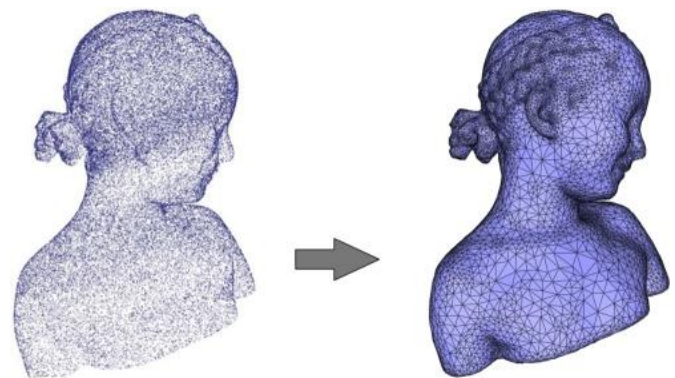
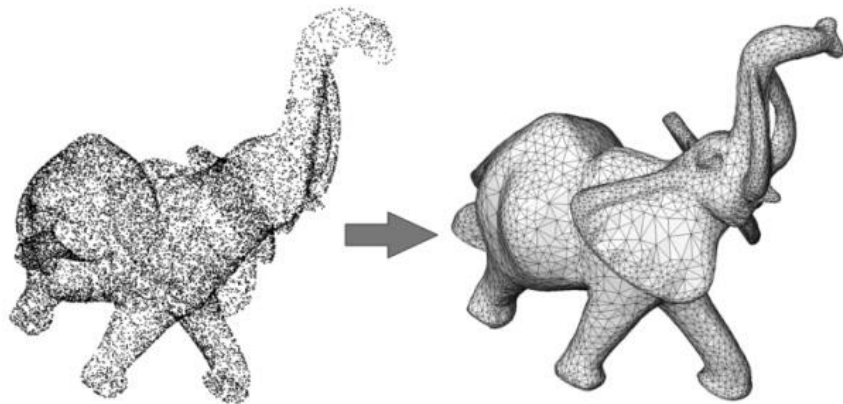


Predmet: 3D digitalizacija objekata

**REKONSTRUKCIJA POVRŠI  
(POVRŠINA)**

Vanr. prof. dr Mario Šokac  
Doc. dr Željko Santoši

- **Rekonstrukcija površina je proces** u kompjuterskoj grafici i viziji kojim se na osnovu skupa tačaka (oblaka tačaka) kreira neprekidna, glatka matematička ili geometrijska površina (najčešće u obliku poligonalne 3D mreže).

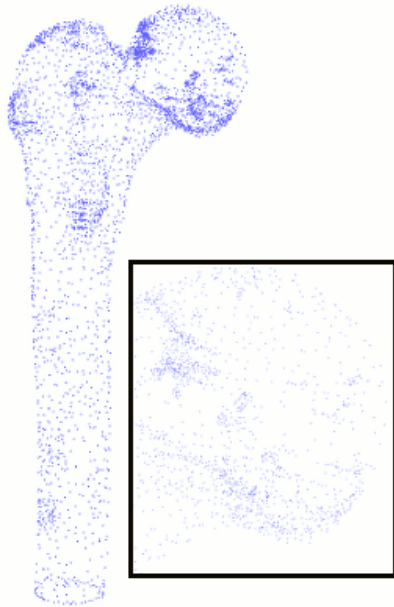


# Rekonstrukcija površina

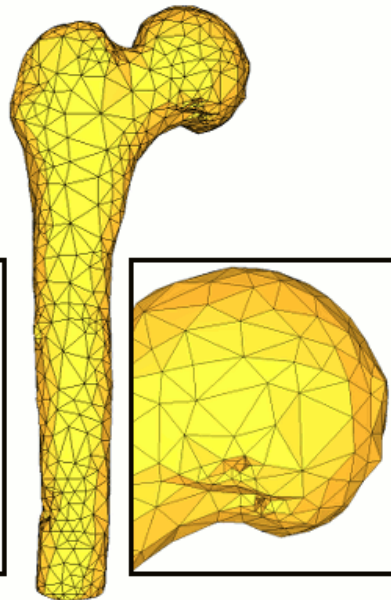
- ❑ Ključni aspekti ovog procesa su:
- ❑ Izvor podataka: Tačke se dobijaju pomoću 3D skenera, LiDAR uređaja ili fotogrametrijom (iz fotografija).
- ❑ Cilj: Pretvoriti diskretne, nepovezane tačke u digitalni model koji se može koristiti za 3D štampu, simulacije, CAD dizajn ili vizuelne efekte.
- ❑ Metode:
  - Najpoznatiji algoritmi su:**
  - Poissonova rekonstrukcija (za glatke površine),
  - Delaunayeva triangulacija,
  - Marching Cubes algoritam.

# Rekonstrukcija površina

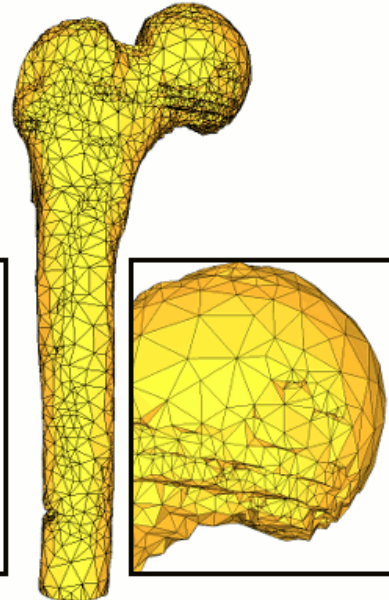
□ Da li su svi algoritmi za rekonstrukciju površina isti? **NE!**



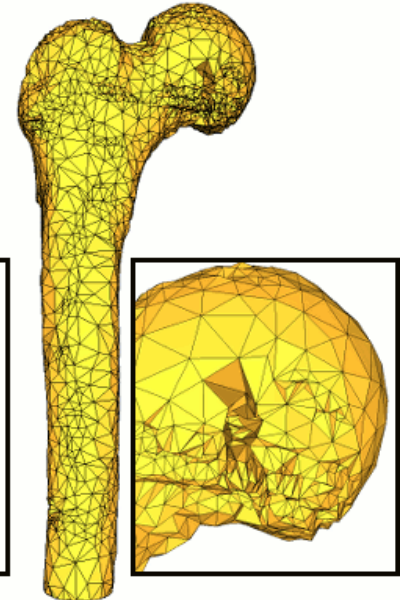
originalni  
oblak tačaka



Poissonova  
rekonstrukcija



napredujući front  
(advancing front)

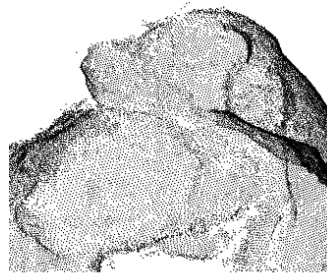


prostor skale  
(scale space)

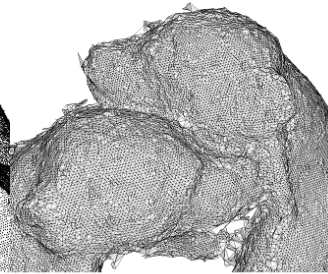
# Rekonstrukcija površina

- Pošto algoritmi za rekonstrukciju površine imaju neke **specifične zahteve** koje oblaci tačaka ne ispunjavaju uvek, često je potrebno određeno **preprocesiranje oblaka tačaka** sa ciljem dobijanja najboljih rezultata.

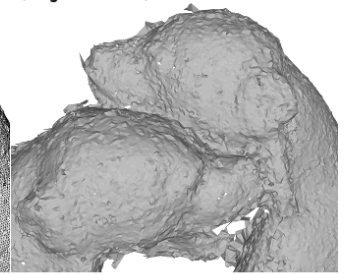
Raw Point Cloud



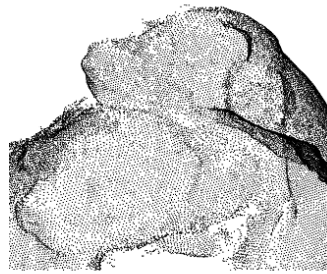
Raw Point Cloud Reconstructed



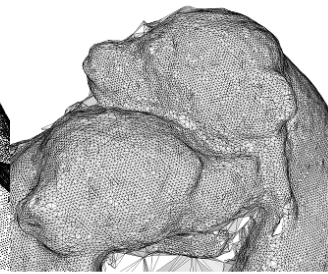
Raw Point Cloud Reconstructed (edges hidden)



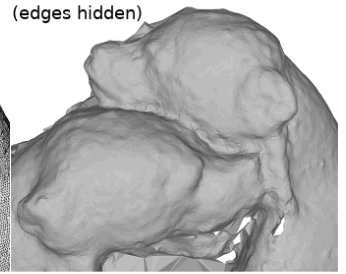
Smoothed Point Cloud



Smoothed Point Cloud Reconstructed



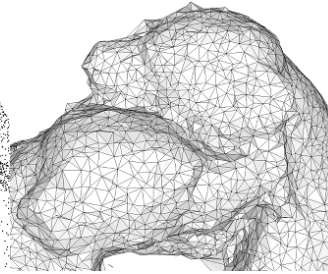
Smooth Point Cloud Reconstructed (edges hidden)



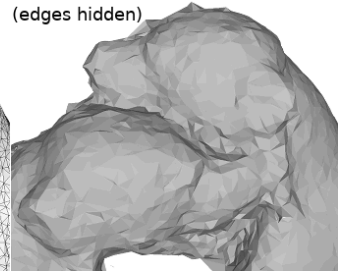
Simplified Point Cloud



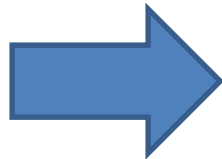
Simplified Point Cloud Reconstructed



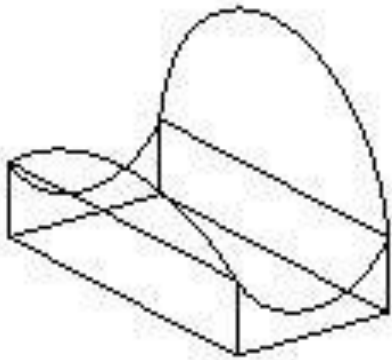
Simplified Point Cloud Reconstructed (edges hidden)



