

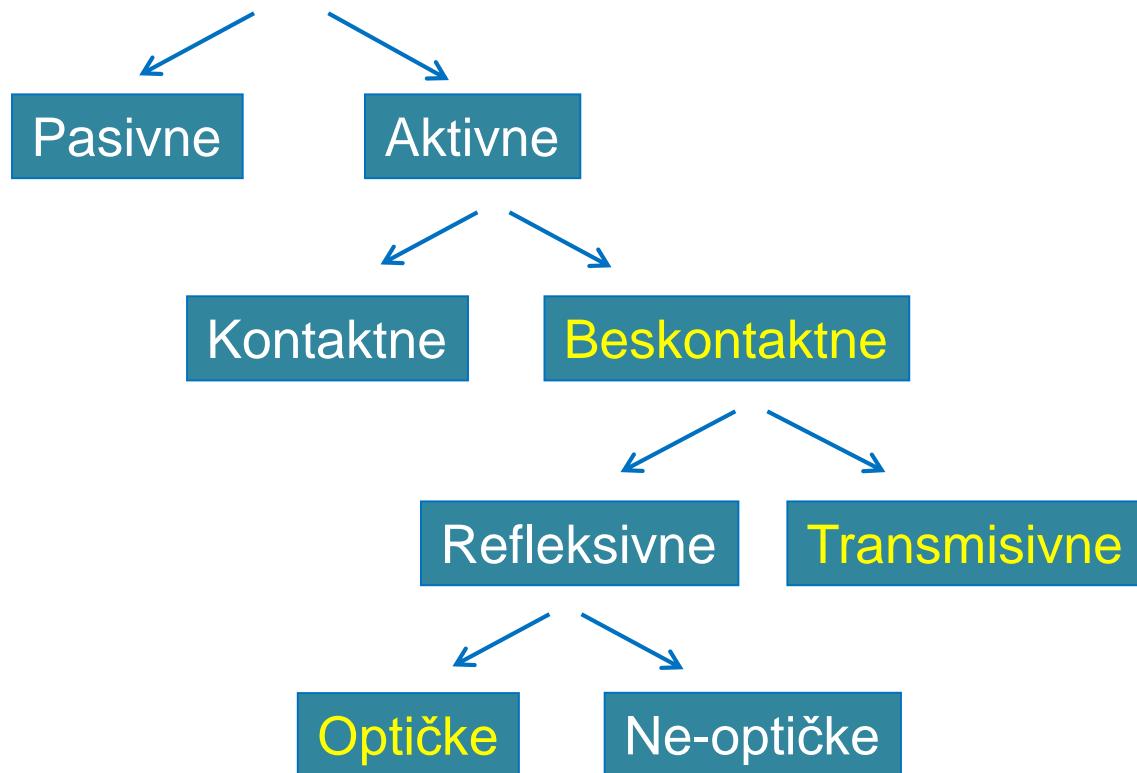
Univerzitet u Novom Sadu  
Fakultet tehničkih nauka  
MAS Industrijsko inženjerstvo  
Predmet: Reverzibilni inženjerski dizajn i 3D štampa

