviru panela **Shapes**, slika 1.19a. Aktiviranjem naredbe dalje se daje mogućnost definisanja profila zavojnice naredbom **Define** sa kartice **References**, slika 1.19b. Nakon aktiviranja naredbe **Define** potrebno je izabrati ravan na kojoj će se

crtať visina i smer prostiranja zavojnice (u ovom primeru 500mm, na rastojanju 200mm od ose rotacije, a što je prikazano na slici 1.19c).



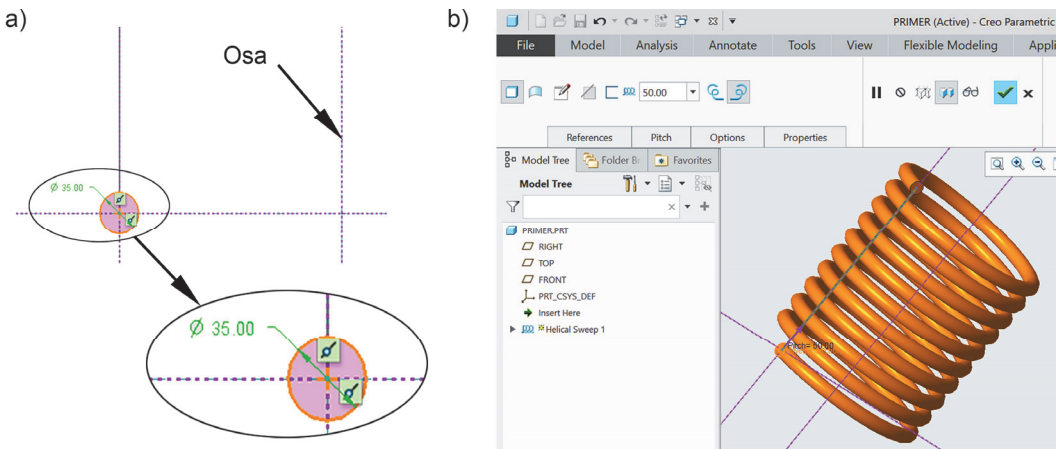
Slika 1.19 – Naredba **Helical Sweep** (a), izbor ravni za crtanje (b), visina i položaj zavojnice (c)

Nakon potvrđivanja skice dalje dolazi na red definisanje oblika i dimenzije poprečnog preseka zavojnice. Ovo se postiže naredbom **Create or edit sweep section** (definisanje poprečnog preseka zavojnice), slika 1.20.



Slika 1.20 – Definisavanje parametara zavojnice

Aktiviranjem date naredbe ulazi se u okruženje za crtanje skice gde softver automatski daje isprekidanim linijama poziciju početka zavojnice koja je definisana u prethodnoj skici. Za poprečni presek zavojnice je u ovom slučaju potrebno nacrtati krug prečnika 35mm kao što je prikazano na slici 1.21a nakon čega je potrebno potvrditi **Sketch**, a zatim uneti vrednost koraka zavojnice i na kraju potvrditi naredbu **Helical Sweep**.