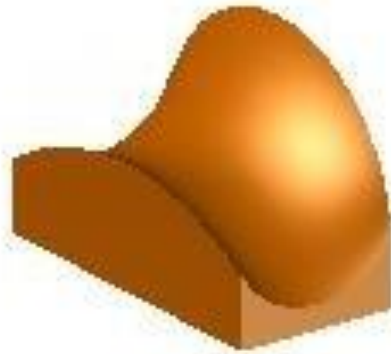
Preprocesiranje



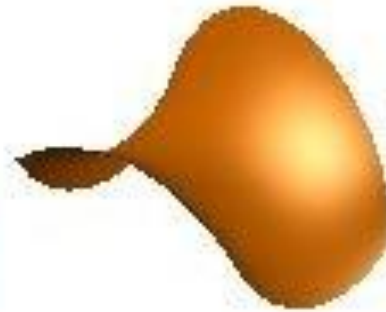
# Vrste 3D modela



**Žičani  
model**



**Solid  
(zapreminski)  
model**

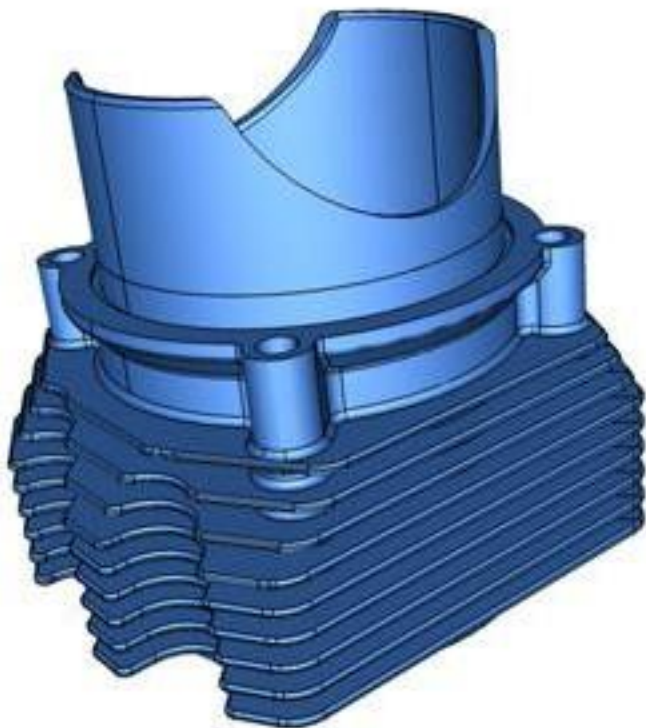


**Površinski  
model**

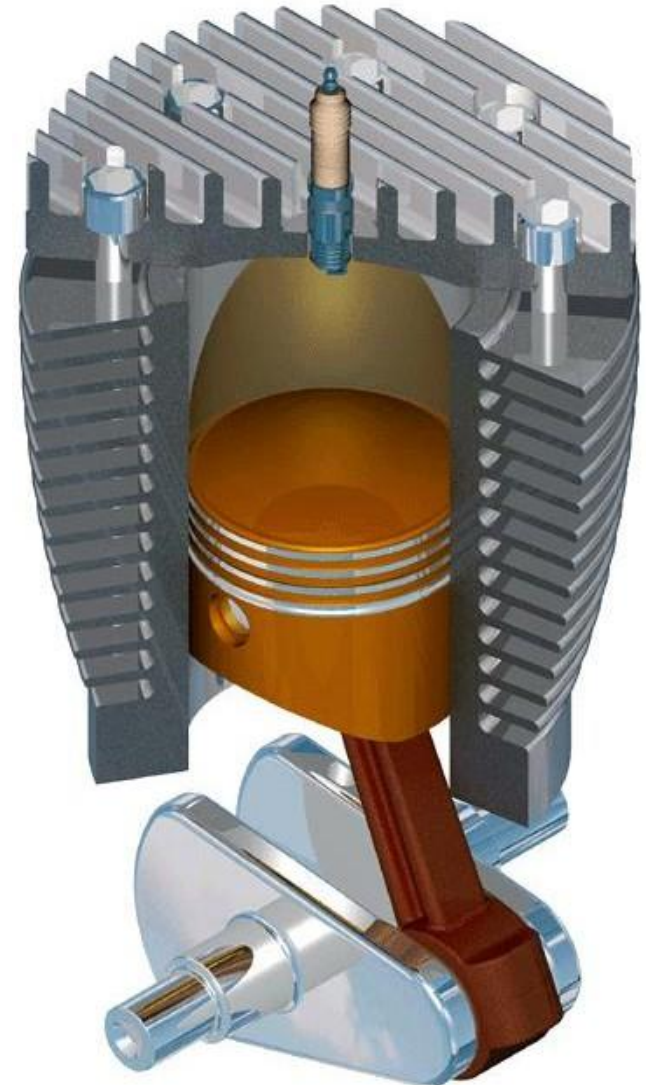
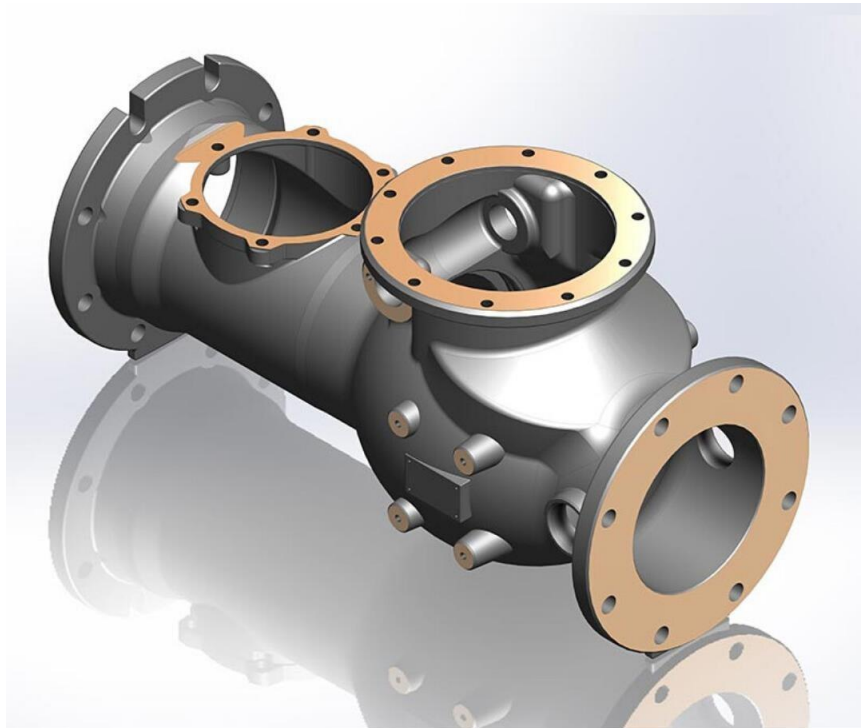


**Mrežni  
model**

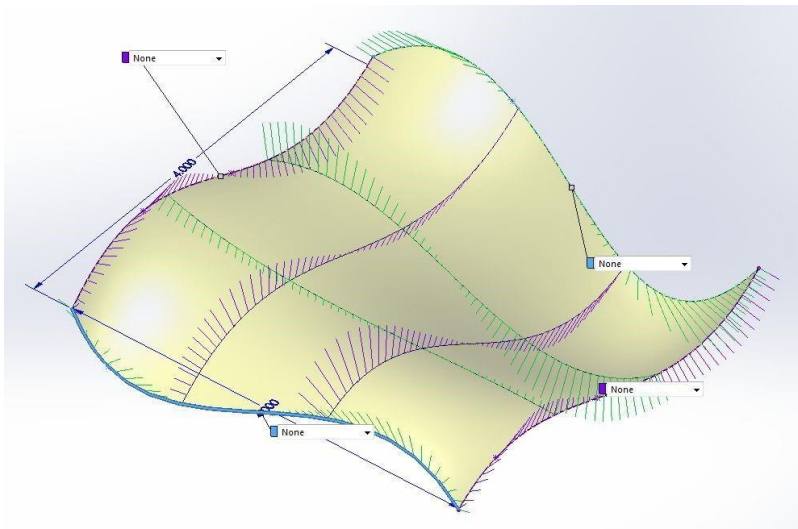
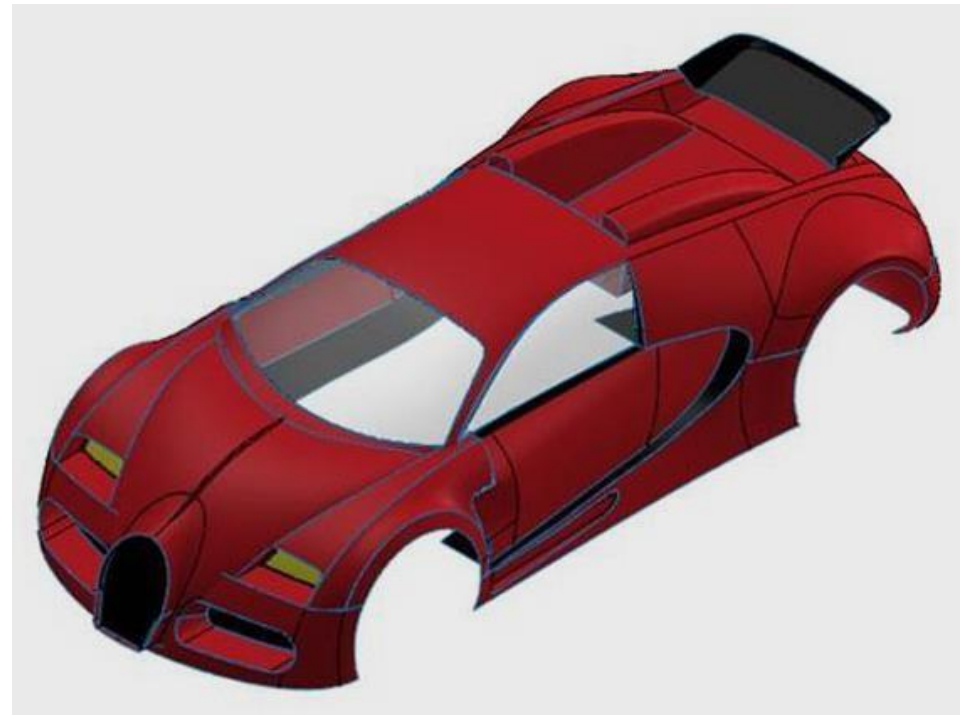
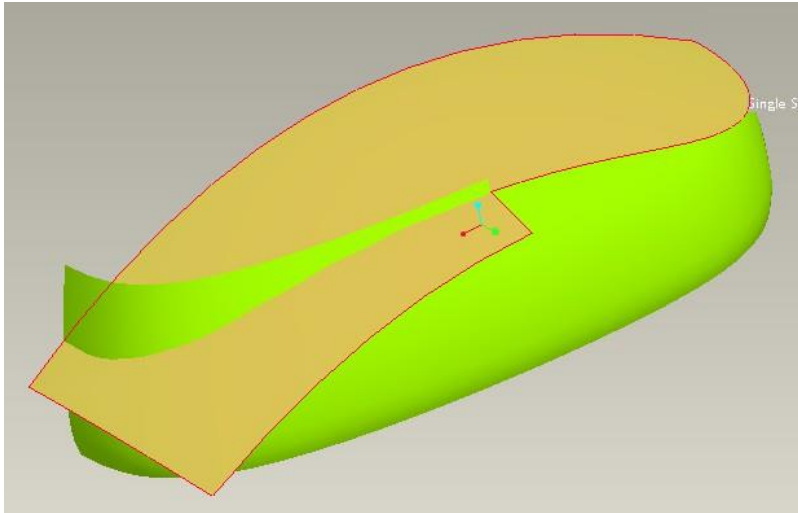
- **Modeliranje žičanog okvira** je korisno za početne iteracije dizajna i za prikaz referentne geometrije, a može se koristiti kao 3D okvir za naknadno modeliranje, modifikacije ili analize.



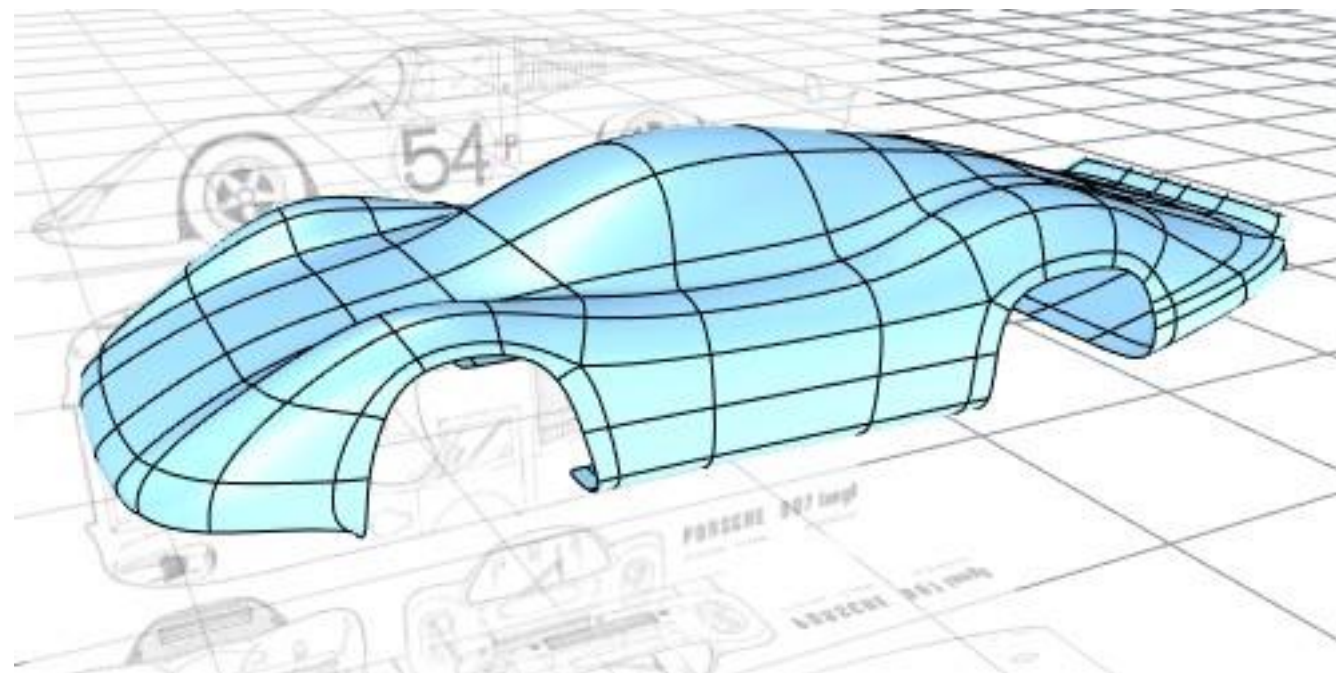
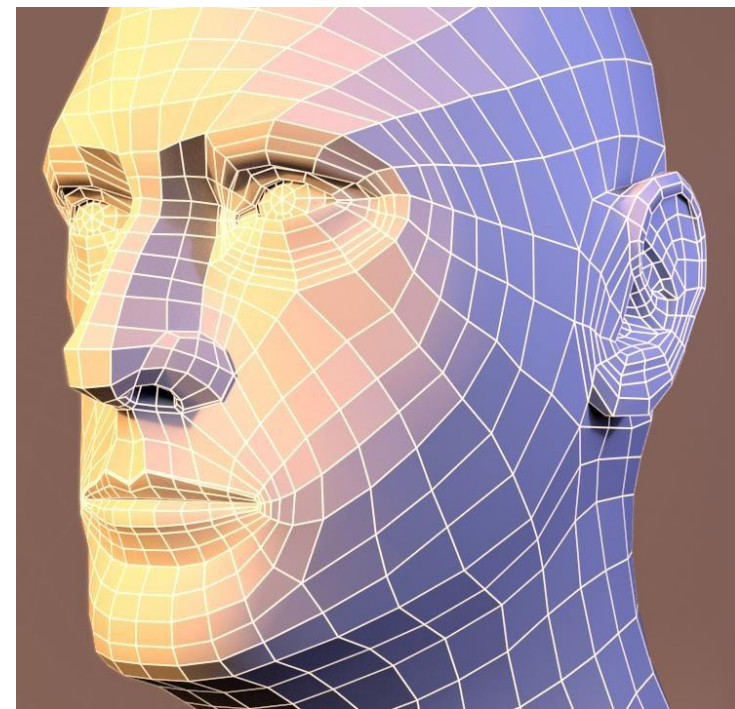
- ❑ **Solid modeliranje** je efikasno za upotrebu, jer se u ovoj vrsti 3D modela lako kombinuju primitivi i ekstrudirani profili, sadrži masena svojstva materijala, kao i mogućnost prikaza preseka.



- **Površinsko modeliranje** nudi finu kontrolu nad zakrivljenim površima, preciznu manipulaciju i analizu.



- **Mrežno modeliranje** pruža mogućnost modelovanja slobodnog (eng. free-form) oblika (digitalnog vajanja), naboranih i glatkih površi.