# **TRANSMISIVNE METODE 3D DIGITALIZACIJE KOMPJUTERIZOVANA TOMOGRAFIJA**

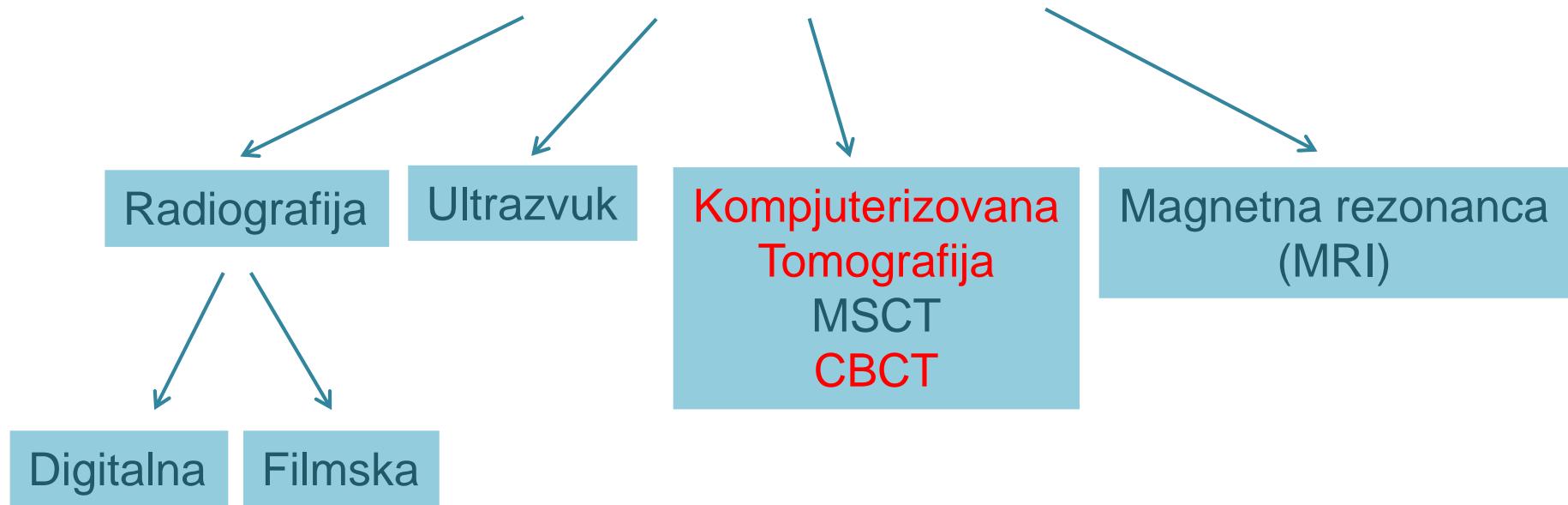
*Predavanje 7*

Prof. dr Igor Budak

## Metode 3D digitalizacije

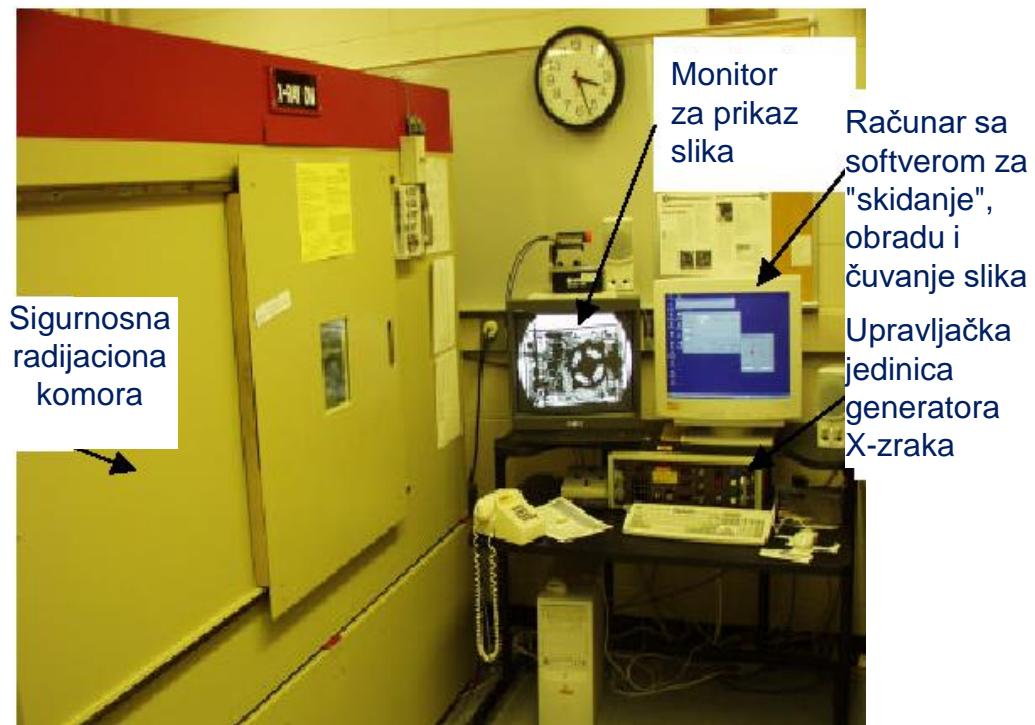
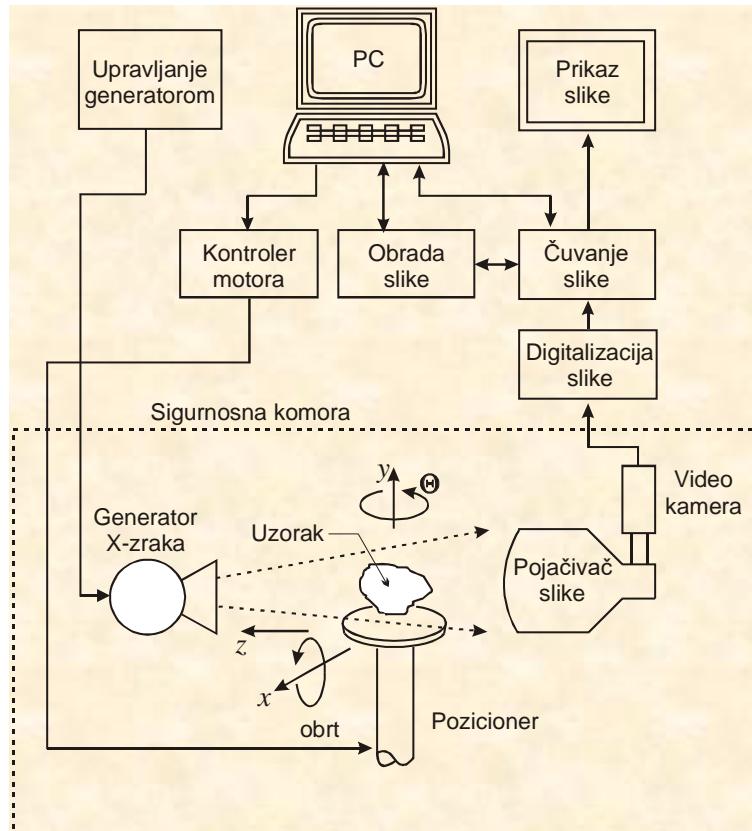


## Transmisivne metode za 3D digitalizaciju



**Transmisivne metode** detektuju slabljenje signala (najčešće energetski) nakon prolaska kroz mereni objekat, odnosno mere količinu energije koju objekat nije apsorbovao.

# Digitalna radiografija (radiografija u realnom vremenu)



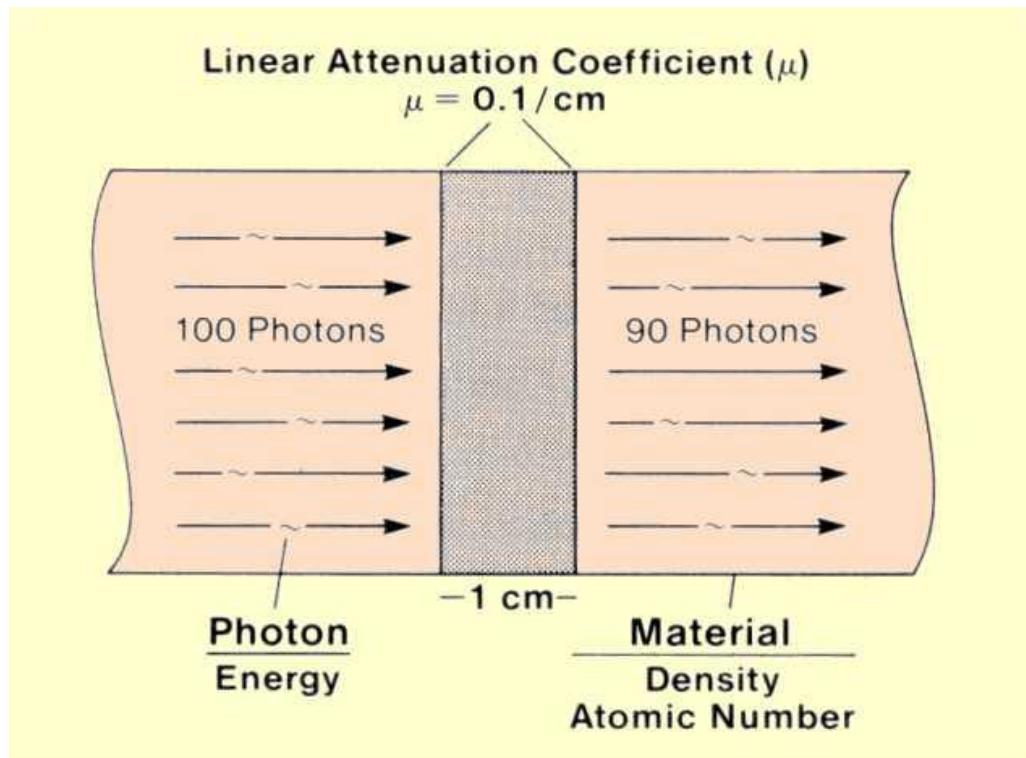
# Kompjuterizovana tomografija

Pri prolasku kroz materijal dela, X-zraci atenuiraju (slabe) usled apsorpcije ili rasejanja;

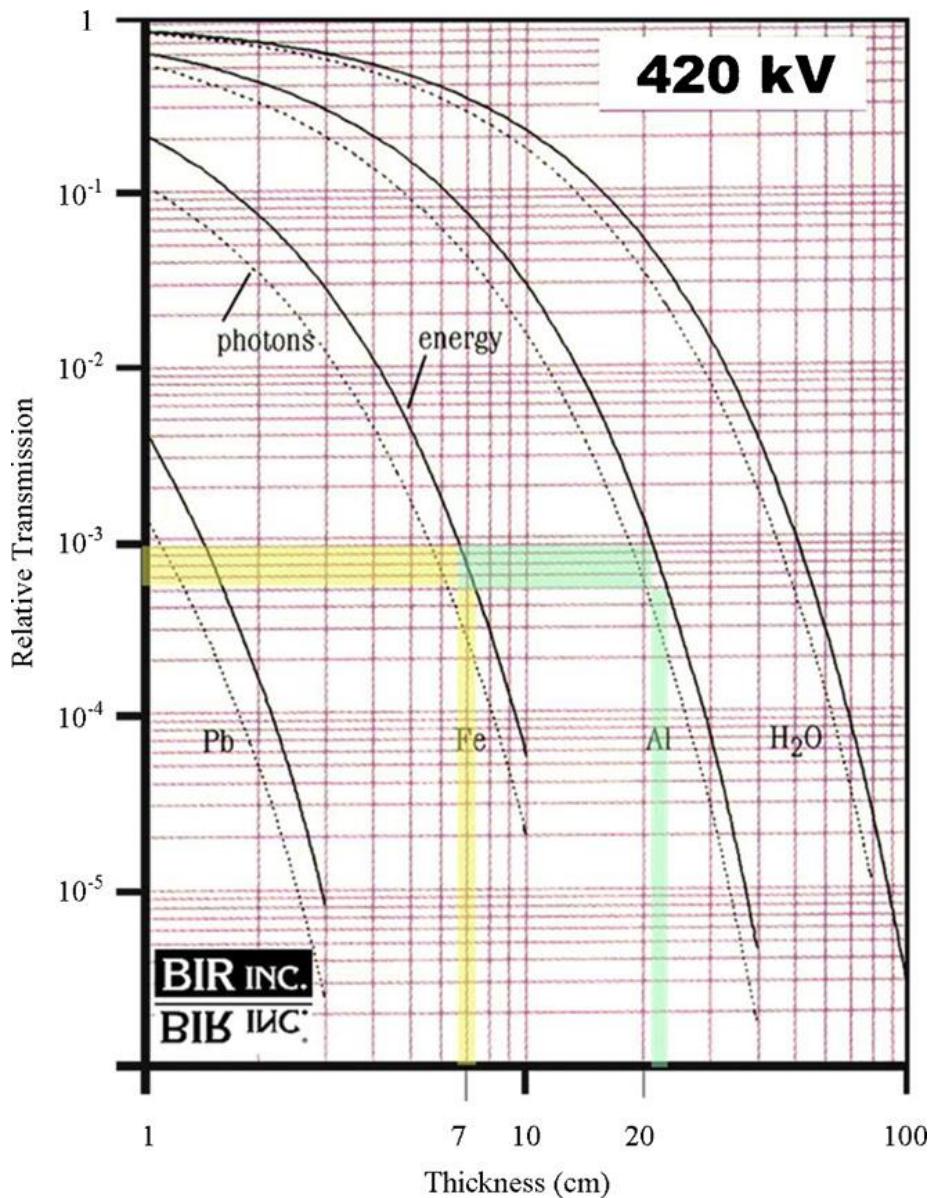
Nivo atenuacije zavisi od:

- dužine puta koji prelaze unutar apsorbirajućeg materijala,
- strukture materijala i njegove gustine (odnosno atenuacionog koeficijenta  $\mu$ ) i
- energije X-zraka.

Atenuacioni koeficijent materijala ograničava **max. debjinu materijala** koja može biti probijena.



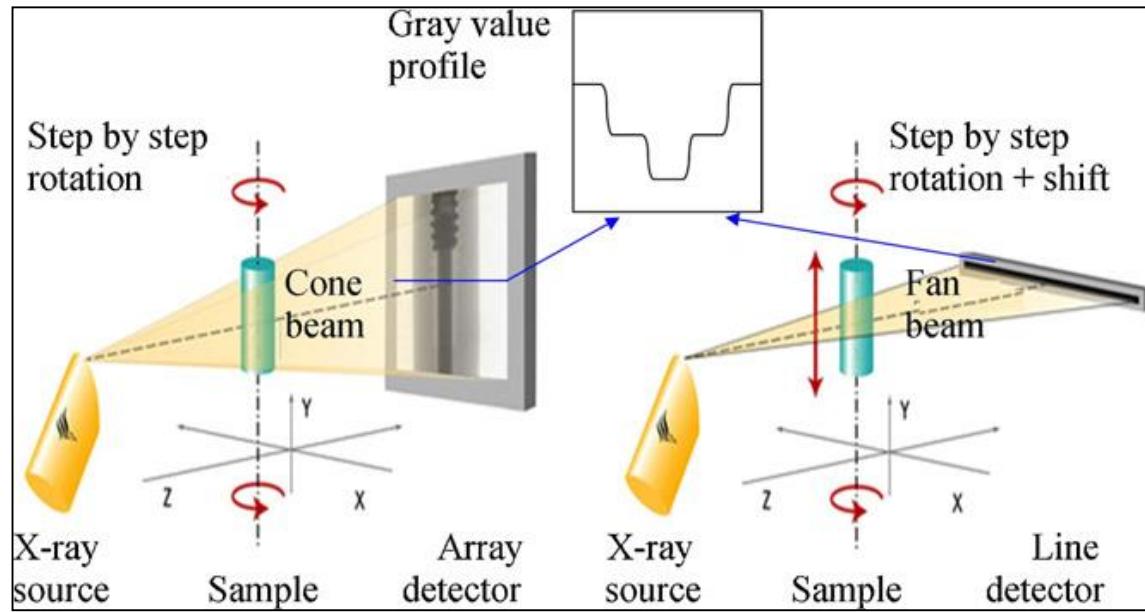
# Primeri atenuacionih koeficijenata različitih materijala



# Kompjuterizovana tomografija - vrste

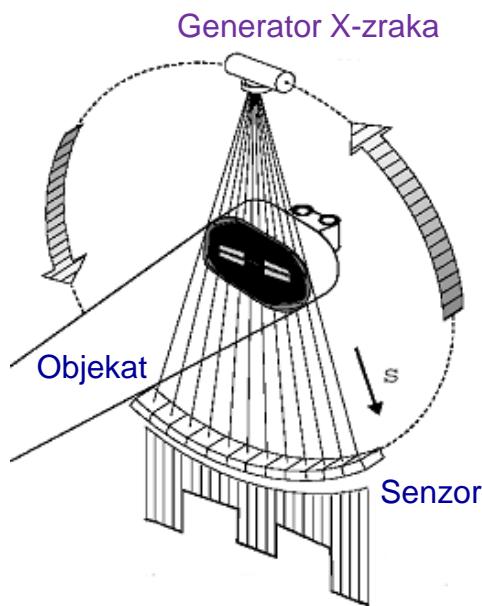
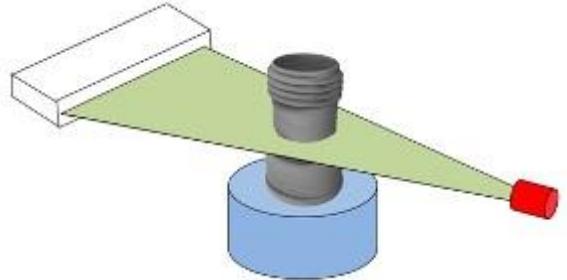
1. Kompjuterizovana tomografija konusnim snopom (eng. Cone Beam CT)
2. Više-slojna kompjuterizovana tomografija (eng. Multi slice CT)