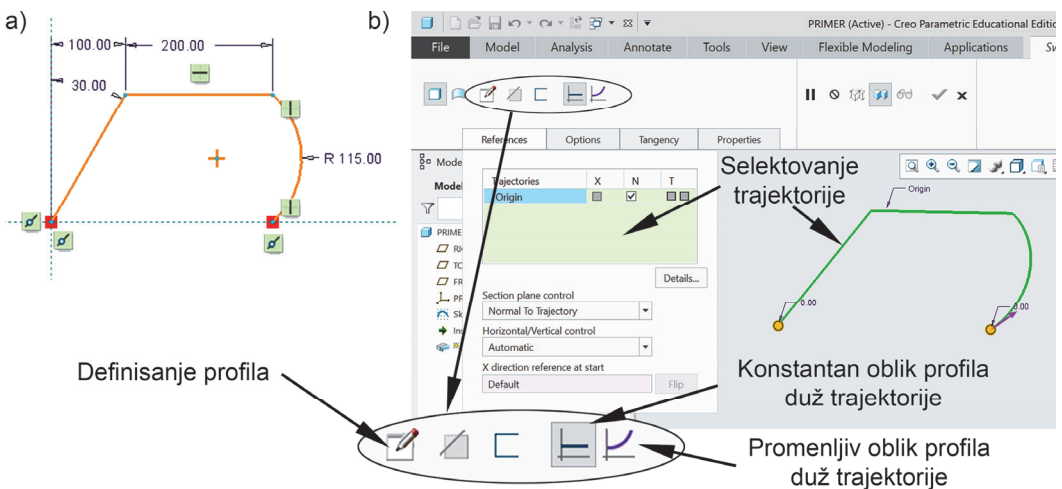
Slika 1.21 – Poprečni presek zavojnice (a) i izgled dobijenog 3D modela dela naredbom **Helical Sweep**

**Napomena**

Prilikom izbora naredbe **Helical Sweep** osnovni parametri su podešeni tako da je korak konstantan, međutim, moguće je dobiti zavojnicu kod koje korak nije konstantan. Podrazumevani smer zavojnice je desni, međutim, to je moguće promeniti. Sve ovo se postiže dodatnim opcijama prikazanim na slici 1.20 u okviru trake sa komandama i dodatnih kartica **Options** i **Pitch**.

**12. NAREDBA SWEEP**

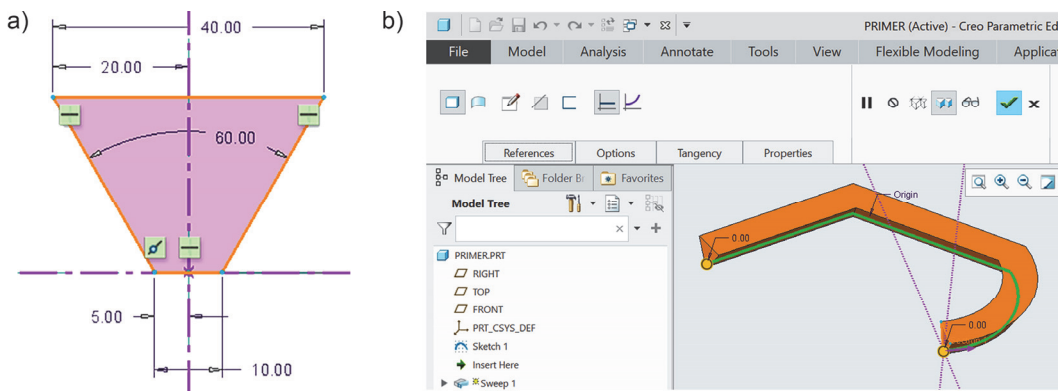
Ova naredba omogućava formiranje 3D modela dela čiji oblik odgovara definisanom poprečnom preseku koji prati jednu slobodno definisanu trajektoriju u prostoru. Prvo je potrebno nacrtati skicu trajektorije u **Sketch**-u, kao na slici 1.22a.



Slika 1.22 – Skica trajektorije (a), definisanje parametara naredbe **Sweep**

Nakon završetka skice trajektorije je potrebno aktivirati naredbu **Sweep** sa panela **Shapes**, čime se pojavljuje nova kartica za dodatno definisanje parametara ove naredbe, slika 1.22b. Sa kartice **References** je omogućen izbor prethodno definisane trajektorije, gde je potrebno selektovati levim tasterom miša prethodno definisanu skicu trajektorije. Softver automatski prepoznaje početak i kraj trajektorije, ali je korisniku dodatno omogućen izbor dela trajektorije pomeranjem odgovarajućih kružića koji su prikazani na slici 1.22b. U slučaju potrebe tačnog definisanja rastojanja, numeričku vrednost rastojanja je moguće uneti u odgovarajuća polja koja su prikazana. Takođe je moguće promeniti i smer provlačenja profila po trajektoriji jednostavnim selektovanjem levim tasterom miša strelice koja se nalazi na krajnjim segmentima trajektorije.