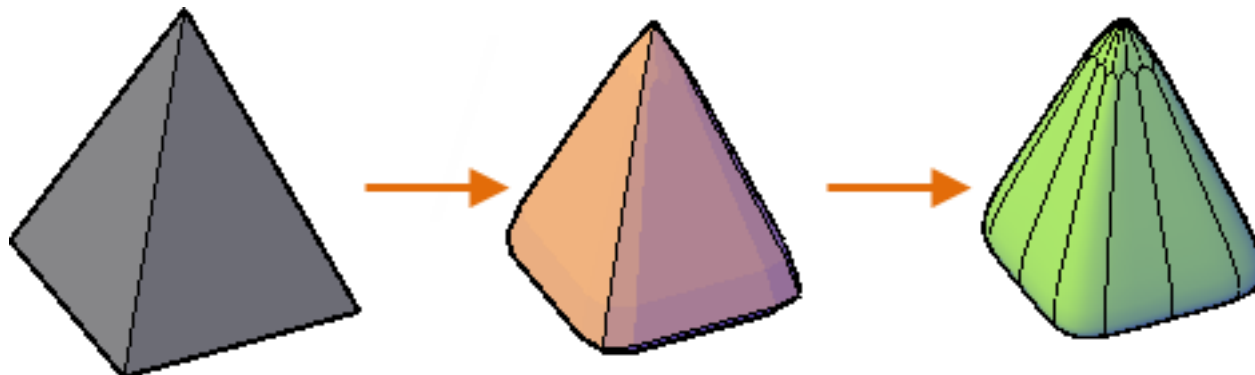
# Konverzije 3D modela

3D model može da sadrži kombinacije navedenih vrsta modela.

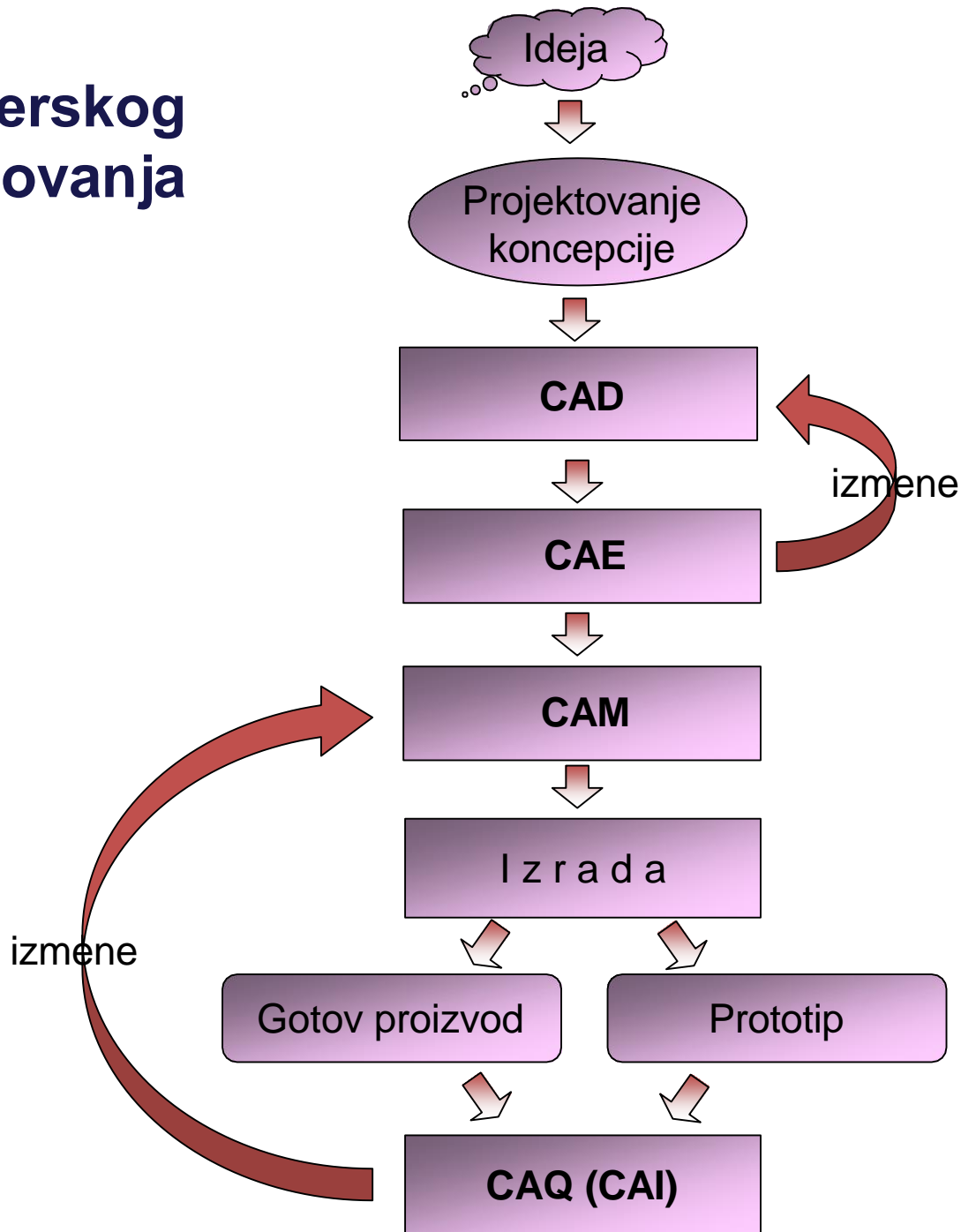
Moguće je konvertovati 3D model iz jedne u drugu vrstu.

Na primer, možete pretvoriti geometrijski primitiv (npr. 3D solid piramidu u 3D mrežnu, radi uglašavanja (omekšavanja) mreže.

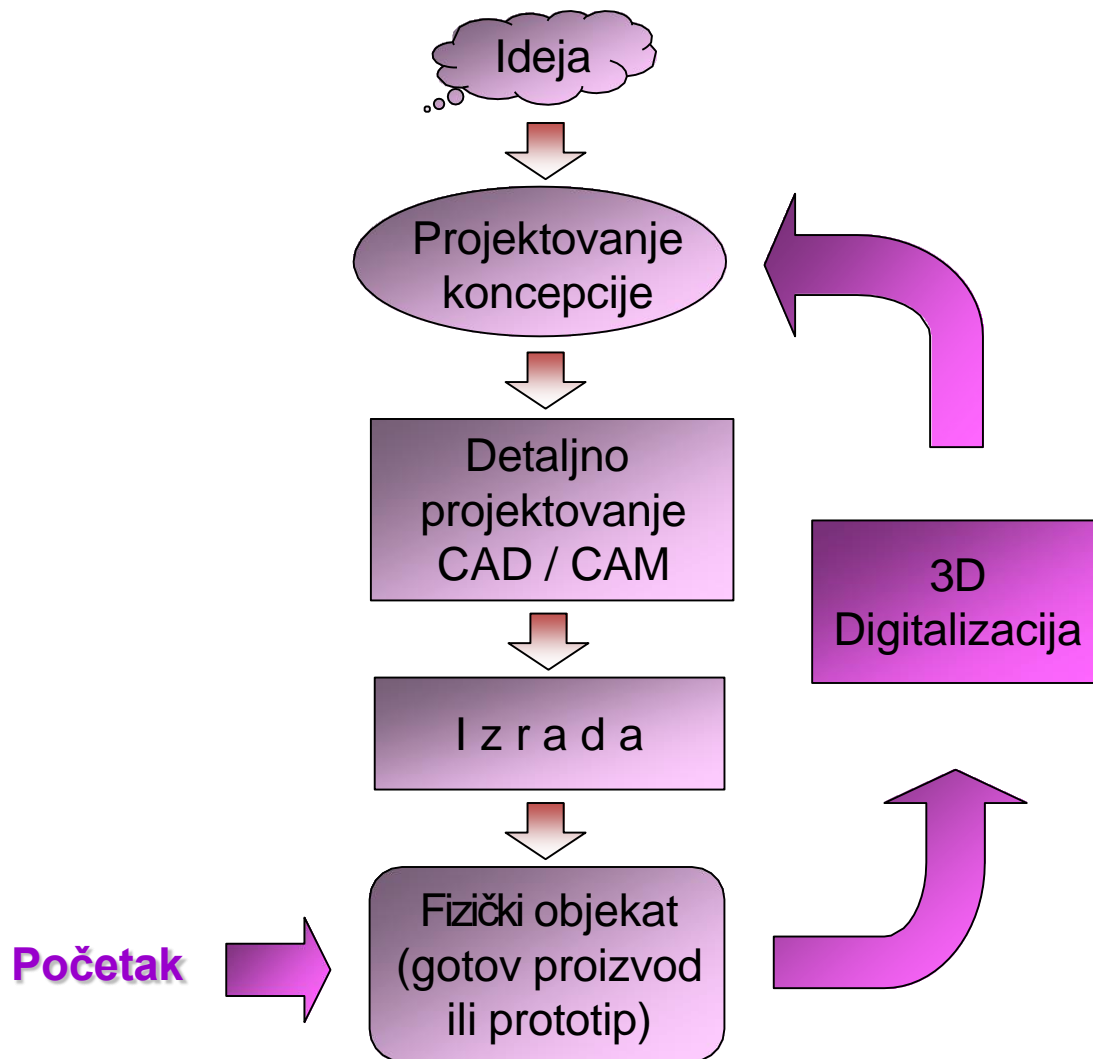
Zatim možete pretvoriti mrežnu u 3D površ ili nazad u 3D solid da biste iskoristili prednosti određenih karakteristika te vrste modela.



# Tok osnovnog inženjerskog modelovanja (modelovanja u napred)



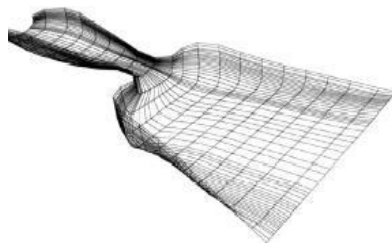
# Tok operacija kod reverzibilnog inženjerskog dizajna



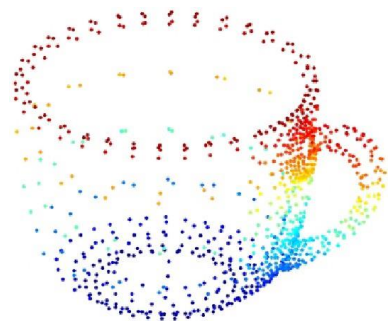
# Metodi rekonstrukcije površina

Razlikuju se dva osnovna metoda:

1) Aproksimacija na osnovu poprečnih-presečnih krivih

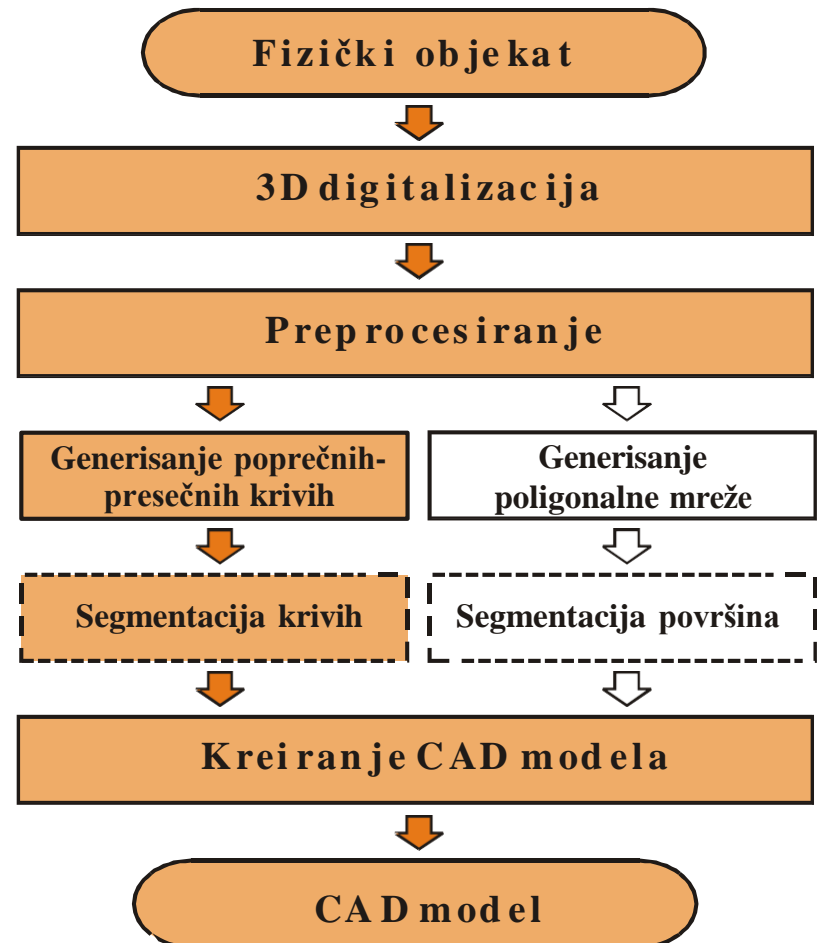


2) Poligonalna aproksimacija

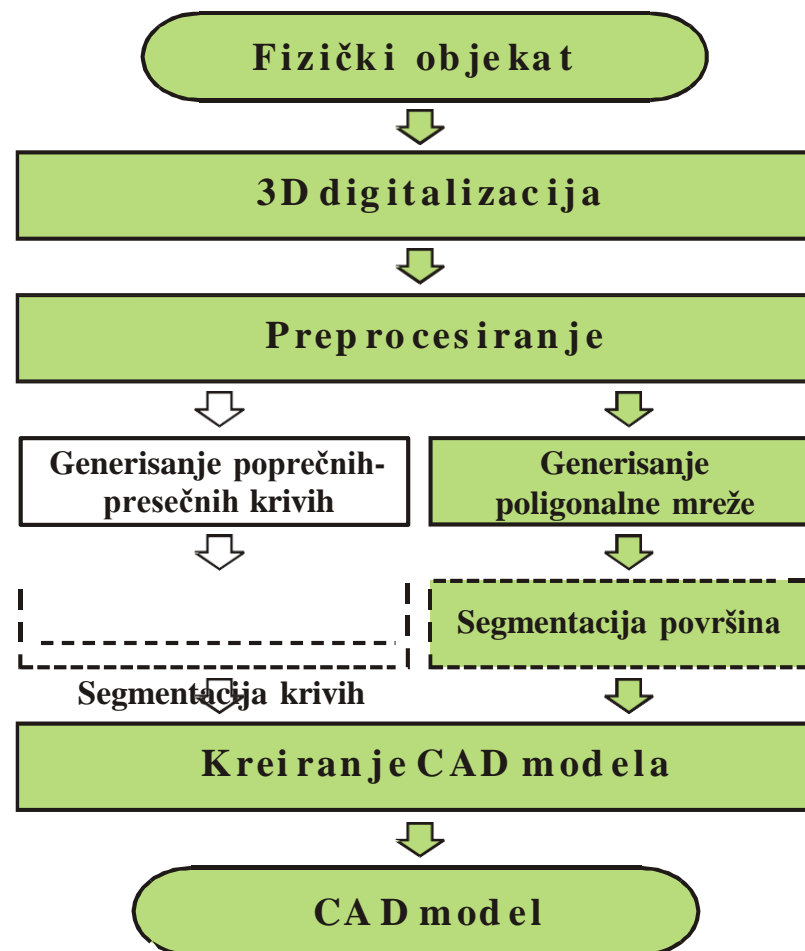


Metodologija poprečnih preseka (*cross-sectional*) je, do skora, bila dominantno zastupljena u industriji.