Cone Beam CT  
2D detektor



Multi slice CT  
1D detektor

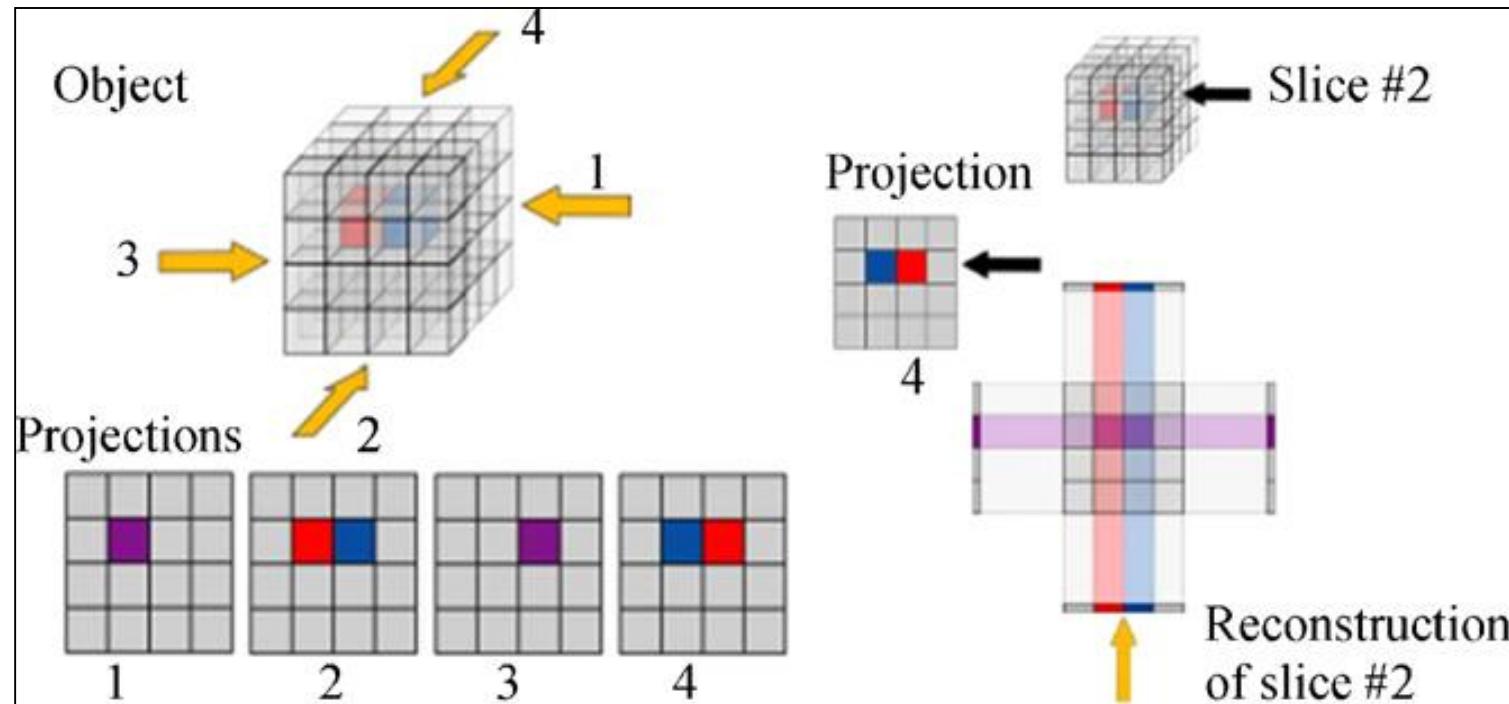
# Više-slojna (multi-slajs) kompjuterizovana tomografija (MSCT)



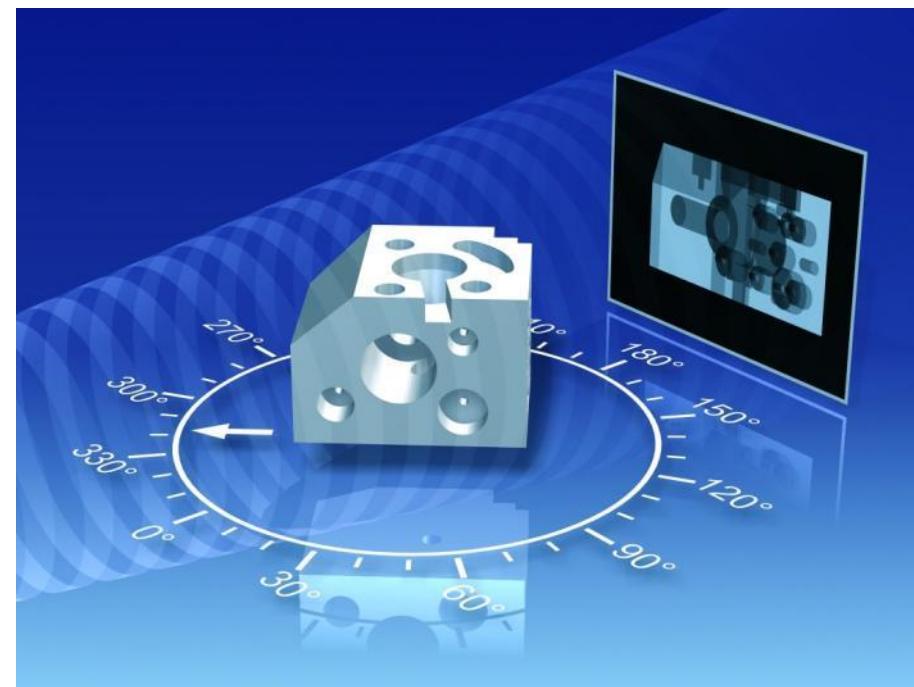
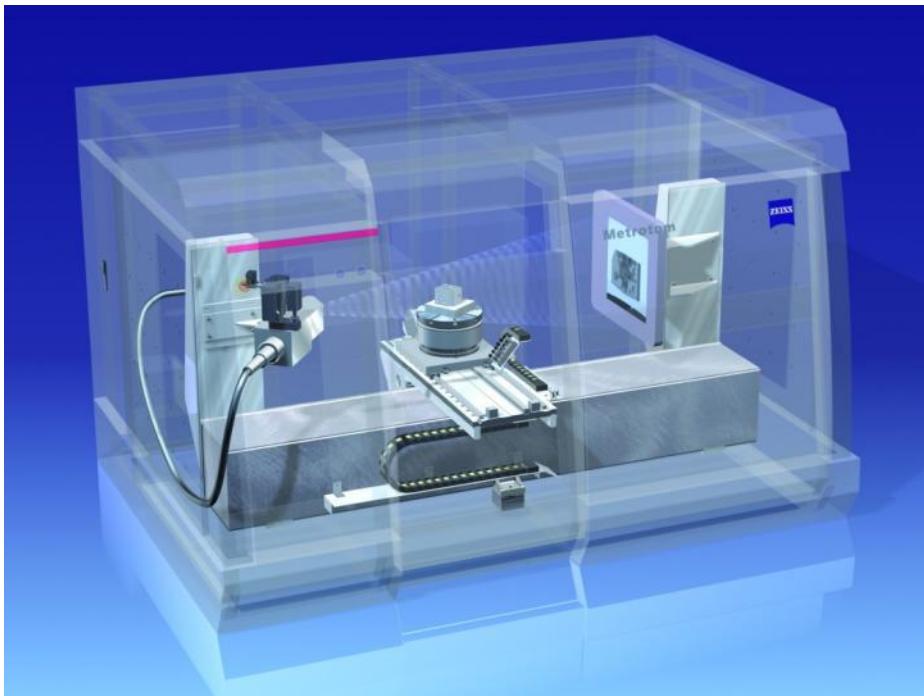
CT sistem TOSHIBA – TOSCANER 24200AV

# Kompjuterizovana tomografija konusnim snopom (eng. Cone Beam CT)

CBCT tehnologija je zasnovana na voxelima.



