

# Softverska podrška za Reverzibilno inženjerstvo i CAQ

3D INPEKCIJA I ANALIZA REZULTATA 3D SKENIRANJA

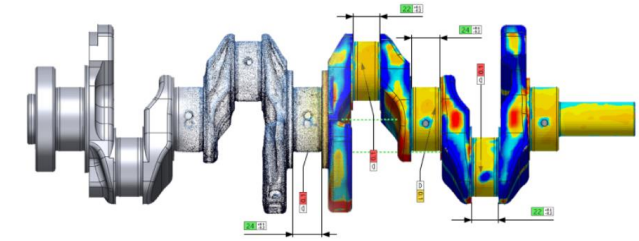
---

- *PREDAVANJE 4* -

DOC. DR MARIO ŠOKAC

# 3D inspekcija delova i njihova analiza

---



- **Inspekcija delova predstavlja** suštinski zadatak koji se koristi za utvrđivanje usaglašenosti između proizvedenih delova i njihovih originalnih, predviđenih specifikacija.
- Ovo se postiže stalnim proveravanjem delova u različitim koracima duž proizvodne linije, od sastava sirovog materijala do finalnih ispitivanja gotovih proizvoda, čime se obezbeđuje da deo pravilno obavlja svoje predviđene funkcije.
- Inspekcija delova se obično uključuje:
  1. **merenje i**
  2. **izveštavanje o dimenzionalnim karakteristikama komponenti**
- dok se procenjuje da li ispunjavaju definisane tolerancije proizvodnje ili ne.

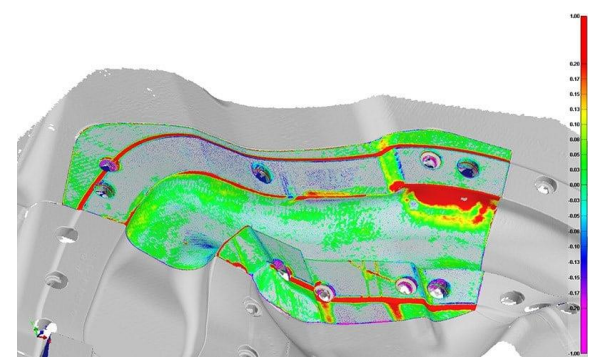
# Inspekcija delova i njihova analiza

---

- Pored obezbeđivanja usaglašenosti dimenzija sa predviđenim specifikacijama, inspekcija delova takođe funkcioniše kao merač za proizvodne procese; konzistentna odstupanja dimenzija ili defekti u proizvedenim delovima mogu ukazivati na problem sa proizvodnom linijom, koji se mora brzo rešiti kako bi se izbeglo gubljenje vremena i materijala sa delovima koji nisu u skladu sa specifikacijom.
- Sama inspekcija se može obaviti širokim spektrom metoda i instrumenata. Čak i najjednostavniji merni uređaji poput lenjira, mogu da ponude dovoljnu tačnost za neke primene, ali ručni zadaci su neefikasni i nemaju ponovljivost zbog varijabilnosti operatera.
- Do nedavno, koordinatne merne mašine (KMM) bile su standardno rešenje za tačnost i pouzdanost u inspekciji delova. Ipak, rukovanje ovim mašinama može biti prilično kompleksno i zahteva prethodnu obuku operatera, a uključuje zadatke kao što su podešavanje, programiranje i stvarna procedura merenja.
- Pored toga, KMM obično zahtevaju prostorije sa kontrolisanom temperaturom i skupo održavanje i kalibraciju.