Zasnovana je na generisanju površinskog modela na bazi poprečnih-presečnih (konturnih) krivih.



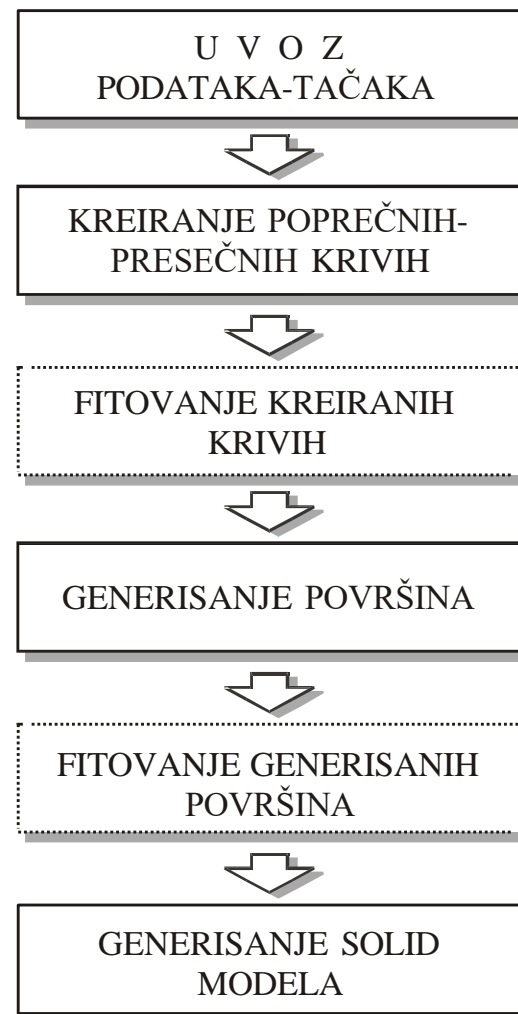
Kod poligonalnog pristupa, koji se danas sve više primenjuje u svim oblastima - od mašinstva preko računarskih animacija do bimoedicinskog inženjerstva - 3D površinski model se kreira konvertovanjem oblaka tačaka u poligonalnu mrežu iz koje se zatim generiše površinski model.



# Aproksimacije na osnovu krivih

## Generisanje poprečnih-presečnih krivih

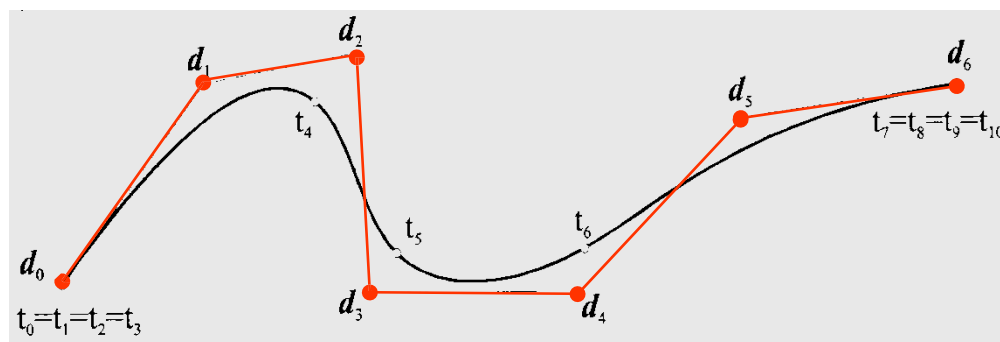
Nakon što su faze filtriranja i redukovanja podataka završene, u okviru četvrte faze se, od preprocesiranog skupa tačaka, vrši strukturiranje (grupisanje) podataka-tačaka po poprečnim-presečnim krivama, na osnovu kojih se u narednom koraku generišu površinski modeli.



# Aproksimacije na osnovu krivih

Najpoznatiji prilazi (matematičke procedure), koje se primenjuju u CAD sistemima kod modeliranja složenih površina su:

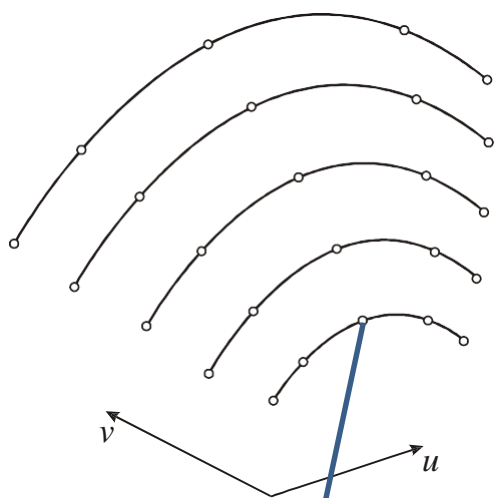
- **Kunsova metoda**
- **Bezierova metoda**
- **B-Spline forma**



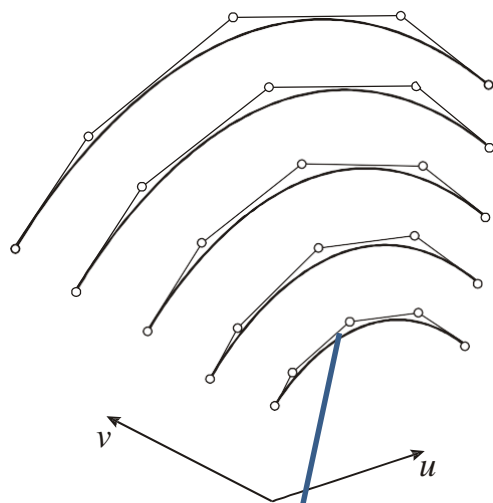
**Kubna B-Spline kriva**

# Aproksimacije na osnovu krivih

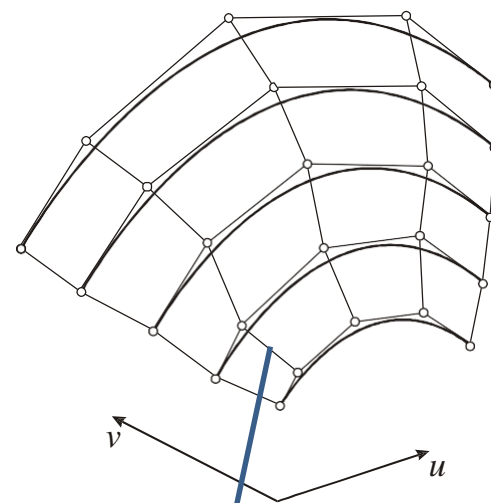
## Metodi upravljanja poprečnim-presečnim krivama



Kontrolne  
tačke (čvorovi)

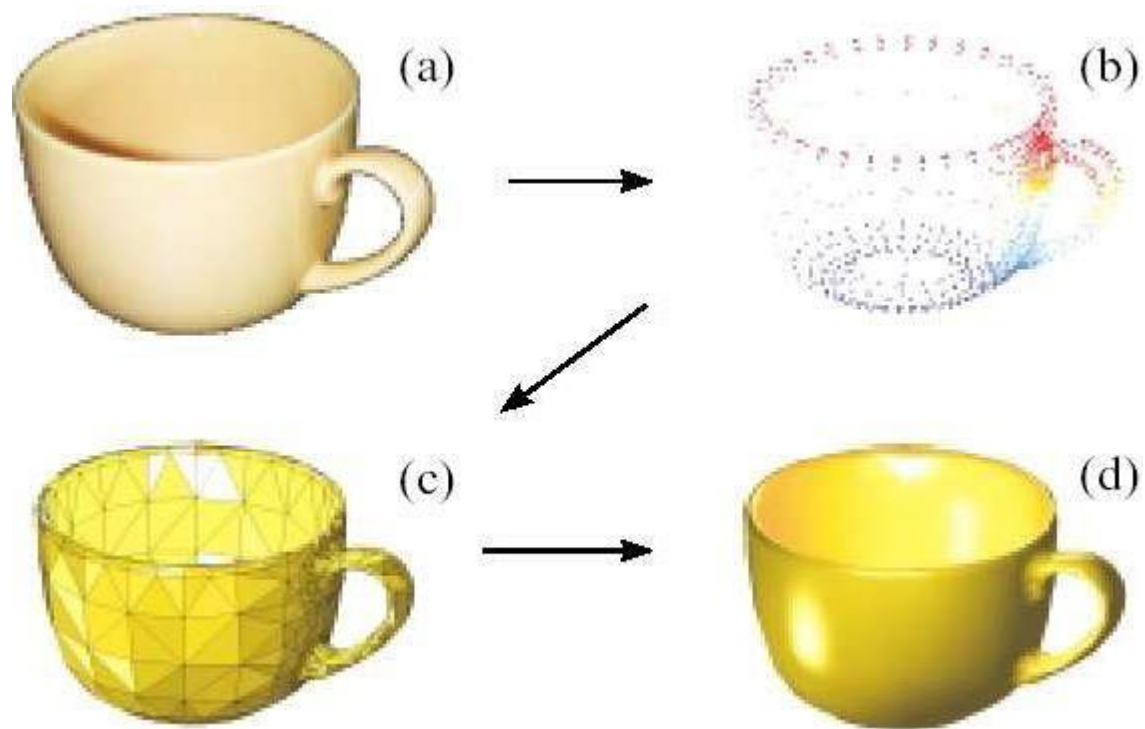


Kontrolni  
poligon



Kontrolni  
poliedar

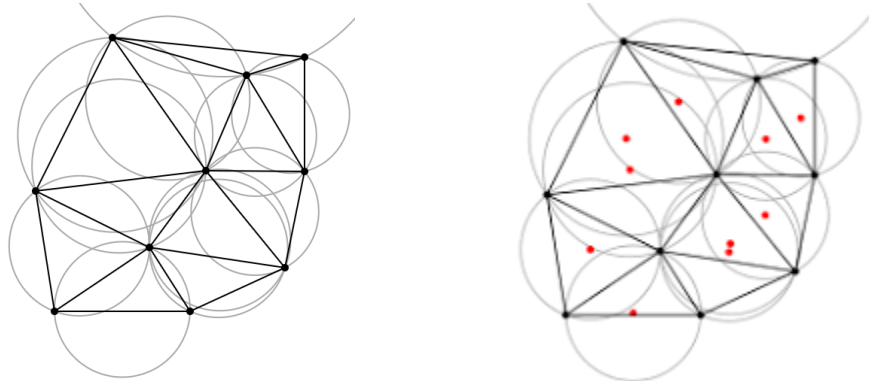
# Poligonalna aproksimacija



# Poligonalna aproksimacija

## Delaunijeva triangulacija

- Predstavlja ključni algoritam u procesu poligonizacije oblaka tačaka, kojim se skup nepovezanih 3D tačaka transformiše u kontinuiranu mrežnu površinu (mesh) sastavljenu od trouglova.



- To je matematički metod povezivanja tačaka u mrežu trouglova tako da nijedna tačka iz skupa ne upada unutar opisanog kruga bilo kog trougla u mreži. Ovaj uslov osigurava da trouglovi budu što je moguće "pravilniji" (izbegavaju se dugački i veoma uski trouglovi), što je od presudnog značaja za stabilnost digitalnih modela.

# Delaunijeva triangulacija

## Uloga u poligonizaciji oblaka tačaka

- Kada 3D skener generiše oblak tačaka (point cloud), te tačke nemaju međusobnu topološku vezu. Delaunijeva triangulacija se koristi da:
- **Definiše površinu:** Povezuje tačke kako bi se dobio "omotač" objekta.
- **Interpolira podatke:** Omogućava precizno izračunavanje visina ili dubina između samih tačaka.
- **Optimizuje renderovanje:** Grafičke kartice (GPU) su dizajnirane da najbrže obrađuju upravo trouglove.