# Kompjuterizovana tomografija na bazi konusnog snopa Industrijski CBCT – Zeiss Metrotom

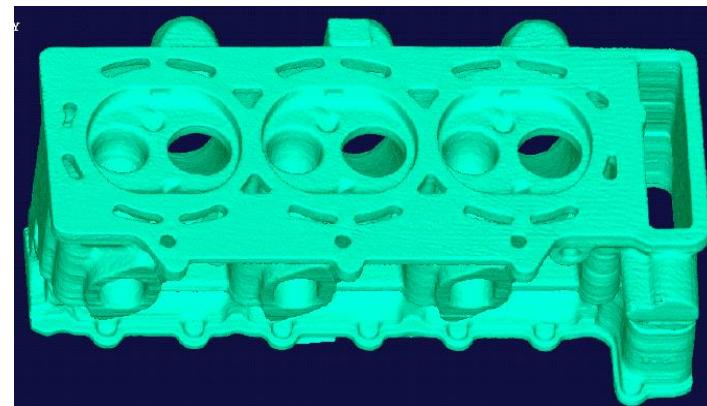
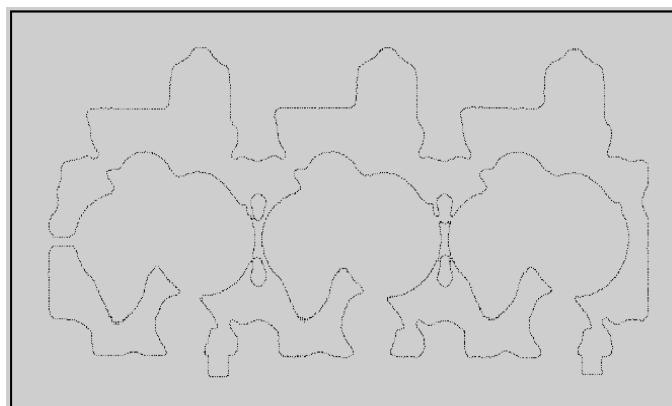
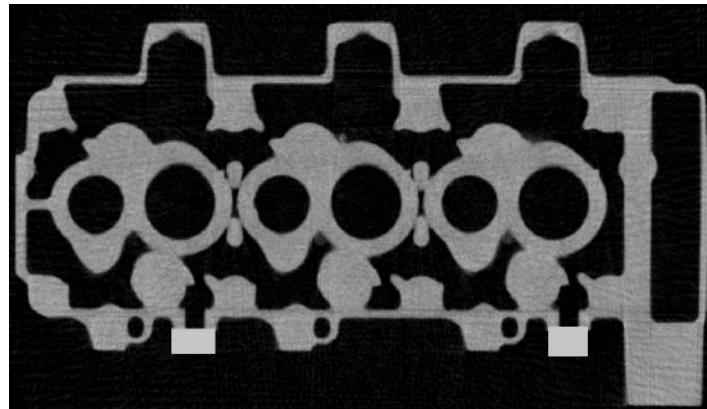


CBCT je u SAD počeo da se primenjuje od 2001. i do 2010. godine je u rad pušteno preko 3000 sistema.



**Procedura:** Nakon što se izvrši skeniranje i dobiju se CT slojevi, vrši se rekonstrukcija kontura površina koje su ispresecane u CT slojevima, za šta se koriste softveri sa rutinama za automatizovano pronalaženje ivica, tj. **segmentaciju**.

Kao rezultat se dobijaju ivične linije objekta u vidu oblaka tačaka čijim daljim procesiranjem (u specijalizovanim softverima) se dobija CAD model.



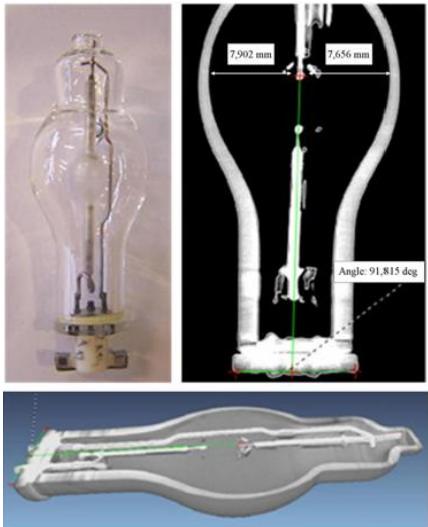
Proces CT na primeru bloka motora

# Kompjuterizovana tomografija – karakteristike i oblasti primenе

CT je jedina tehnologija pomoću koje je moguće 3D digitalizovati objekte sa nedostupnim unutrašnjim površinama:

- proizvodi proizvedeni **aditivnom proizvodnjom**;
- proizvodi od više materijala:
  - dvo-komponentni proizvodi od plastike i
  - plastični delovi sa umetcima od metala;

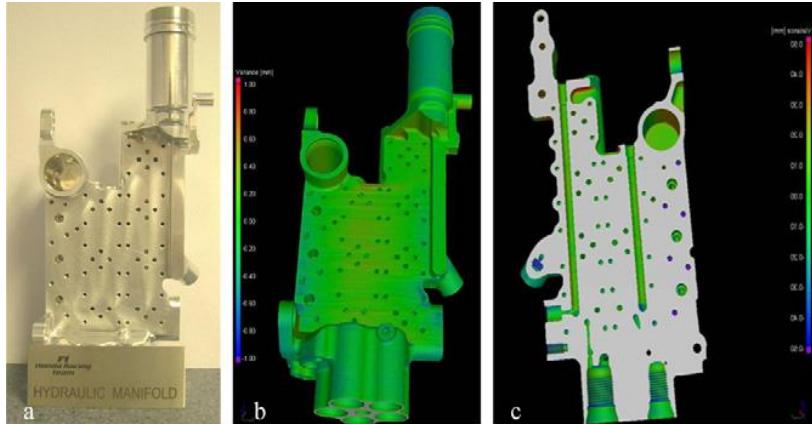
multi-material lamp bulb



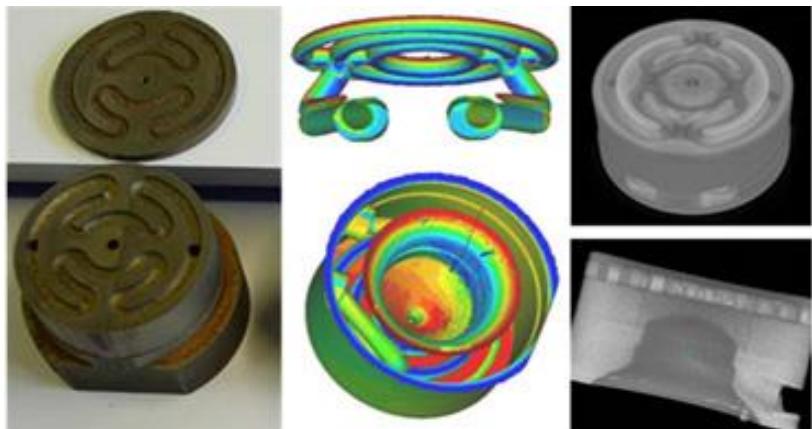
multi-material assemblies



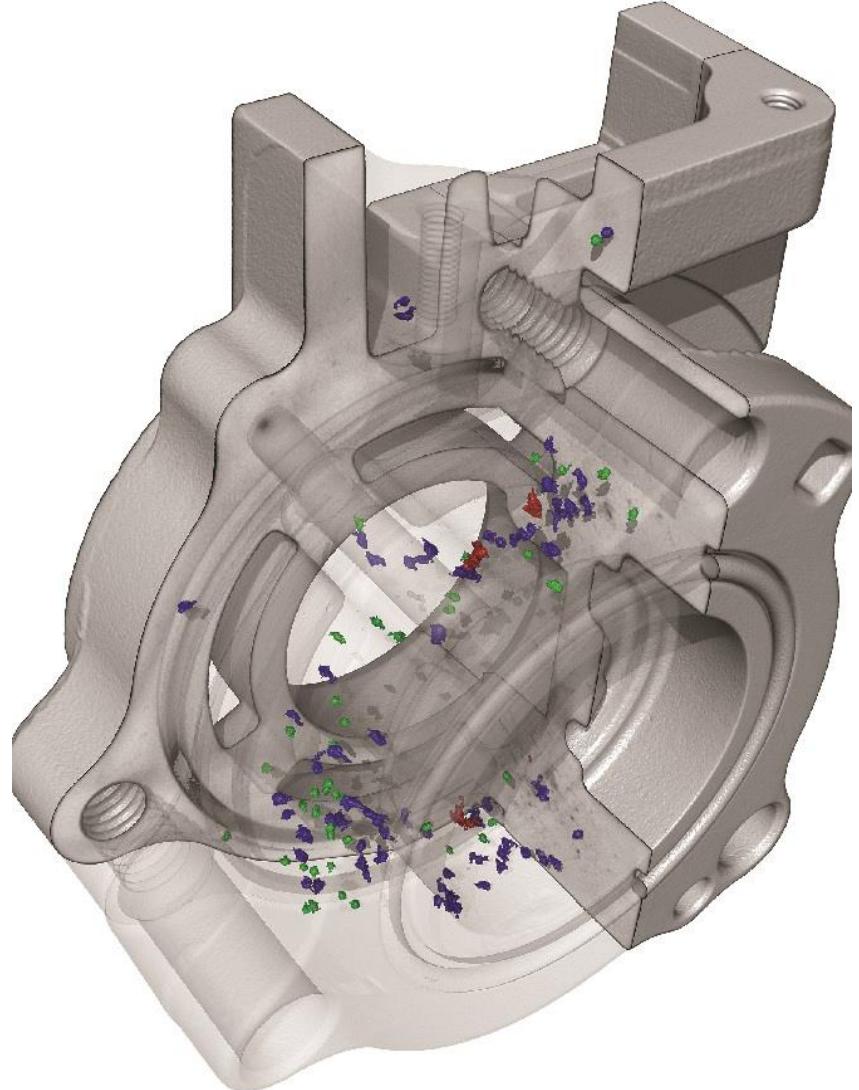
comparison of outer and inner geometry with CAD model