Dalje dolazi na red definisanje profila koji će se provlačiti kroz trajektoriju. Ovo je omogućeno naredbom **Create or edit sweep section** analogno kao i kod naredbe **Helical Sweep**. Aktiviranjem date naredbe softver automatski daje isprekidanim linijama početak putanje u odnosu na koji je potrebno nacrtati skicu poprečnog preseka, slika 1.23a. Nakon potvrđivanja skice potrebno je potvrditi i naredbu **Sweep**.



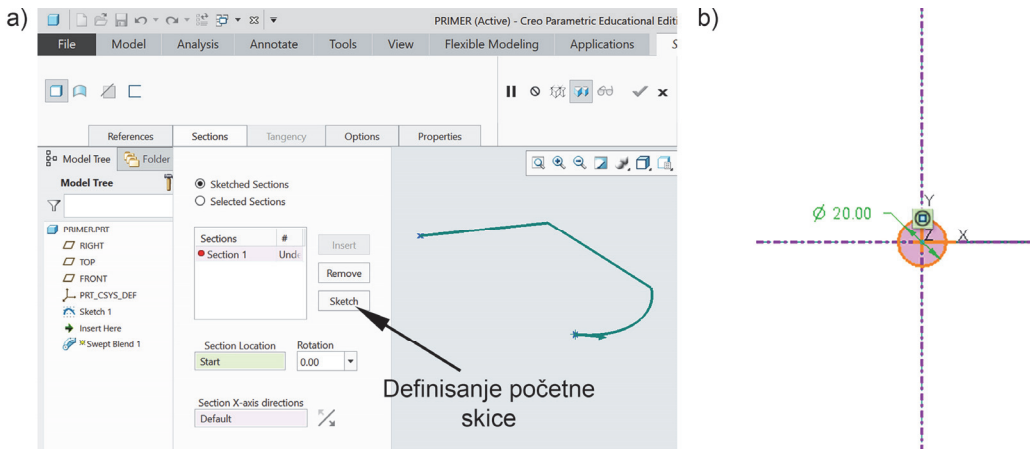
Slika 1.23 – Poprečni presek koji se provlači po trajektoriji (a) i izgled dobijenog 3D modela dela naredbom **Sweep** (b)

### 13. NAREDBA SWEEP BLEND

Naredba **Swept Blend** predstavlja kombinaciju naredbi **Sweep** i **Blend**. Zapravo, u pitanju je provlačenje promenljivog profila kroz jednu slobodno definisanu trajektoriju u prostoru tako što se definiše oblik profila na početku i na kraju trajektorije posebno, a softver sam generiše prelaz iz jednog u drugi profil. Sve što je rečeno u okviru naredbe **Blend** vezano za oblik profila važi i ovde. Radi jednostavnosti, na ovom primeru će biti pokazano definisanje samo dva poprečna preseka, tj. na početku i na kraju izabrane trajektorije dok u opštem slučaju broj definisanih poprečnih preseka nije ograničen.