# Delaunijeva triangulacija

## Prednosti i ograničenja

- Prednosti:

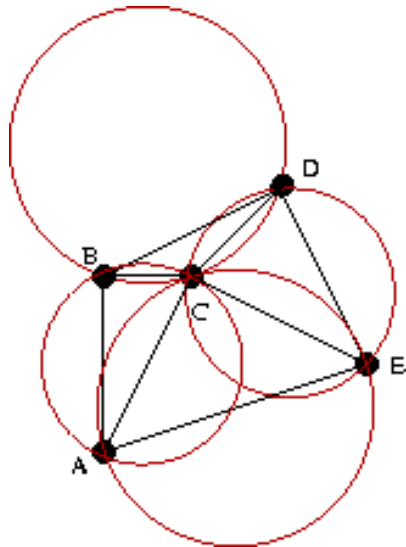
Rezultat je uvek jedinstven za dati skup tačaka i maksimizuje minimalne uglove trouglova, što sprečava vizuelne anomalije.

- Ograničenja:

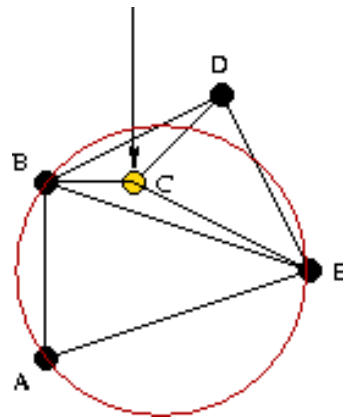
Algoritam sam po sebi ne zna da "zatvori" rupe ili da ignoriše šum (noise) u podacima, pa se često kombinuje sa metodama poput Poisson-ove rekonstrukcije za čistije rezultate.

# Poligonalna aproksimacija

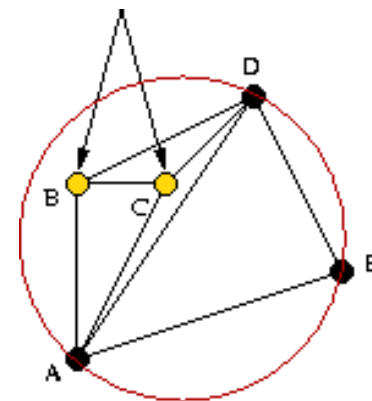
## Delunijeva triangulacija



Delunijeva  
triangulacija

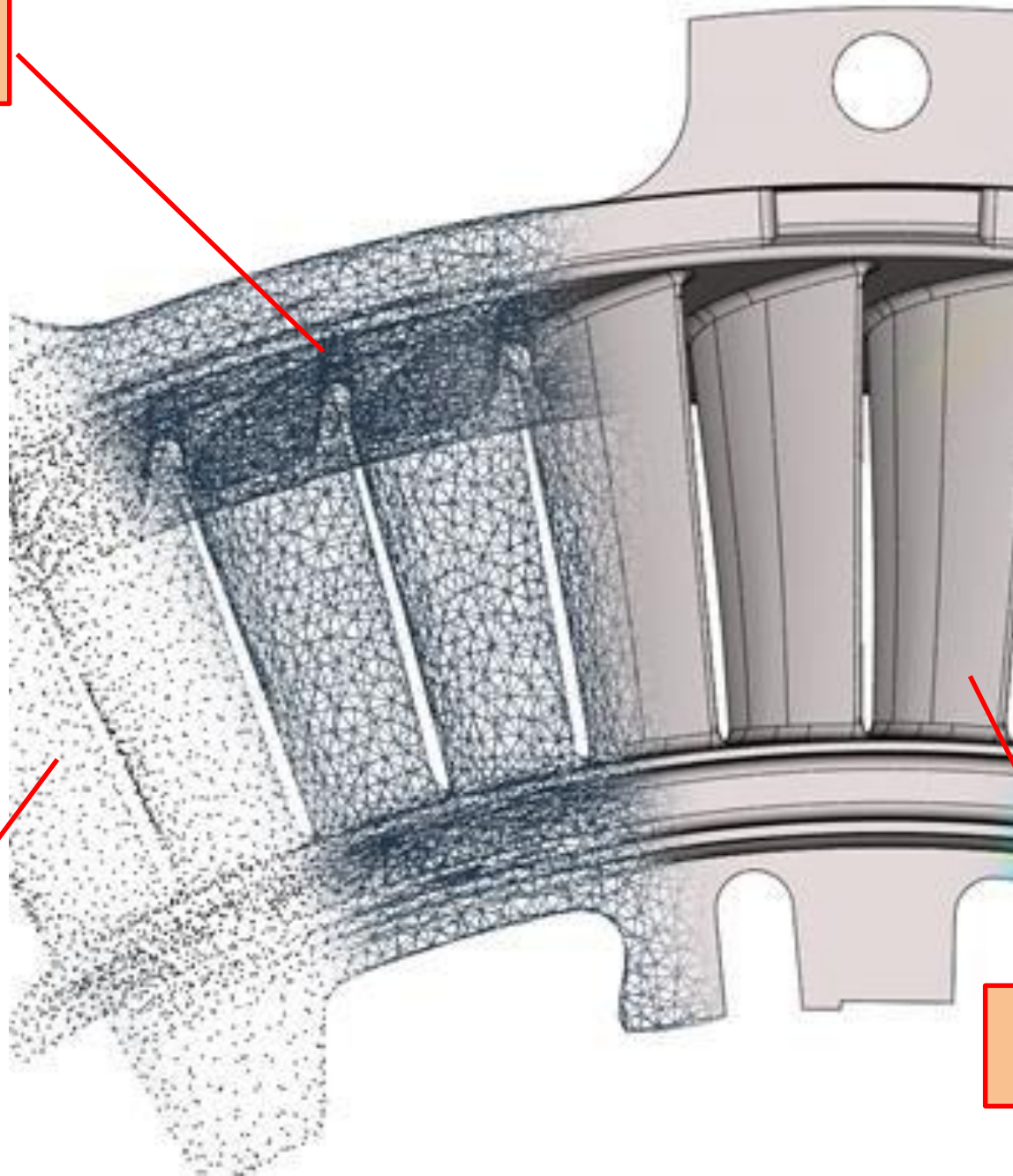


Nije delunijeva  
triangulacija



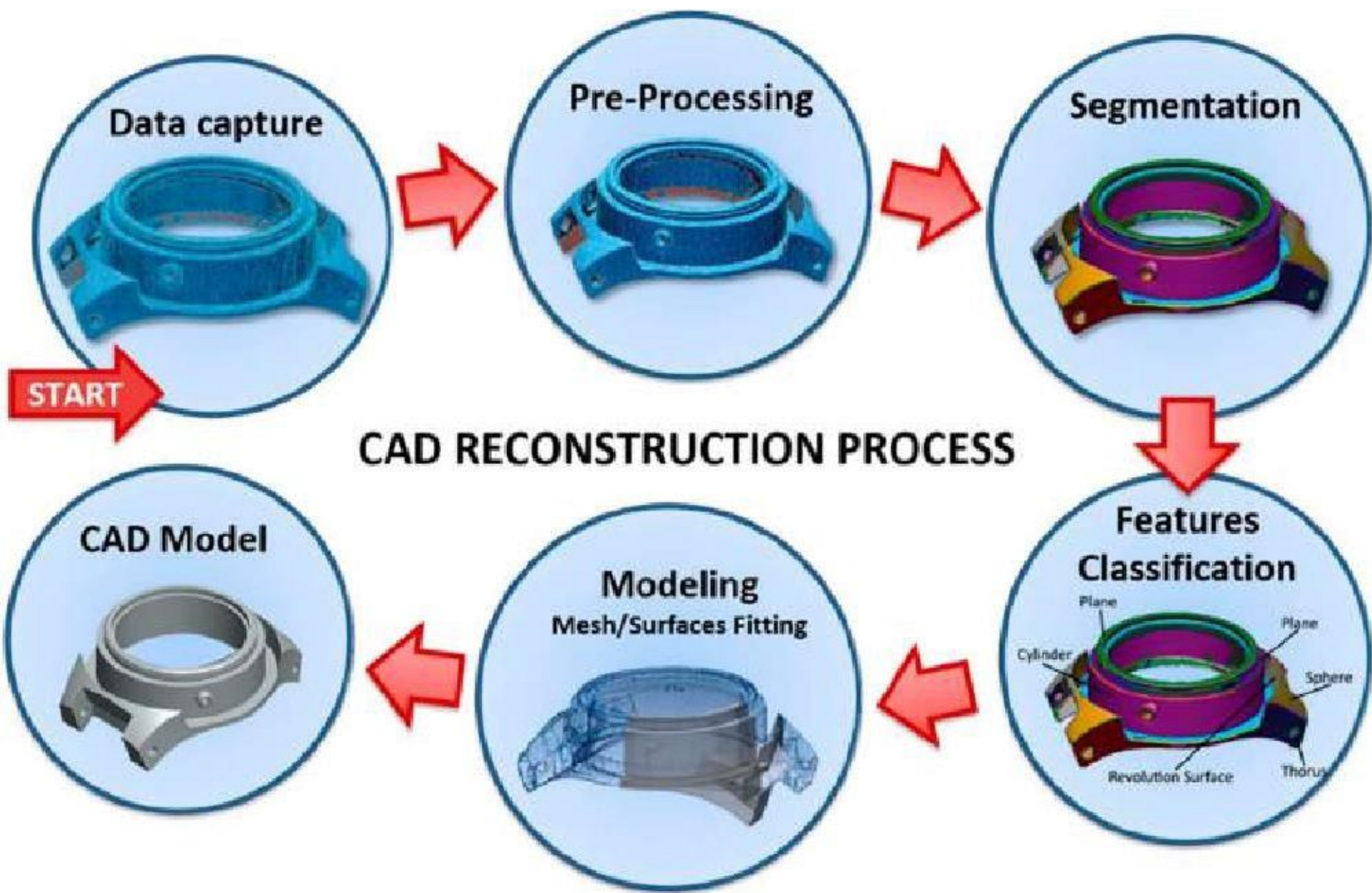
Nije delunijeva  
triangulacija

Poligonalni  
model



Oblak tačkaka

Površinski  
model



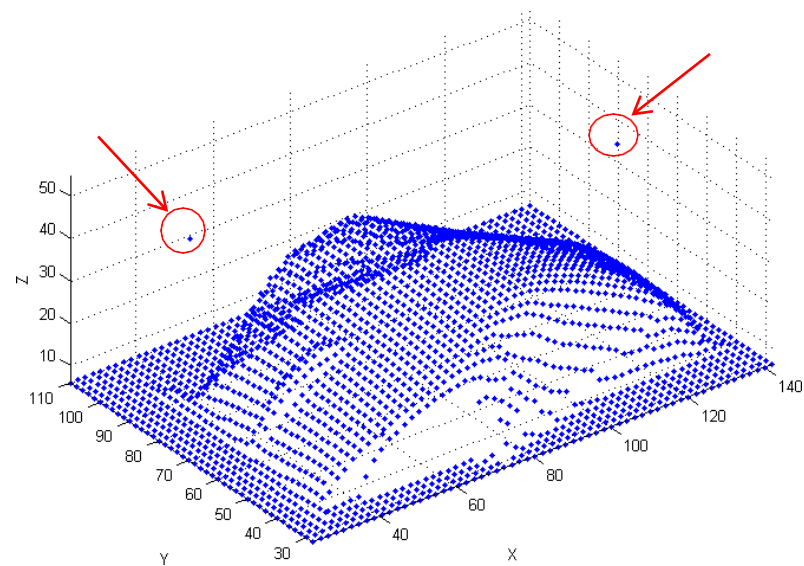
# Case study 1: Kreiranje fizičkog modela kompjuterskog miša



## Case study 1: 3D digitalizacija kompjuterskog miša



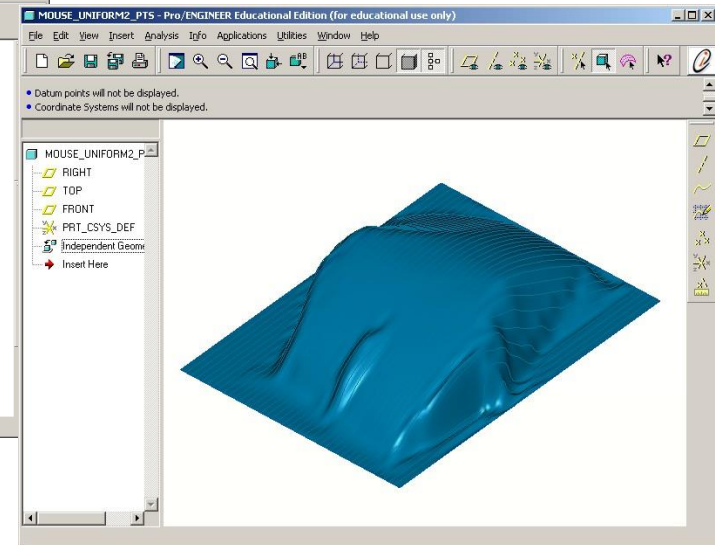
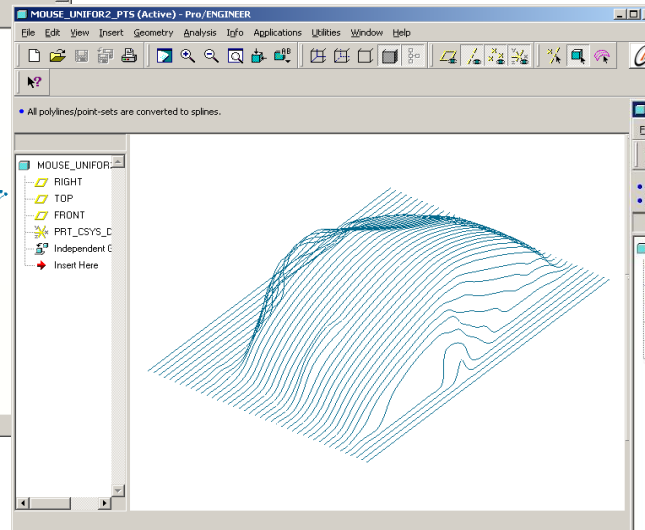
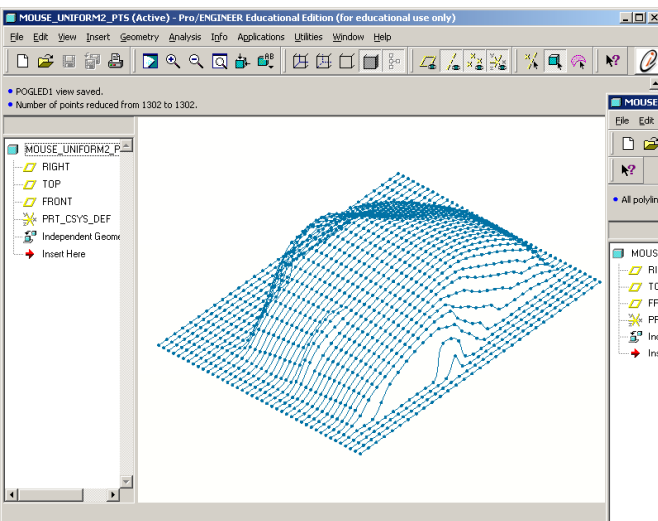
3D digitalizacija na “Renishaw Cyclon”