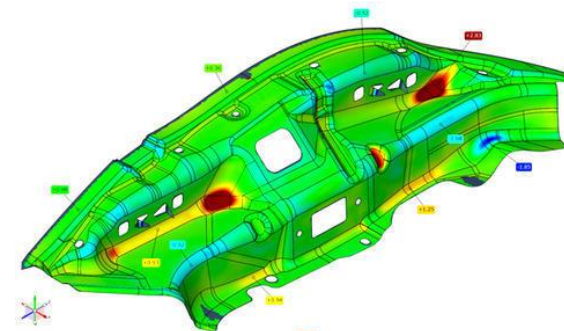
## 3D skeniranje za inspekciju delova

---

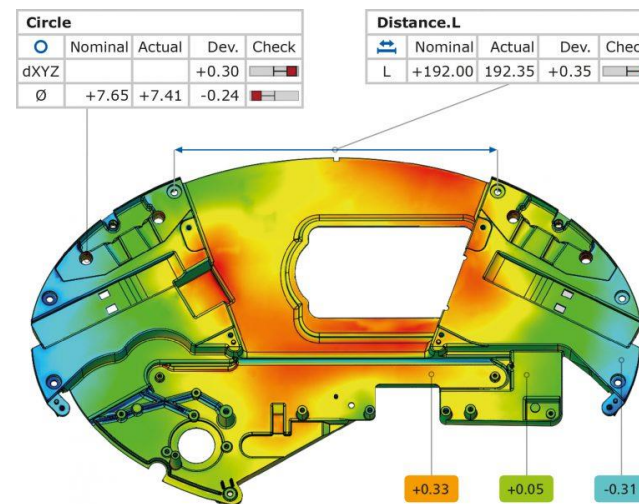
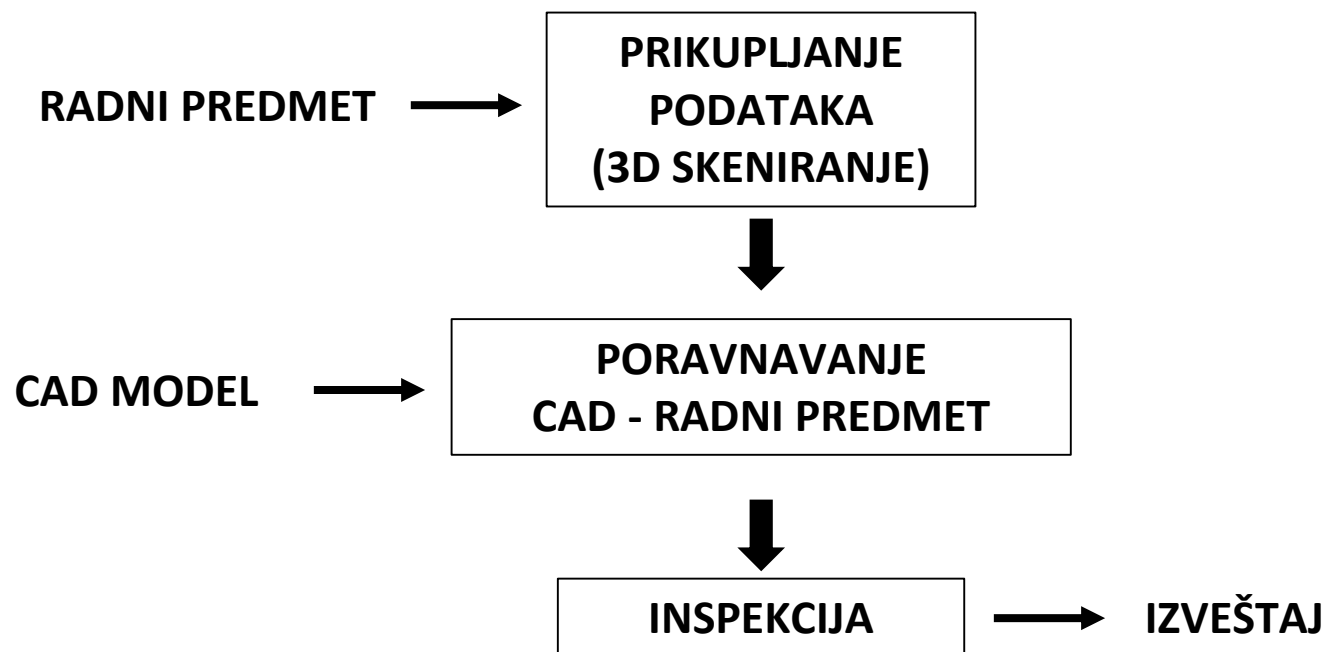


- 3D inspekcija ili 3D merenje predstavlja bilo koju metodu merenja koja prikuplja informacije, rekonstruiše ih i prikazuje podatke u trodimenzionalnom formatu.
- 3D skeniranje je najpopularnija tehnika 3D merenja za inspekciju delova. Ovo je postalo suštinski alat za procedure kontrole kvaliteta u mnogim industrijama zbog svoje svestranosti, tačnosti i digitalne integracije.
- Može da prikupi velike količine podataka u veoma kratkim intervalima – neki 3D skeneri mogu da prikupe preko 1.000.000 tačaka u sekundi – sa visokom tačnošću i rezolucijom.