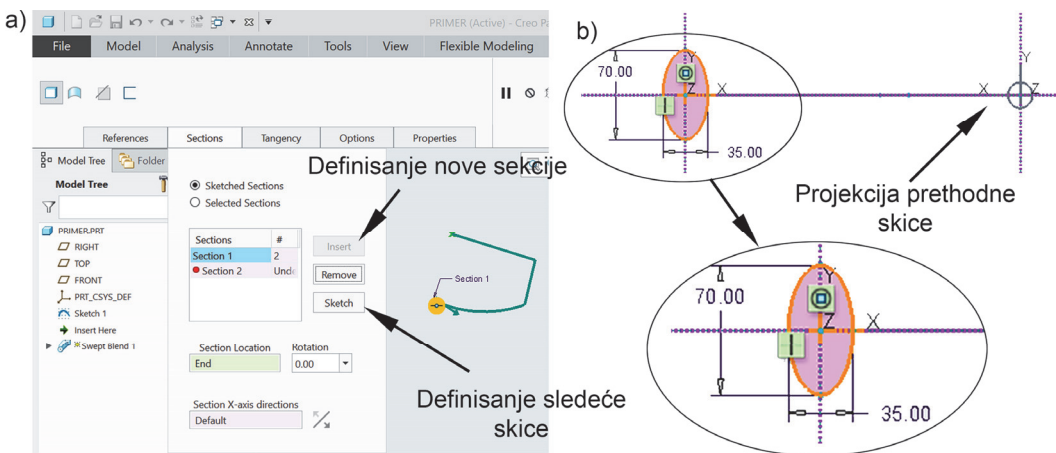
Pre aktiviranja naredbe potrebno je kreirati trajektoriju po kojoj će se kasnije u okviru pomenute naredbe provlačiti naknadno definisani poprečni preseki (iskoristiti istu trajektoriju kao u prethodnom primeru, a koja je prikazana na slici 1.22a). Naredba **Swept Blend** se nalazi u okviru penela **Shapes** i njenim aktiviranjem se otvara nova kartica prikazana na slici 1.24a. U okviru kartice **References** je omogućen izbor trajektorije analogno kao i kod naredbe **Sweep**. Dalje je u okviru kartice **Sections** potrebno definisati oblik poprečnih preseka na izabranoj trajektoriji. Aktiviranjem naredbe **Sketch** ulazi se u okruženje za crtanje skice početnog oblika profila, slika

1.24b. Analogno kao i kod prethodnih naredbi softver daje isprekidanim linijama poziciju u odnosu na koju je potrebno crtati skicu.



Slika 1.24 – Upotreba naredbe **Swept Blend** (a), i definisanje početnog oblika profila na trajektoriji (b)

Nakon potvrđivanja skice potrebno je definisati i sledeći oblik poprečnog preseka na kraju trajektorije naredbom **Insert**, slika 1.25a. Aktiviranjem naredbe **Insert** u odgovarajućem prozoru se pojavljuje nova sekcija koja se u ovom slučaju odnosi na kraj putanje (**End**), što je prikazano u okviru polja **Section Location**. Dalje se aktiviranjem naredbe **Sketch** ulazi u okruženje za crtanje oblika profila na kraju putanje, slika 1.25b.