Rezultat 3D digitalizacije

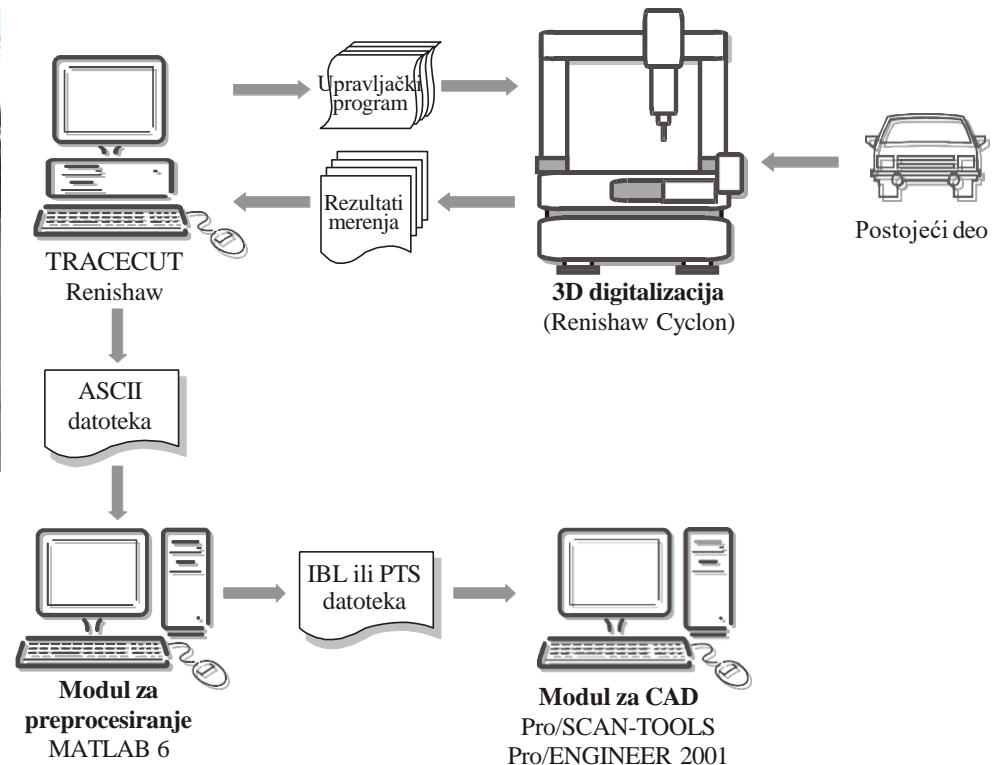
# Case study 1: Generisanje CAD modela kompjuterskog miša

Preprocesirani podaci se, u vidu izlaznih datoteka u *PTS* ili *IBL* formatu, uvoze u Pro/SCAN-TOOLS u vidu oblaka tačaka, po potrebi se prilagođavaju, a zatim se kroz njih generišu poprečne-presečne krive. Nakon, eventualnog fitovanja kreiranih krivih, kroz iste se generiše površinski model, koji se zatim konvertuje u solid model.

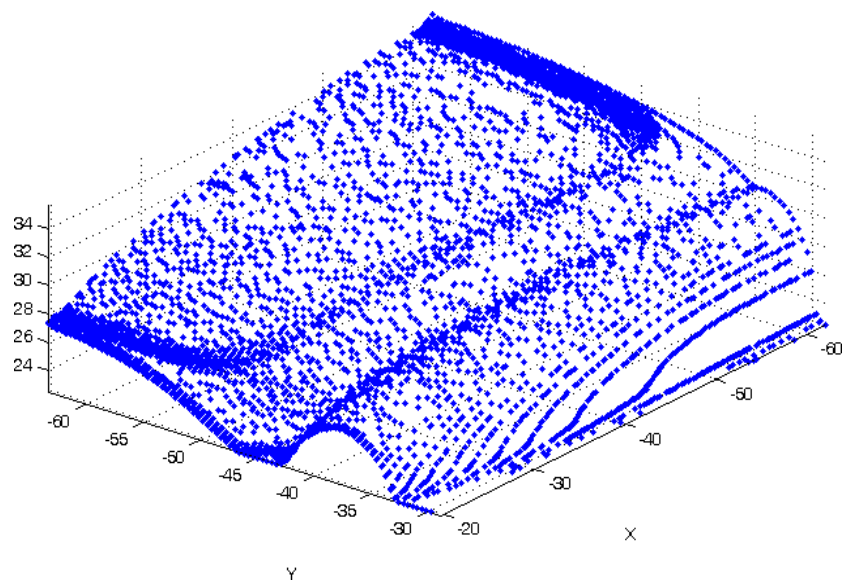


## Case study 2: Reverzibilno inženjersko projektovanje postojećeg proizvoda

RE modeliranje *haube*, odnosno polovina haube automobila *Karmann-Ghia* proizvođača *Volkswagen*, modela iz '60-tih godina:



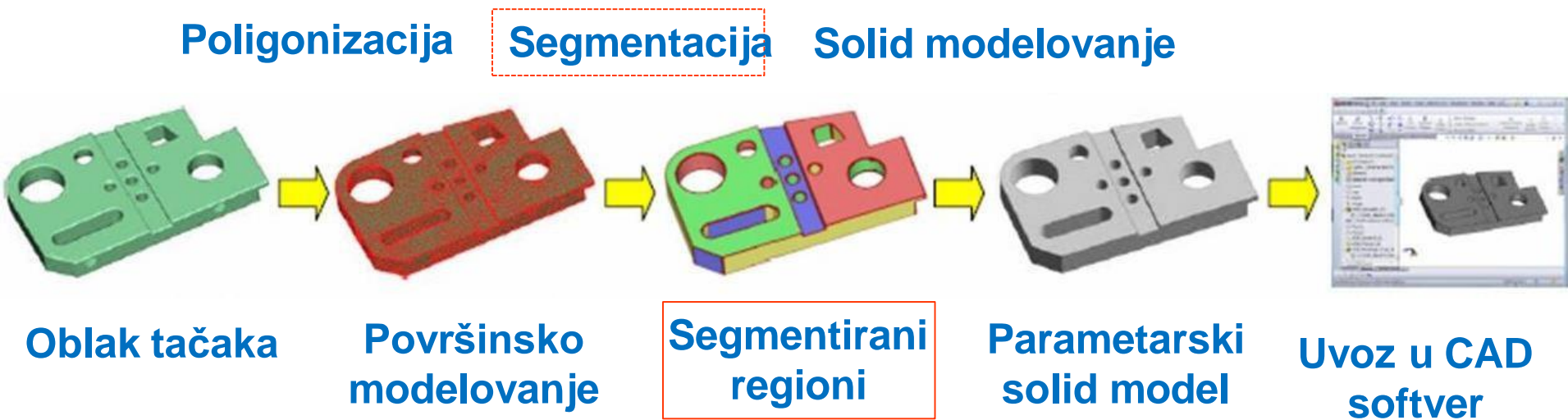
## Oblak tačkaka



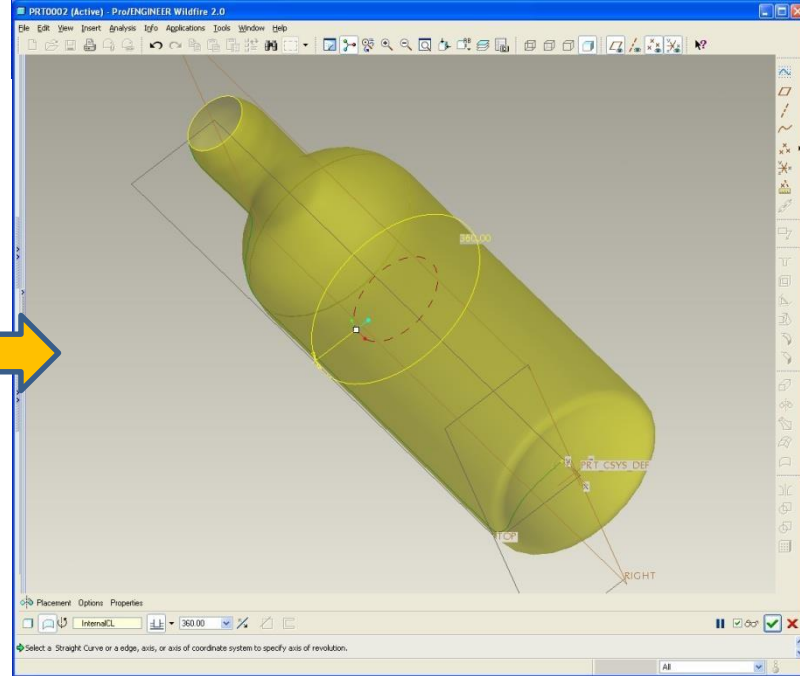
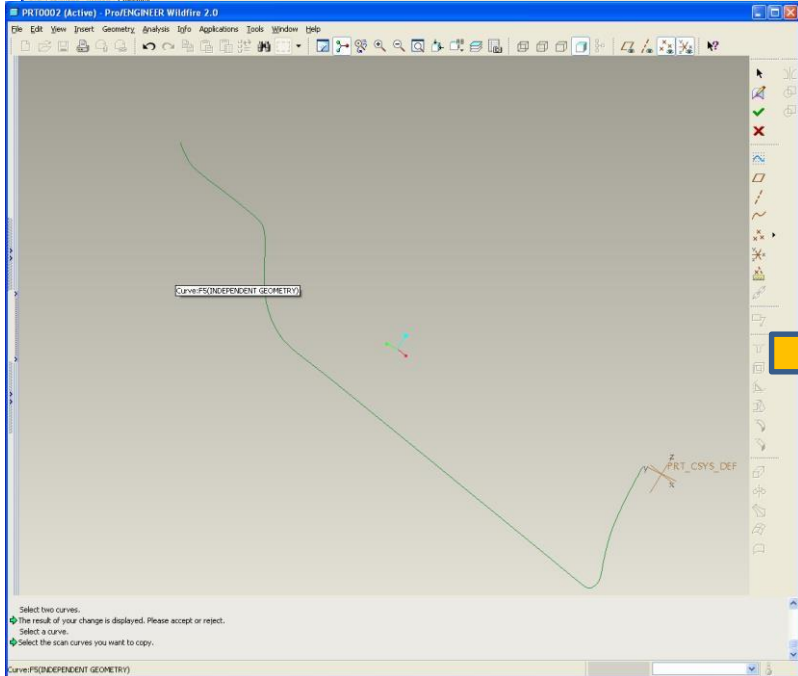
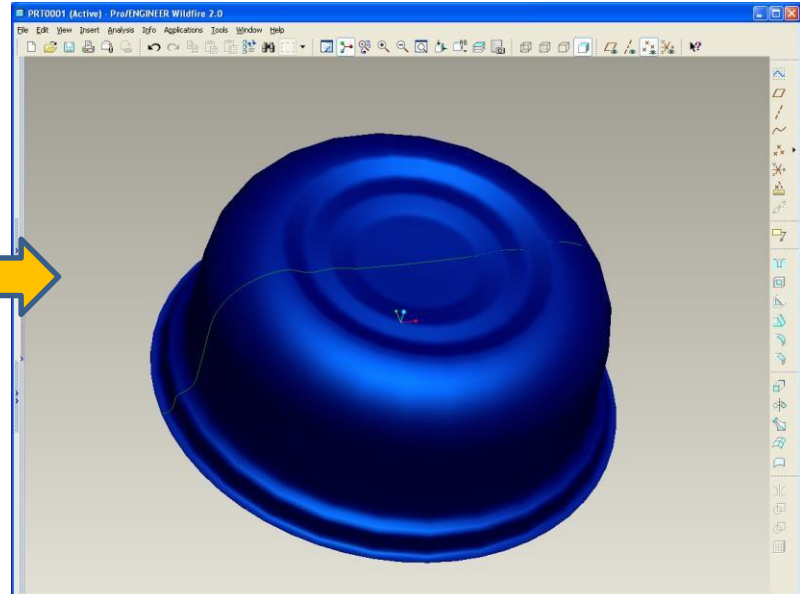
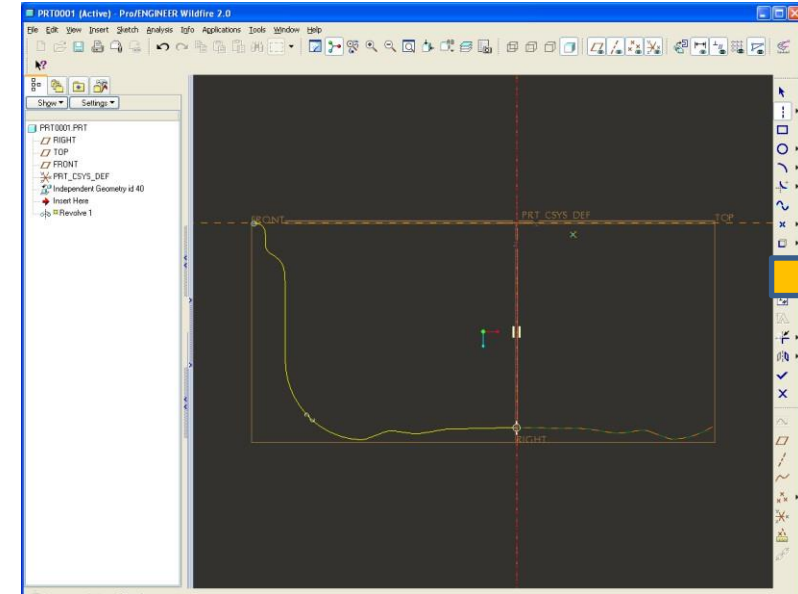
## Generisanje krivih i rekonstrukcija površina