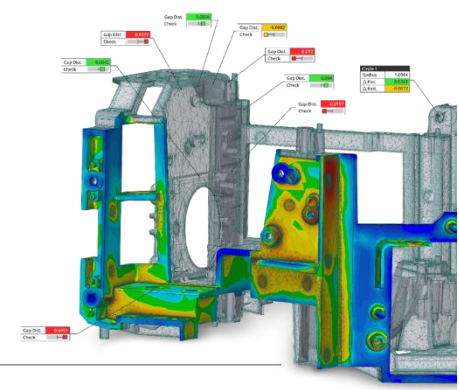
# Osnovni koraci u CAD inspekciji



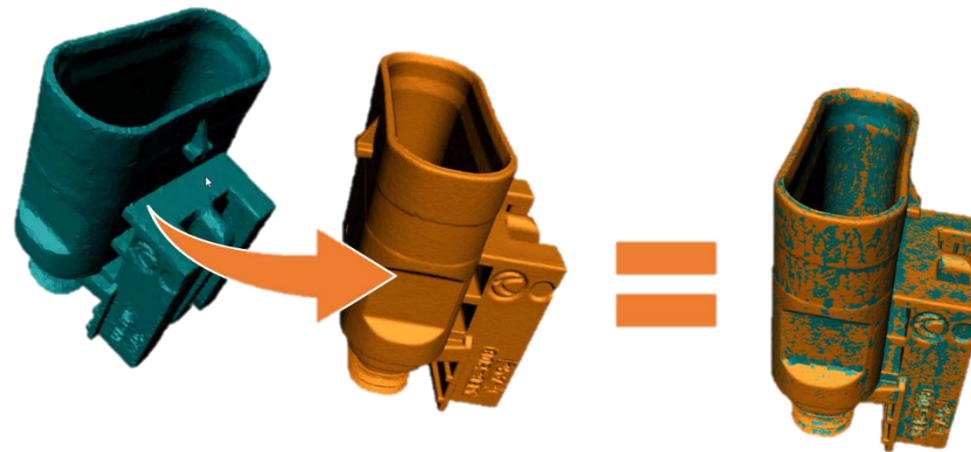
- Ovo omogućava uređajima za optičko 3D skeniranje da generišu veoma detaljne 3D modele bez obzira na geometrijsku složenost objekta.
- Specijalizovani softveri za inspekciju omogućavaju generisanje automatizovanih izveštaja i pomoćne vizuelne analize kao što su mape boja odstupanja.