layered manufactured nozzle with complex internal channels

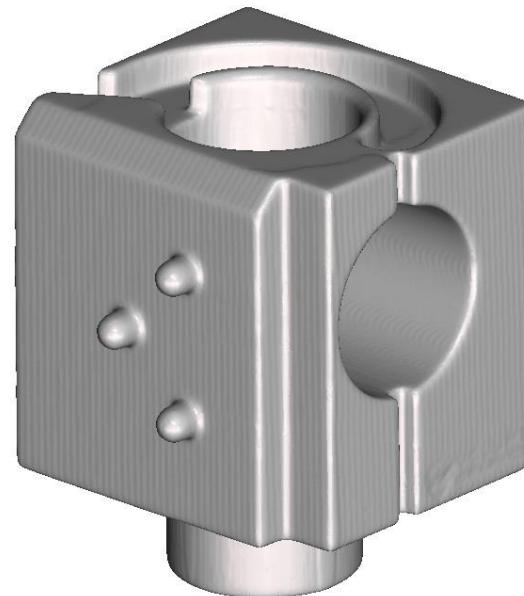
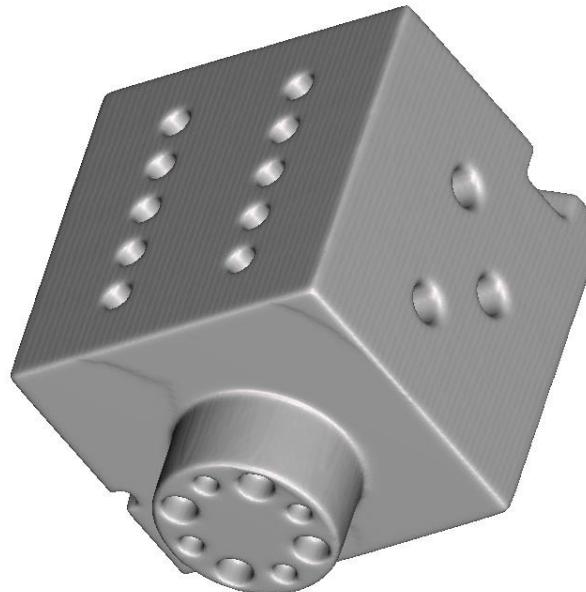
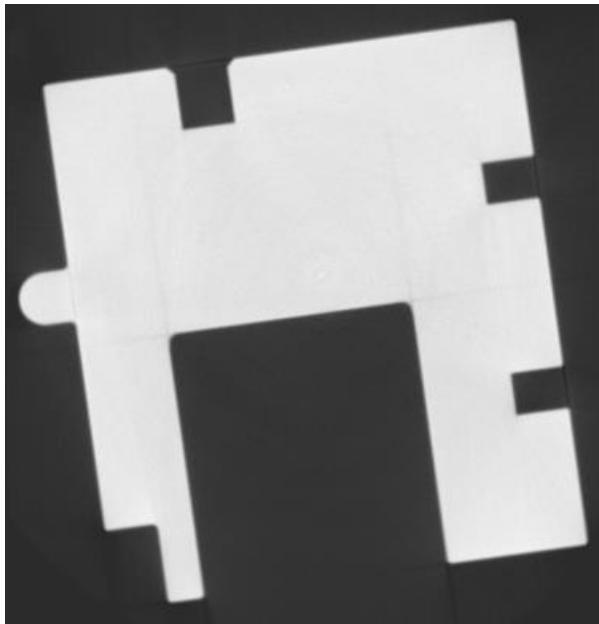


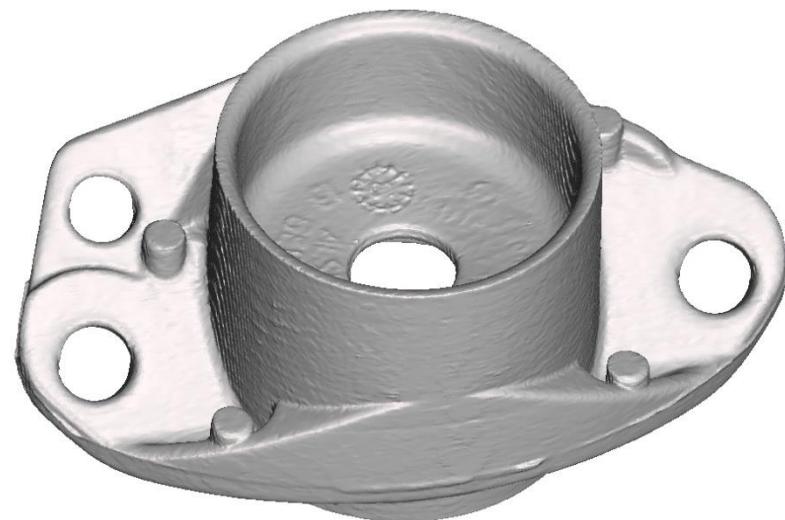
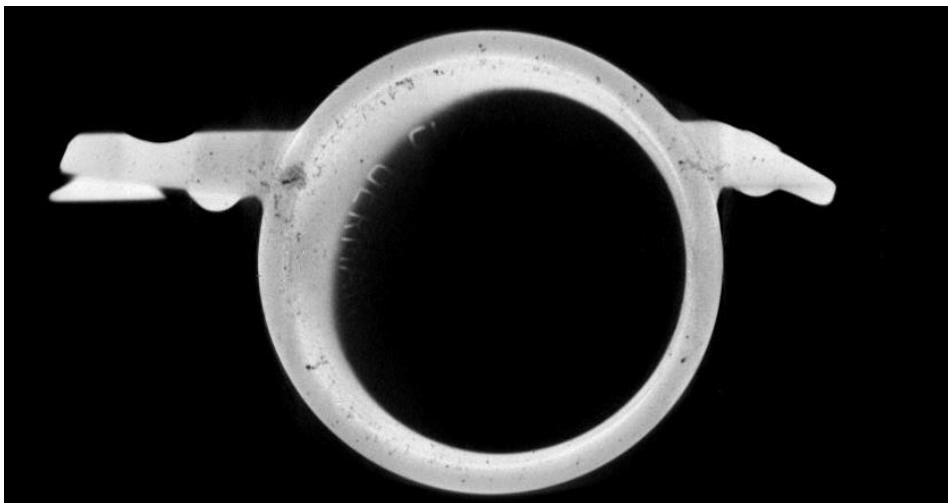
- ✓ Zahvaljujući relativno dobroj prodornosti X-zraka, kao i osetljivosti na gustinu materijala objekta, CT omogućava nedestruktivnu karakterizaciju i unutrašnjosti objekta, što ga čini vrlo pogodnim za primenu u industrijskoj inspekciji.