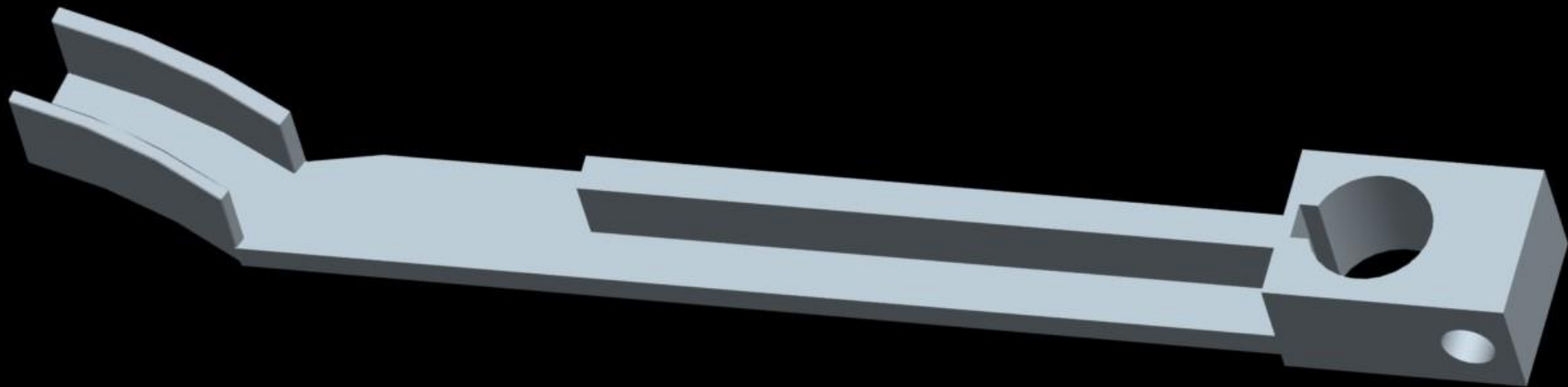
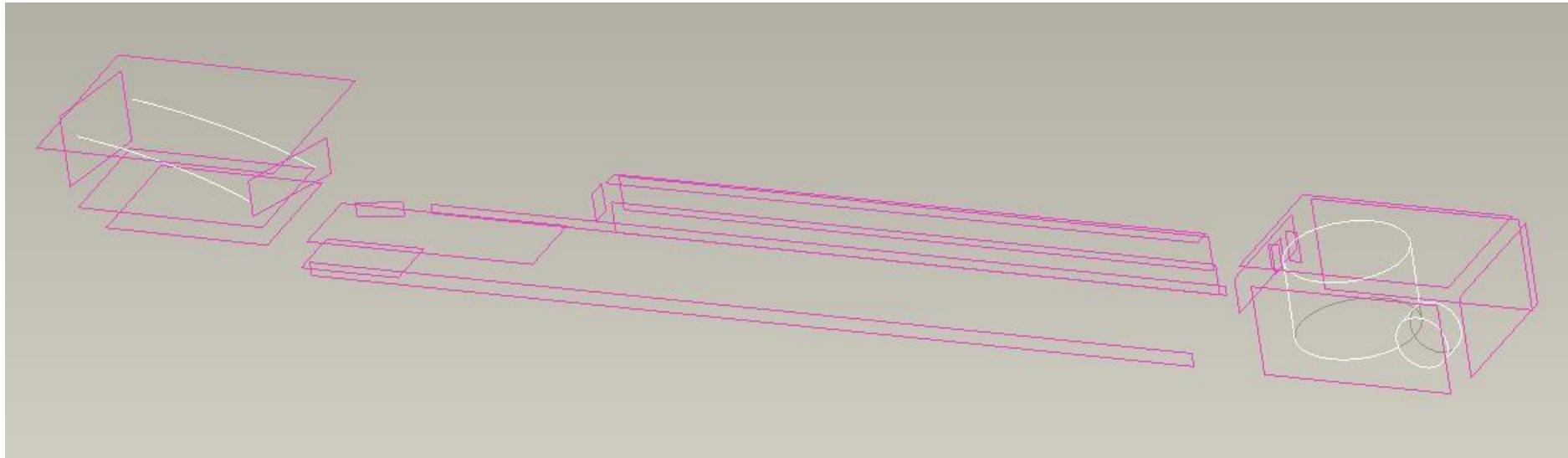
# REVERZIBILNI INŽENJERSKI DIZAJN ZASNOVAN NA OBELEŽJIMA

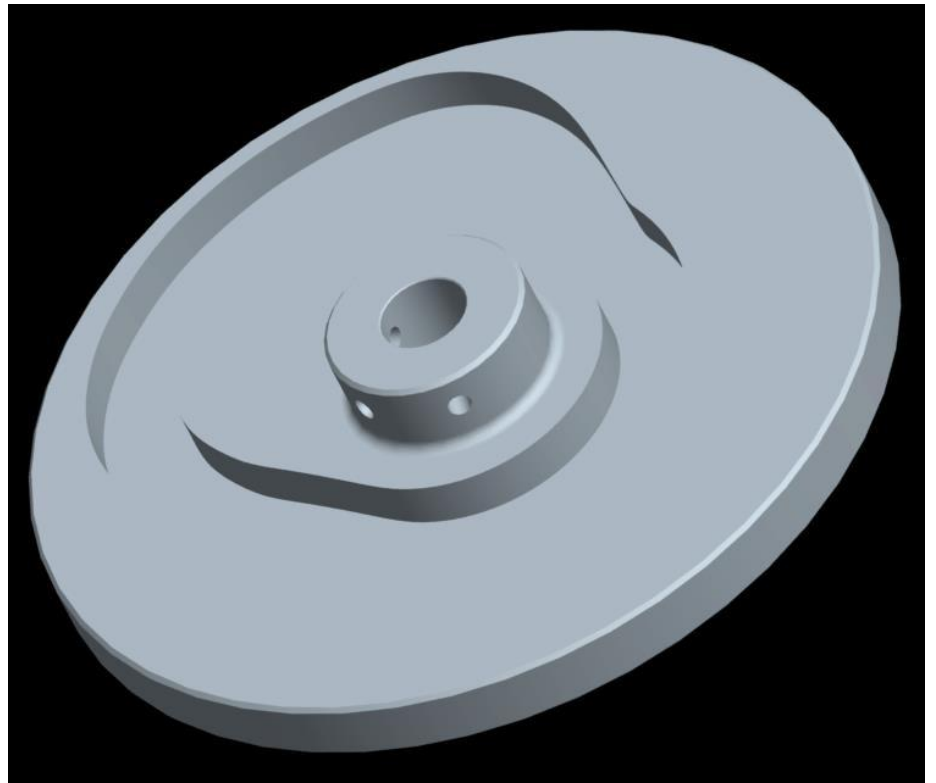
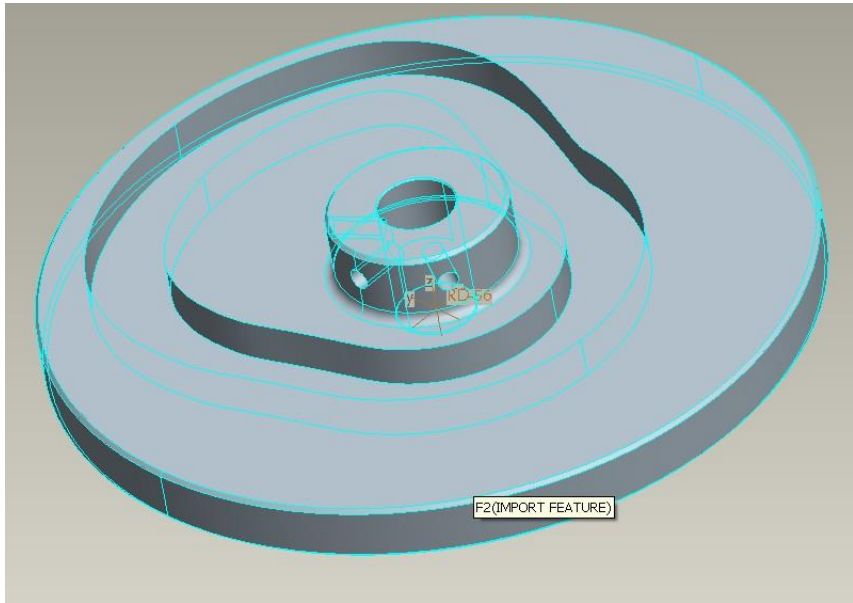


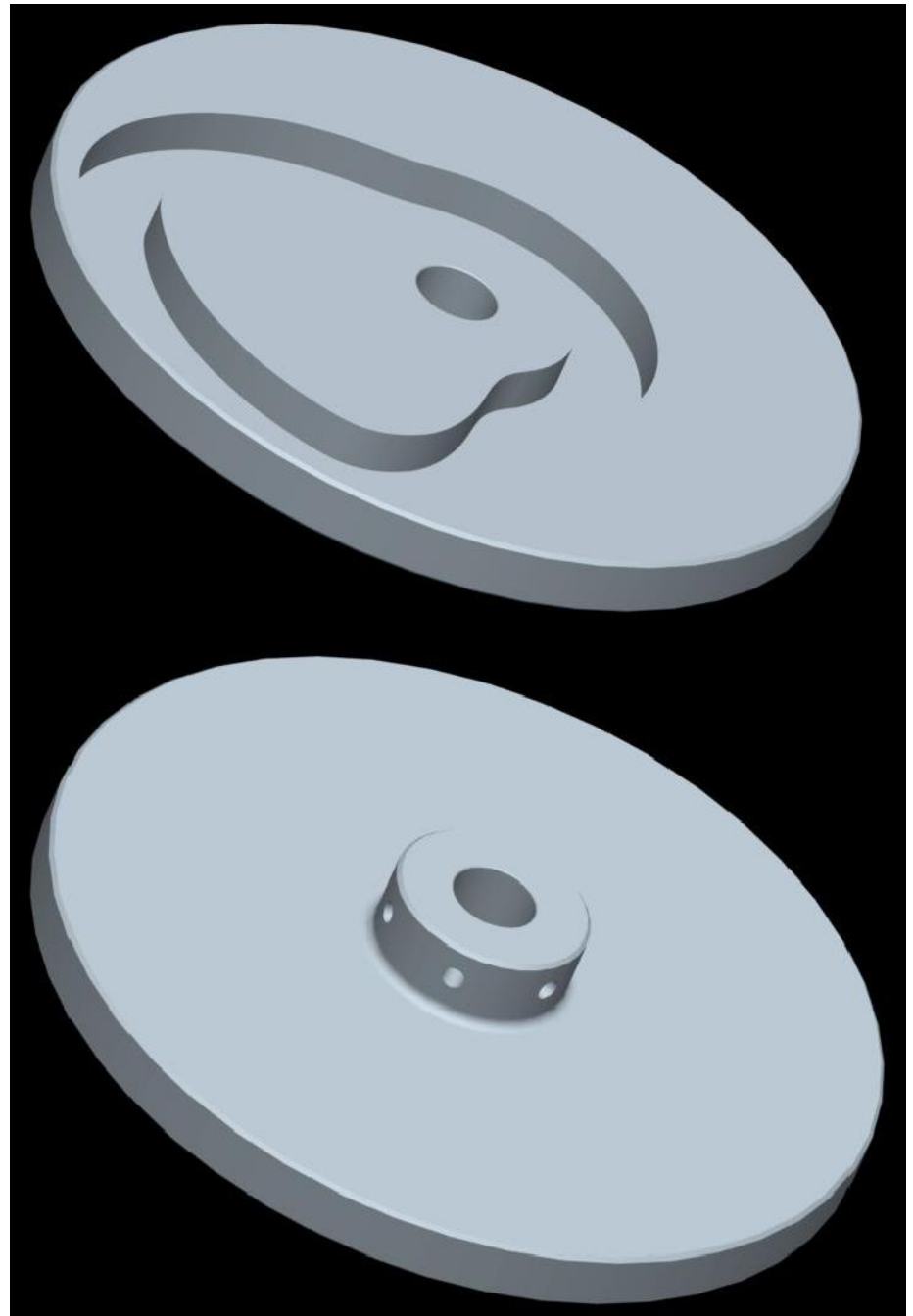
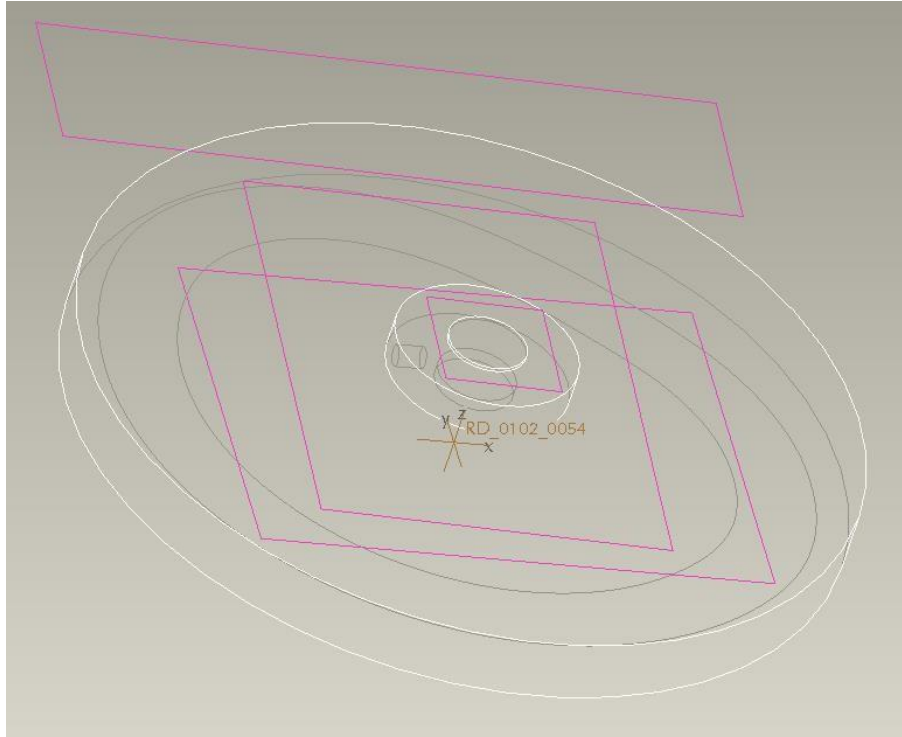
# Generisanje površina u slučaju rotacionih objekata