# Registracija podataka



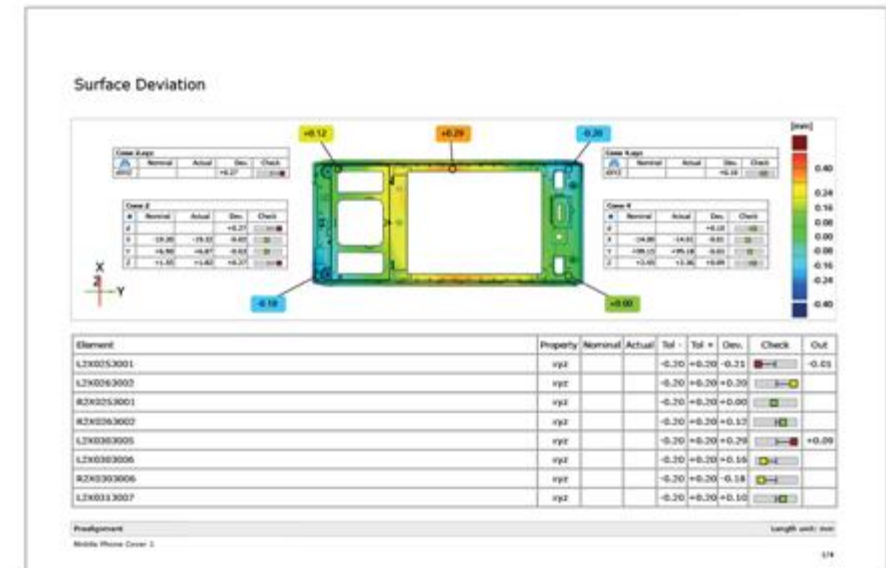
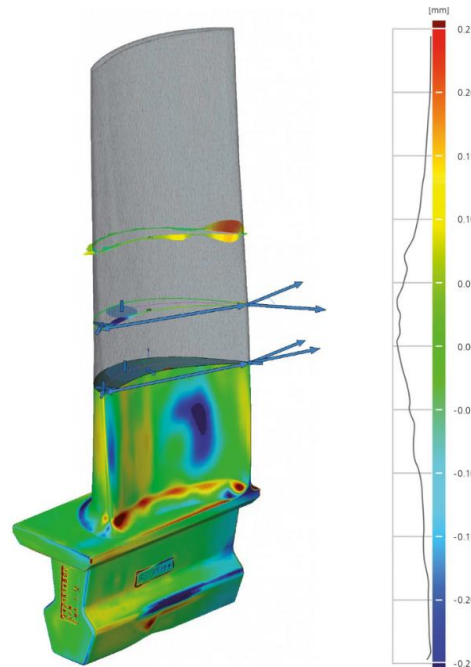
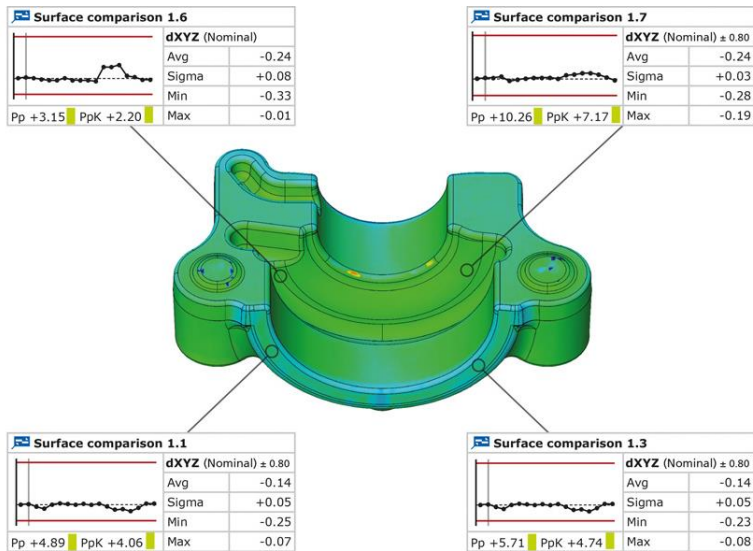
- Proces registracije ili poravnavanja CAD modela dela sa rezultatima 3D skeniranja predstavlja **najvažniju fazu kod inspekcije**.
- Dobijeni 3D modeli se digitalno upoređuju sa originalnim nominalnim CAD modelom i proveravaju se njegove geometrijske i dimenzionalne varijacije.



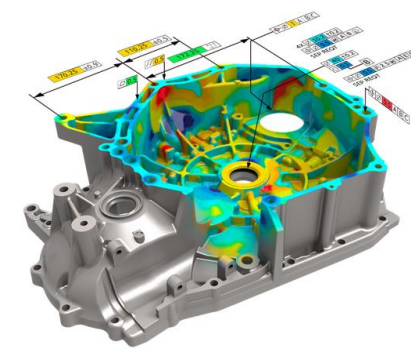
# Izveštaji merenja



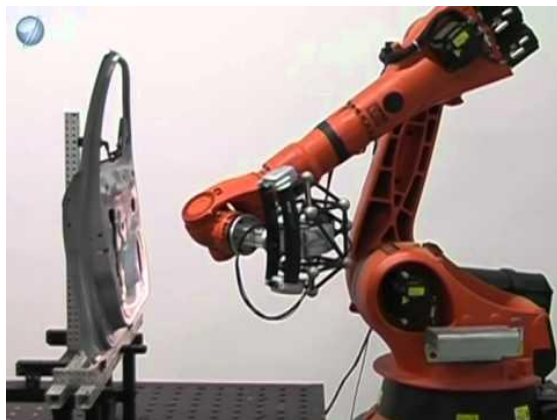
- Omogućava prikaz rezultata inspekcije u vizuelnom i informativnom smislu, jednostavnom za razumevanje.
- Prikaz rezultata inspekcije je omogućen kao grafički i tabelarni prikaz.