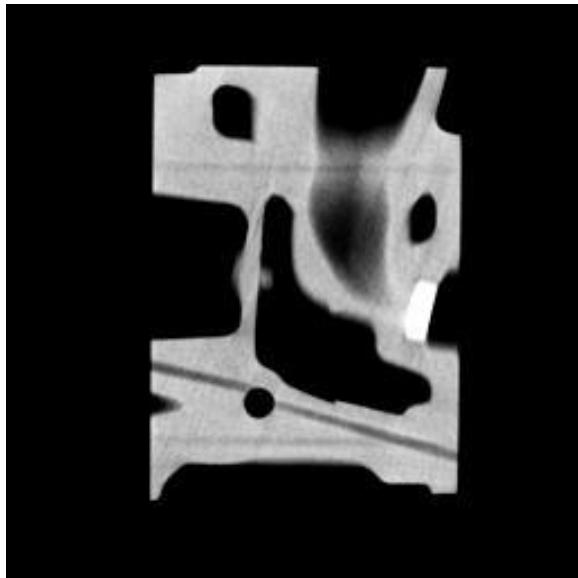


- ✓ Zahvaljujući relativno dobroj prodornosti X-zraka, kao i osetljivosti na gustinu materijala objekta, CT omogućava nedestruktivnu karakterizaciju i unutrašnjosti objekta, što ga čini vrlo pogodnim za primenu u industrijskoj inspekciji.
- ✓ Pored toga, opet zahvaljujući osobinama X-zraka, CT se podjednako dobro primjenjuje i na metalnim i na plastičnim delovima, bilo glatkih ili teksturisanih površina, i to kako od solid (punih) tako i od vlaknastih materijala.
- ✓ CT je indiferentna na kvalitet obrađene površine.
- ✓ Ukupna geometrija objekta se dobija u samo jednom skenirajućem prolazu, čime se eliminiše potreba za uklapanjem više oblaka tačaka.
- ✓ Dodatna prednost CT jeste u tome što ne zahteva nikakve dodatne pribore i nije potrebno ni prethodno ni naknadno pomeranje objekta.

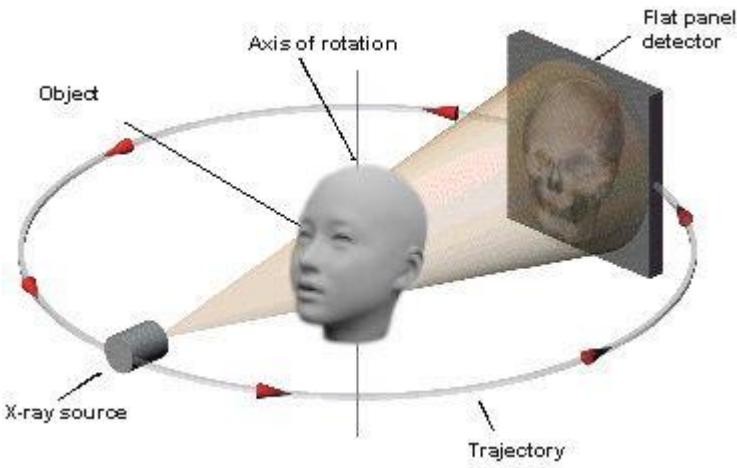
- ✓ Savremeni CT industrijski sistemi su dostigli takav nivo da mogu da obezbede merenje čija se preciznost i tačnost mogu porediti sa KMM.
- ✓ Dve osnovne karakteristike CT skenera su rezolucija slika i energija X zraka.
- ✓ Rezolucija je funkcija debljine preseka, odnosno razmaka između dve uzastopne CT slike i kod novijih industrijskih skenera ona ide i ispod 10 µm.
- ✓ Izlazna digitalna informacija sada je dostupna u nekoliko standardnih formata za razmenu (IGES, STEP, STL itd.) što u mnogome olakšava rad.
- ✓ Većina savremenih CT skenera sadrži i mogućnost integracije softvera za obradu CT informacija i kao rezultat daje kompletan 3D CAD model.



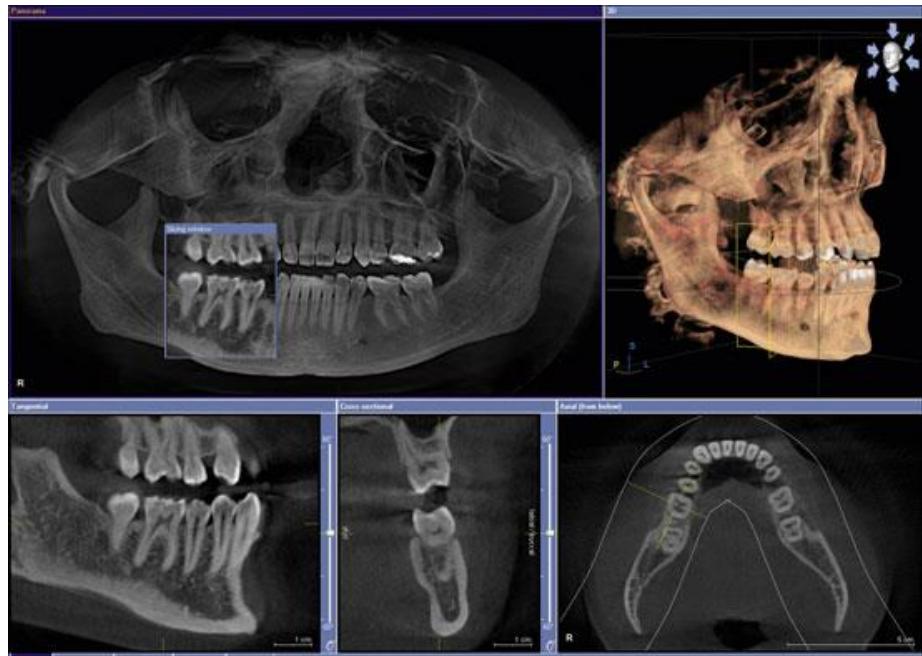
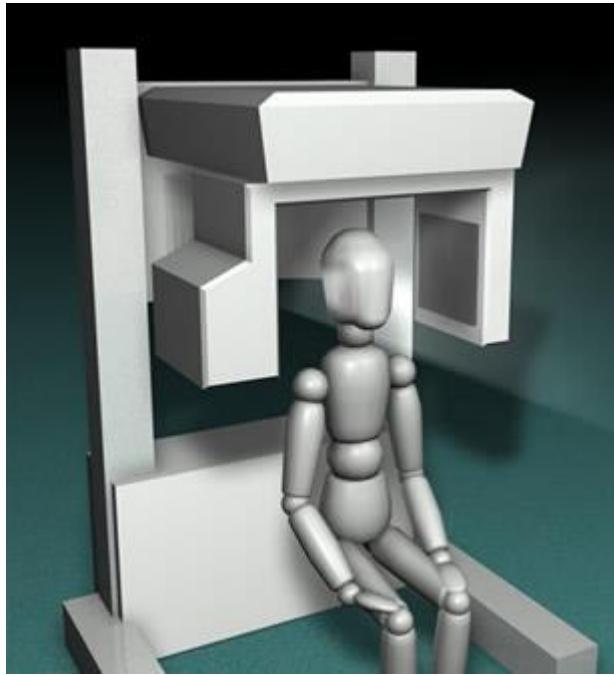
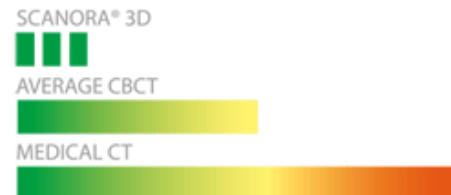