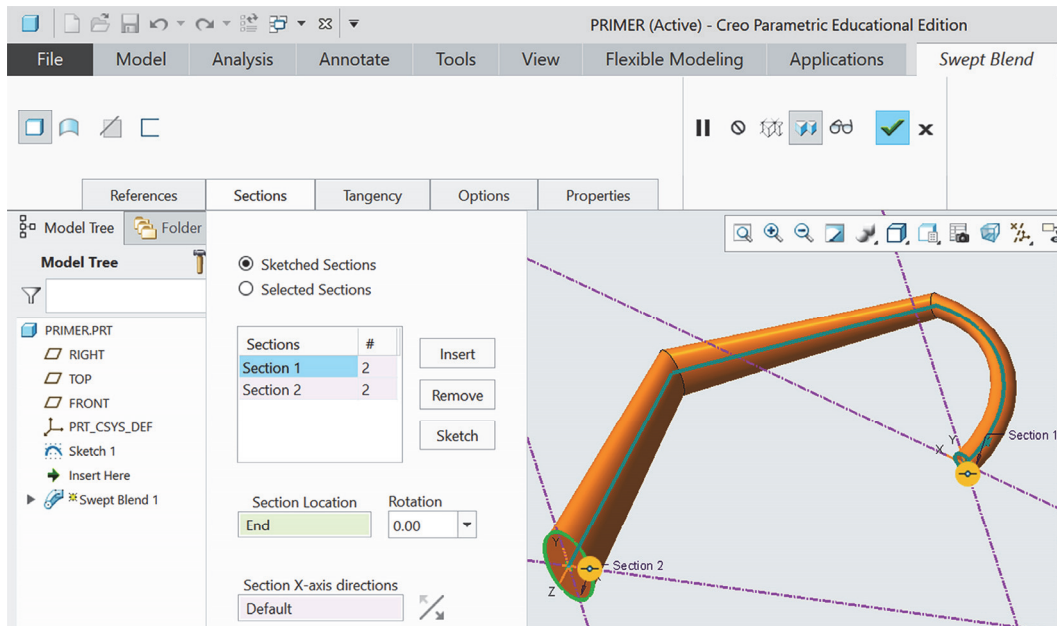


Slika 1.25 – Definisanje nove sekcije u okviru naredbe **Swept Blend** (a) i crtanje krajnjeg profila na trajektoriji (b)

Nakon završetka crtanja skice istu je potrebno potvrditi, a zatim potvrditi i naredbu **Swept Blend**, slika 1.26. Napominje se da je korisniku omogućena rotacija prethodno



definisanih poprečnih preseka unosom numeričke vrednosti ugla rotacije u polje **Rotation** prikazanog na slici 1.26.

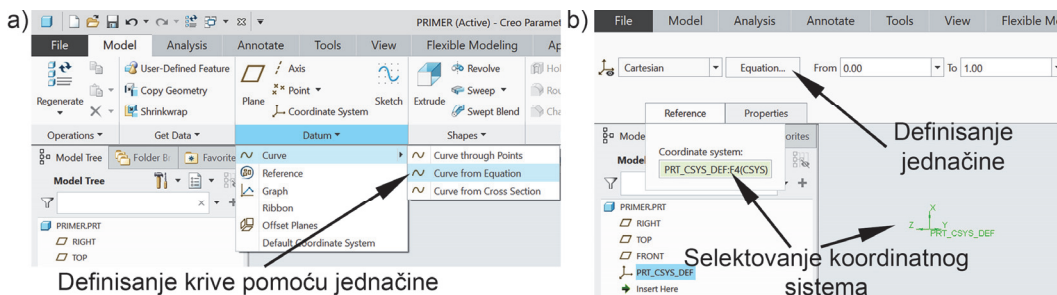


Slika 1.26 – Izgled dobijenog 3D modela dela naredbom **Swept Blend**

#### 14. DEFINISANJE TRAJEKTORIJE POMOĆU JEDNAČINE

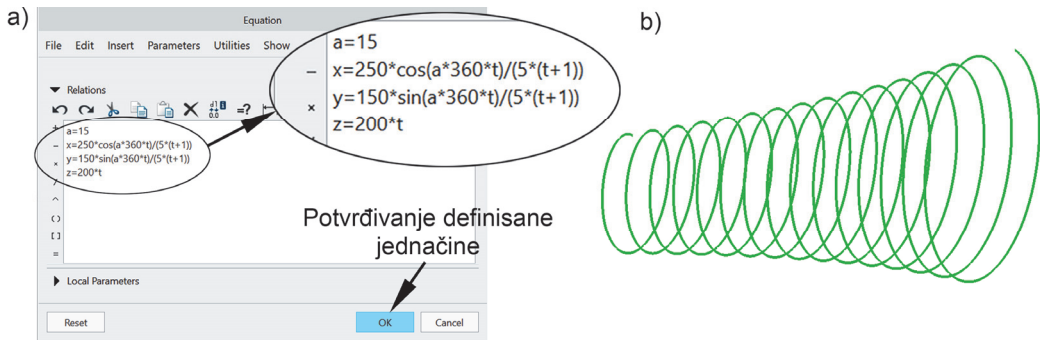
Često je potrebno trajektoriju definisati pomoću matematičke jednačine koja može biti rešenje određenih inženjerskih proračuna. U ovom primeru će biti pokazano definisanje trajektorije pomoću matematičkih jednačina u parametarskom obliku.