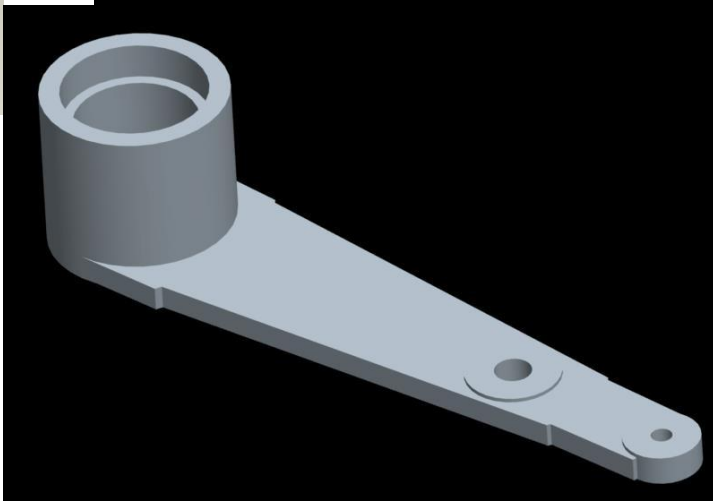
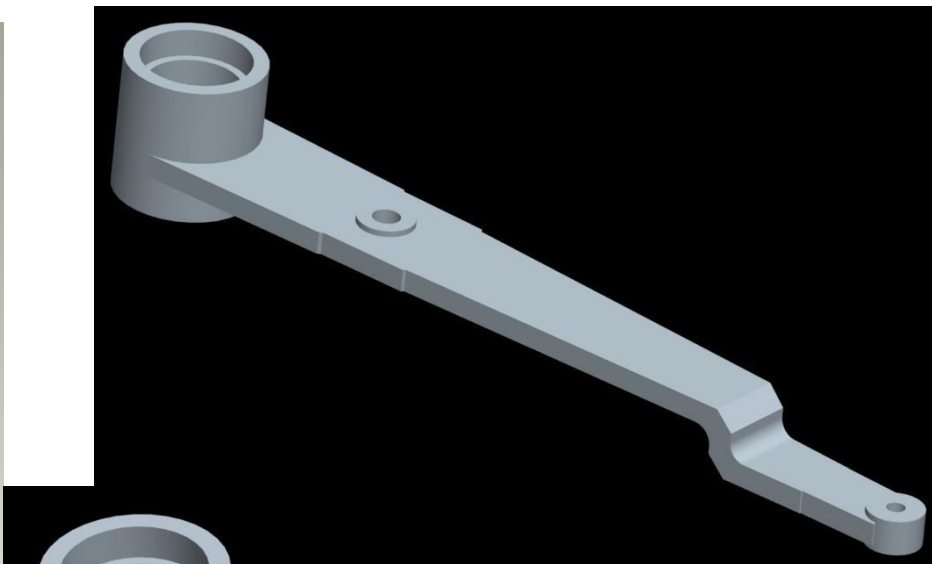
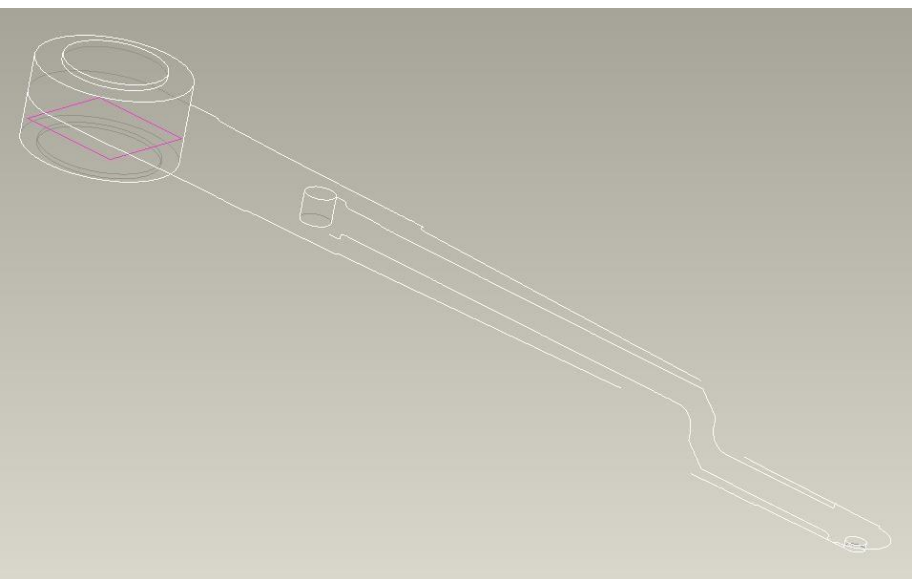
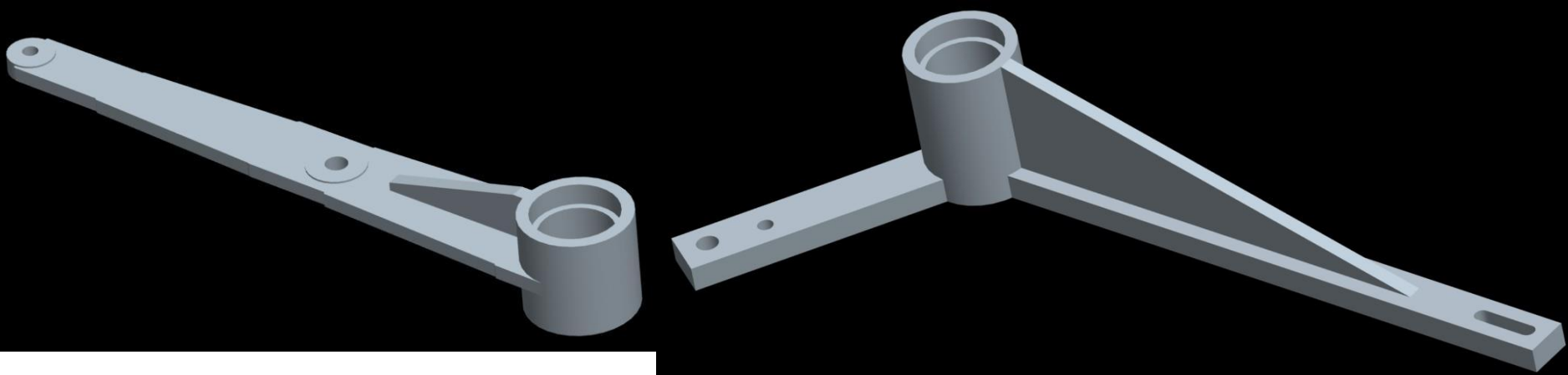


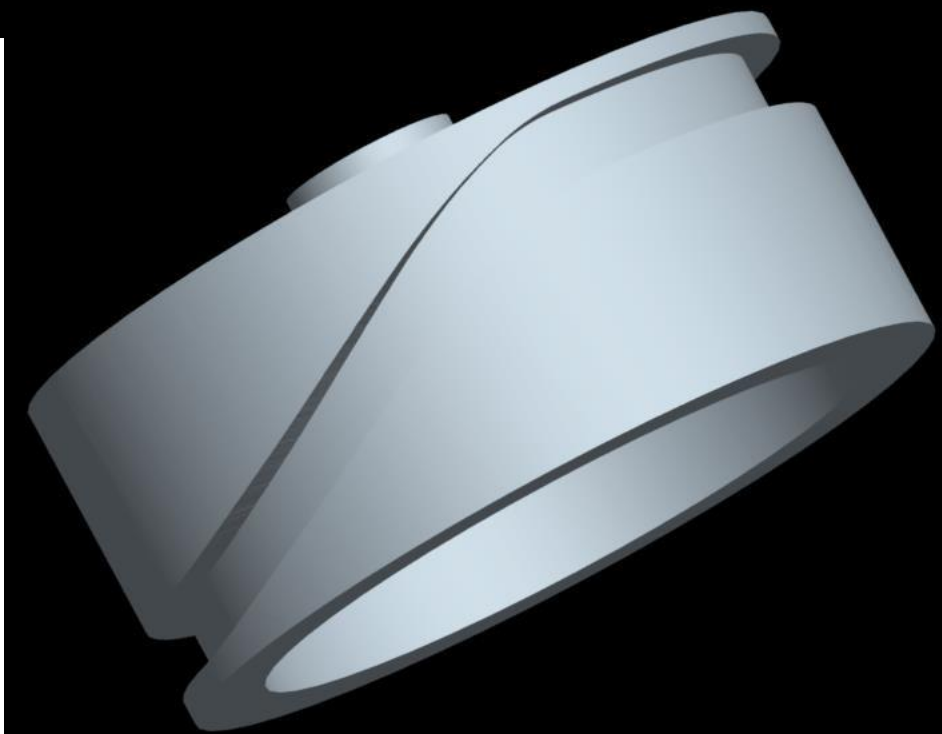
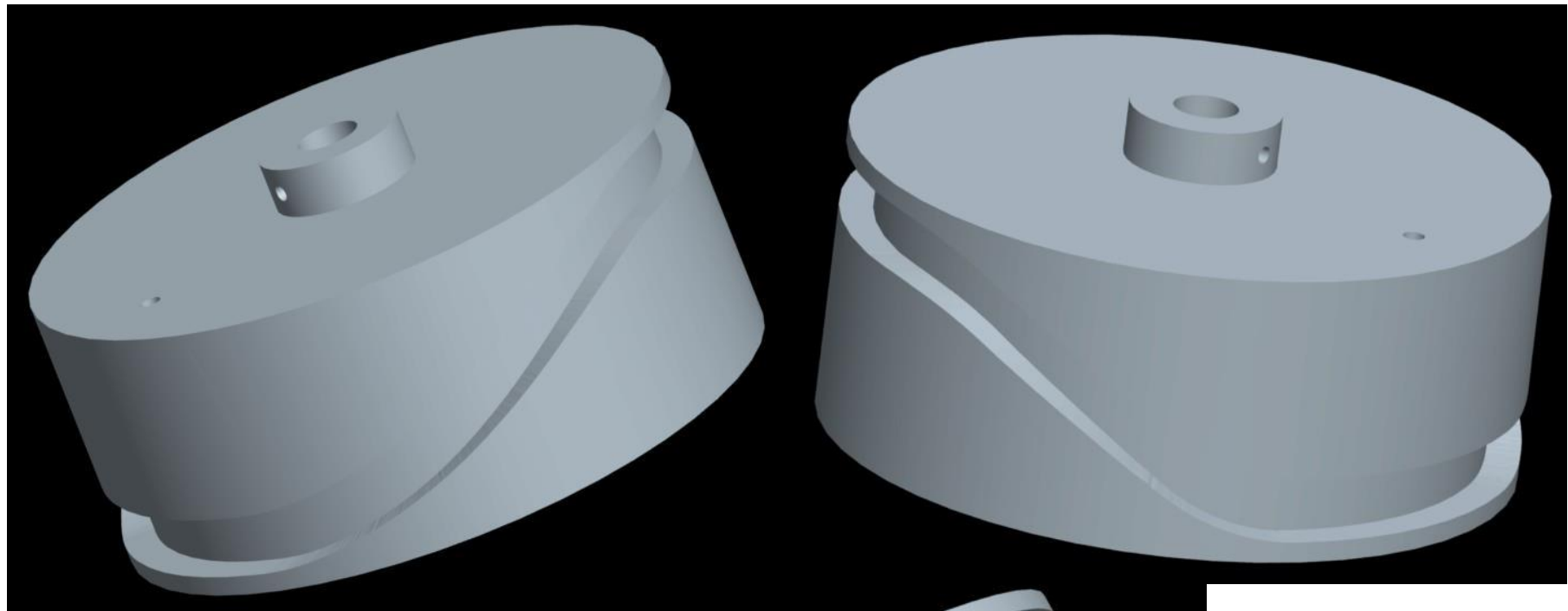
# Primeri RE modeliranja zasnovanog na obeležjima











**HVALA NA PAŽNJI!**