# Kompjuterizovana tomografija na bazi konusnog snopa u biomedicinskom inženjerstvu

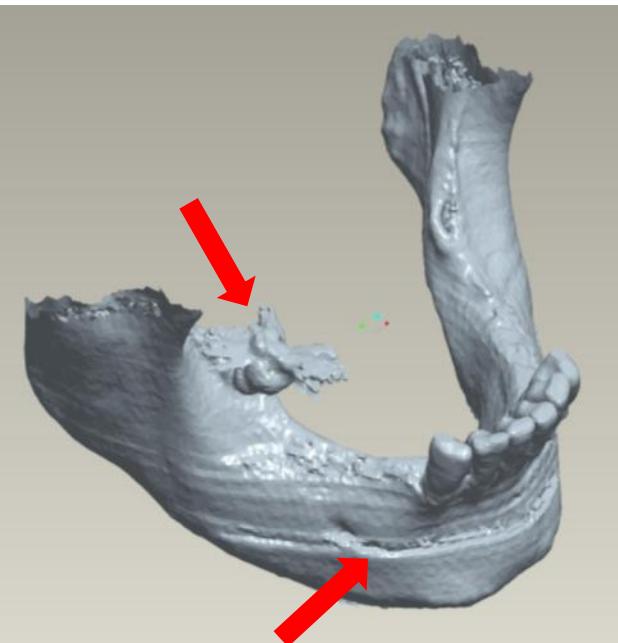
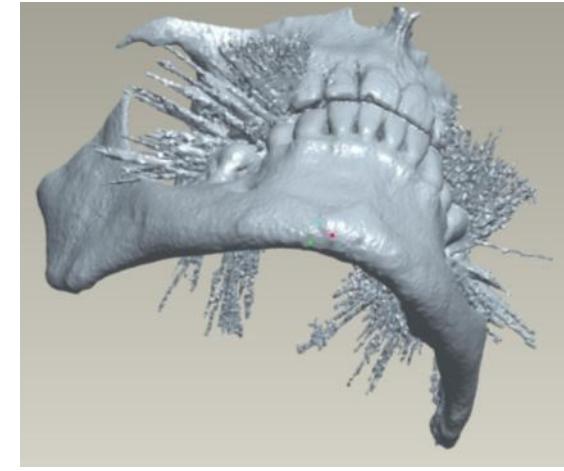
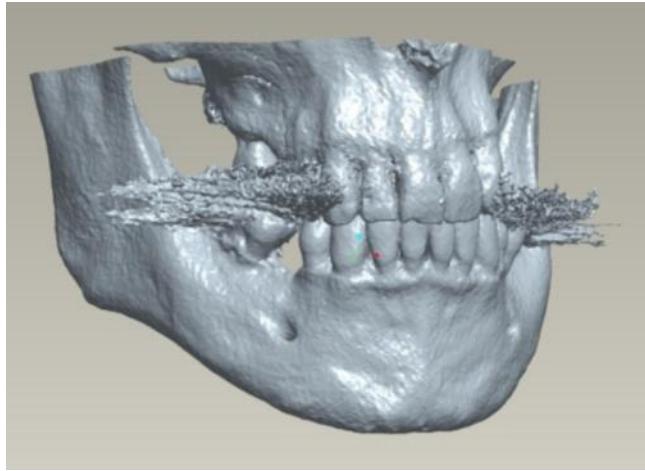
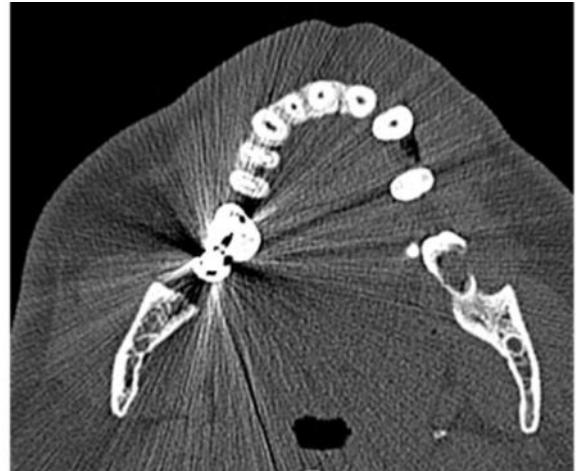


## DOSE COMPARISON

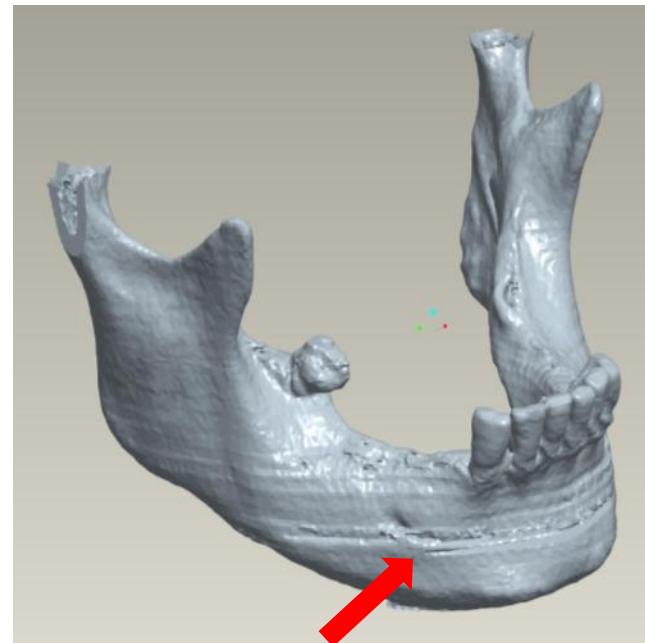


CBCT slike u DICOMM formatu zapisa

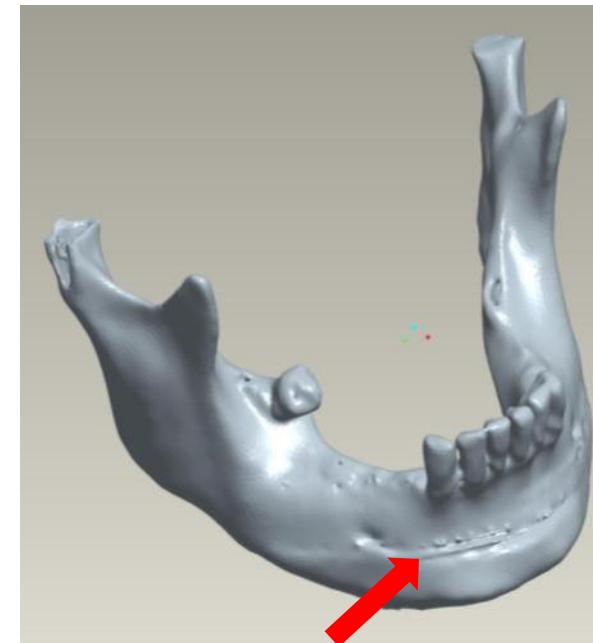
## Problem šuma kod CBCT sistema



Model sa "šumom" od artefakata



Model očišćen od "šuma"



Model pripremljen za izradu