Aktiviranjem naredbe **Curve from Equation** sa panela **Datum** (slika 1.27a) otvara se kartica za matematičko definisanje trajektorije, gde je potrebno izabrati tip koordinatnog sistema (u ovom slučaju Dekartov koordinatni sistem) i izabrati koordinatni sistem u okviru kartice **Reference**. Nakon toga je potrebno pokrenuti proceduru za unos jednačine naredbom **Equation**, slika 1.27b.



Slika 1.27 – Pokretanje naredbe **Curve from Equation** (a), i izbor koordinatnog sistema (b)

Nakon unosa parametarske jednačine trajektorije u odgovarajući prozor (slika 1.28a) i njenim potvrđivanjem dobija se skica putanje, slika 1.28b koju je moguće iskoristiti za definisanje naredbe **Blend** ili **Swept Blend** prema prethodno opisanim procedurama.



Slika 1.28 – Unos parametarske jednačine (a) i izgled dobijene trajektorije (b)

### Napomena

Svaka od prethodno opisanih naredbi je prikazana kroz primer dodavanja materijala. U praksi upotreba datih naredbi je česta i u slučajevima oduzimanja materijala gde je procedura definisanja naredbi ista, a samo je potrebno pre potvrđivanja određene naredbe izabrati opciju **Remove Material**.

# DRUGA LABORATORIJSKA VEŽBA

## *CAD - Part modul* *Primeri za vežbu*

### **SADRŽAJ LABORATORIJSKE VEŽBE:**

UVOD  
KUĆIŠTE  
POKLOPAC  
VRATILO

# TREĆA LABORATORIJSKA VEŽBA

## *CAD – Assembly modul* *Osnovni tipovi uparivanja* *Projektovanje mehanizma*

### **SADRŽAJ LABORATORIJSKE VEŽBE:**

UVOD

KREIRANJE NOVOG **ASSEMBLY FILE**-a

UPARIVANJE PREKO JEDNE RAVNE POVRŠINE

UPARIVANJE PREKO DVE RAVNE POVRŠINE

UPARIVANJE PREKO CILINDRIČNE POVRŠINE

PROJEKTOVANJE MEHANIZMA

ZADATAK ZA DODATNU VEŽBU

# ČETVRTA LABORATORIJSKA VEŽBA

## *CAD – Assembly modul* *Primer za vežbu*

### **SADRŽAJ LABORATORIJSKE VEŽBE:**

UVOD

DEFINISANJE GEOMETRIJSKIH OGRANIČENJA U SKICI

POSTUPAK FORMIRANJA 3D MODELA SKLOPA

# PETA LABORATORIJSKA VEŽBA

## *CAM - Obrada glodanjem* *Zapreminsko glodanje*

### **SADRŽAJ LABORATORIJSKE VEŽBE:**

UVOD

MODELIRANJE IZRATKA

KREIRANJE NOVOG **MANUFACTURING FILE**-a

UČITAVANJE REFERENTNOG MODELA ZA OBRADU

KREIRANJE PRIPREMKA

DEFINISANJE OBRADNOG SISTEMA

DEFINISANJE OPERACIJE

DEFINISANJE ZAHVATA (**NC SEQUENCE**)

FORMIRANJE **CL FILE**-a (**CUTTER LOCATION FILE**)

POSTPROCESIRANJE

# ŠESTA LABORATORIJSKA VEŽBA

## *CAM – Obrada glodanjem Zapreminsko i glodanje po izabranoj trajektoriji*

### **SADRŽAJ LABORATORIJSKE VEŽBE:**

UVOD

TEKST ZADATKA

POZICIONIRANJE 3D MODELA IZRATKA

DEFINISANJE NOVOG KOORDINATNOG SISTEMA

DEFINISANJE ZAHVATA ZAPREMINSKOG GLODANJA

DEFINISANJE ZAHVATA OBRADJE PO IZABRANOJ TRAJEKTORIJI

ZADATAK ZA DODATNU VEŽBU

# SEDMA LABORATORIJSKA VEŽBA

*CAM – Obrada glodanjem  
Površinsko, profilno, zapreminsko i  
glodanje po izabranoj trajektoriji,  
izrada i obrada rupa/otvora*

## **SADRŽAJ LABORATORIJSKE VEŽBE:**

UVOD

TEKST ZADATKA

OBRADA RAVNE POVRŠINE

ZABUŠIVANJE

BUŠENJE OTVORA/RUPA

UPUŠTANJE OTVORA

GLODANJE ŽLJEBA

PROFILNO GLODANJE

GLODANJE UDUBLJENJA



# OSMA LABORATORIJSKA VEŽBA

## *CAM - Obrada glodanjem* *Primer za vežbu*

### **SADRŽAJ LABORATORIJSKE VEŽBE:**

UVOD

TEKST ZADATKA

KREIRANJE **MILL SURFACE**-a

OBRADA RAVNE POVRŠINE

ZADATAK ZA DODATNU VEŽBU

# DEVETA LABORATORIJSKA VEŽBA

## *CAM - Obrada struganjem*

### **SADRŽAJ LABORATORIJSKE VEŽBE:**

UVOD

TEKST ZADATKA

DEFINISANJE MAŠINE I PRVE OPERACIJE

ZAHVAT ČEONE OBRADJE

ZAHVAT GRUBE OBRADJE SLOŽENOG ZAHVATA

ZAHVAT FINE OBRADJE SLOŽENOG ZAHVATA

DEFINISANJE DRUGE OPERACIJE

ZAHVAT GRUBE OBRADJE ČEONE I CILINDRIČNE POVRŠINE

ZAHVAT BUŠENJA RUPE

FORMIRANJE **CL FILE**-a

POSTPROCESIRANJE

# DESETA LABORATORIJSKA VEŽBA

## *Obrada dela na NUMA*

### **SADRŽAJ LABORATORIJSKE VEŽBE:**

UVOD

TEKST ZADATKA

O MAŠINAMA

O BAZIRANJU I STEZANJU PRIPREMAKA/OBRADAKA

REDOSLED OPERACIJA I ZAHVATA PRI OBRADI STRUGANJEM

# PRILOG 1

## *Primer CL file-a*

### **SADRŽAJ PRILOGA:**

Daje se deo sadržaja **CL file-a** za izradu radnog predmeta sa pete laboratorijske vežbe

## PRILOG 2

# *Primer NC koda*

### **SADRŽAJ PRILOGA:**

Daje se deo **NC** koda generisanog na osnovu **CL file-a** iz priloga 1 za izabrani postprocesor iz pete laboratorijske vežbe

## LITERATURA

- [1] Bojanić, P.: Generisanje putanje alata pri obradi skulptorskih površina na 3-osnim cnc mašinama loptastim glodalom, - Zbornik radova, XXXIII Savetovanje Proizvodnog mašinstva Srbije sa međunarodnim učešćem, Beograd 2009, 115- 118.
- [2] Bojanić, P., Mladenović, G.: Generisanje putanje alata po kriterijumu izohrapavosti pri obradi skulptorskih površina na 3-osnim cnc mašinama, - Zbornik radova na CD – u, XXXVI JUPITER Konferencija, Beograd 2010, 2.22 – 2.28.
- [3] Bojanić, P., Puzović, R.: Proizvodni sistemi – APT jezik, Mašinski fakultet, Beograd, 2010.
- [4] Bojanić, P., Mladenović, G.: Analiza problema pri generisanju putanje alata pri obradi skulptorskih površina, - Zbornik radova na CD – u, XXXVII JUPITER Konferencija, Beograd 2011, 2.57 – 2.62.
- [5] Bojanić, P.: CAD/CAM Sistemi – Predavanja, Mašinski fakultet Beograd, školska 2011/2012.
- [6] Bojanić, P.: Kompjuterska grafika – Predavanja, Mašinski fakultet Beograd, školska 2011/2012.
- [7] Milutinović, D.: Industrijski roboti – Predavanja, Mašinski fakultet Beograd, školska 2011/2012.
- [8] Mladenović, G.: Analiza strategija obrade korišćenjem komercijalnih CAD/CAM softvera, - Zbornik radova na CD – u, XXXVII JUPITER Konferencija, Beograd, 2011, 2.63 – 2.68.
- [9] Mladenović G., Bojanić P.: CAD/CAM Sistemi, Priručnik za vežbe, Pro/ENGINEER – Praktična primena, Mašinski fakultet, Beograd, 2012.
- [10] Mladenović G., Tanović Lj., Puzović R., Popović M.: Analysis Of Machining Strategies Using Commercial CAD/CAM Software, - Proceedings of 35<sup>th</sup> International Conference On Production Engineering 2013, Kopaonik 2013, 307-310.
- [11] Mladenovic G., Tanovic LJ., Ehmann K.F.: Tool Path Generation for Milling of Free Form Surfaces With Feedrate Scheduling, - FME Transactions, Vol.43, No.1, 2015, 9-15.
- [12] Mladenović G.: Optimizacija putanje alata pri obradi skulptorskih površina glodanjem, - Doktorska disertacija, Mašinski fakultet Beograd, 2015.
- [13] Ogrizović, M.: OSNOVE Pro/DESKTOP 2000i, - Kompjuter biblioteka, Čačak, 2001.
- [14] Operation & Maintance Manual (1st edition), Horizontal Machining Center HMC-500, Publication number 265398-ED, Digor – Tree Machine Tool Co, 1994.
- [15] PTC, zvanična internet prezentacija - <https://www.ptc.com/en/>
- [16] SINUMERIC 808D, Operating Instructions (5-1), Siemens Ltd., China, 2012.
- [17] Toogood, R., Pro/ENGINEER Tutorial Wildfire 4.0, Schroff Development Corp., 2007.
- [18] Toogood, R., Pro/ENGINEER WILDFIRE 4.0, Kompjuter biblioteka, Beograd, 2008.



Мишљење и оцена Рецензента:

Судећи по композицији књиге, детаљним објашњењима функција предметног софтверског пакета у процесу пројектовања производа, CAD, и пројектовања за производњу, CAM, врло квалитетним графичким илустрацијама, књига је проистекла из вишегодишњег стручног рада аутора у овој области.

Могу да констатујем да је рукопис књиге, под насловом „CAD/CAM системи – практикум за Creo Parametric“ аутора др Горана Младеновића, доцента на Машинском факултету Универзитета у Београду, веома интересантна и корисна не само за универзитеску популацију него и за шири круг инжењерске популације која жели проникнути у тајну примене CAD/CAM система, и топло препоручујем да се штампа.

Текст под насловом „CAD/CAM системи – Практикум за Creo Parametric“ који је припремио и поднео доц. др Горан Младеновић структурисан је у десет поглавља (лабораторијских вежби) и два прилога са примерима на укупно 175 страна Б5 формата. Практикум је конципиран тако да студенти кроз десет лабораторијских вежби стичу практично знање за рад у сложеном CAD/CAM систему Creo Parametric. Овај софтверски пакет студенти користе за реализацију пројеката и на основним и на мастер студијама.

За писање уџбеника коришћени су нови и савремени извори и литература од 18 референци. Уџбеник је илустрован са 187 јасних и прегледних слика и 3 таблица. Стил излагања је јасан и разумљив. Овај текст ће после штампања представљати значајан допринос уџбеничкој литератури Катедре за производно машинство и Факултета. Намењен је превасходно студентима основних студија али ће и студентима мастер студија служити као приручник при раду са наведеним софтвером. За коришћење овог уџбеника, морају се поседовати инжењерска знања из производних технологија и система.

Са задовољством предлажем да се овај текст штампа као помоћни уџбеник без измена и допуна.