# Automatizovana 3D inspekcija delova

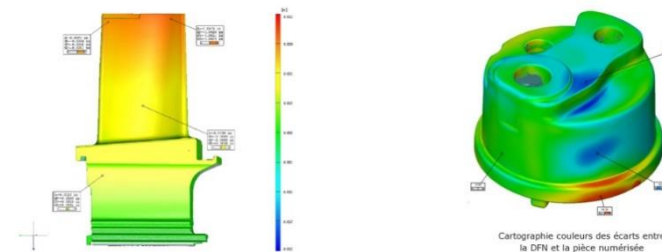


- Inspekcija delova ostaje izazov u industrijama kao što su vazduhoplovstvo ili medicina gde su kvalitet i tačnost od najveće važnosti.
- U mnogim slučajevima, inspekcija na licu mesta nije dovoljna, a svaki deo mora biti temeljno validiran i, često, sertifikovan. Automatizovani sistemi su vrhunsko rešenje za efikasnu i kontinuiranu inspekciju delova.
- Takvi sistemi mogu biti u obliku kabina za skeniranje ili kao 3D skeneri montirani na robotske ruke.





# Automatizovana 3D inspekcija delova

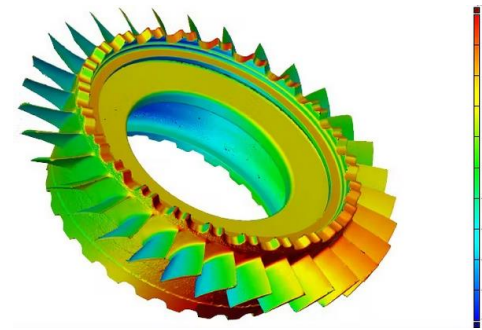


- U idealnom scenariju, automatizovane stanice za 3D skeniranje bi bile integrisane direktno na svakom koraku proizvodne linije, čime bi se podigao kvalitet proizvodnje bilo kojeg proizvodnog procesa.
- Kontinuirano praćenje i sprovođenje inspekcije delova u realnom vremenu je ključ automatizacije.
- Ceo koncept **Industrije 4.0** oslanja se na ogromne količine podataka u realnom vremenu, a sistemi za 3D skeniranje mogu efikasno da postanu “oči” digitalnih fabrika.



# Automatizovana 3D inspekcija delova

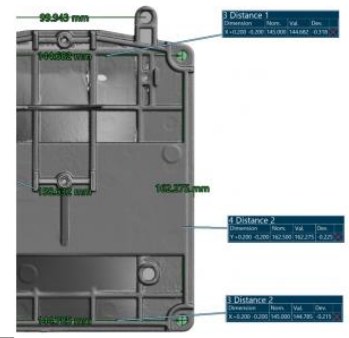
---



- Automatizovana inspekcija se odnosi na automatizaciju jednog ili više koraka uključenih u proceduru inspekcije.
- Generalno se može podeliti na:
  - **in-line** (u toku same proizvodnje),
  - **off-line** (inspekcija izvan proizvodnog procesa),
  - **inspekcija blizu linije** (odmah nakon što su proizvodi proizvedeni).
- Automatizovana inspekcija predstavlja sistem koji se uglavnom sastoji od sistema za automatsko rukovanje, 3D skenera montiranog na robota i 3D mernog sistema.
- Zamenjujući veći deo dosadnog rada ručnih inspekcija, automatski sistem može u velikoj meri smanjiti greške.
- Takođe može otkriti probleme sa montažom u ranijim fazama, povećati produktivnost i smanjiti troškove.

# Prednosti automatizovane 3D inspekcije

---



- **Prednosti automatizovane 3D inspekcije se ogledaju u:**
  - **Smanjenju troškova opreme;**
  - **Jednostavnosti rukovanja;**
  - **Povećanju efikasnosti;**
  - **Generisanju ponovljivih rezultata merenja;**
  - **Poboljšanju praćenja proizvodnog procesa.**



# Prednosti automatizovane 3D inspekcije

---

## Smanjenje troškova opreme

- Koordinatna merna mašina (KMM) je jedan od uobičajenih načina za proizvođače da sprovode inspekciju delova.
- Cena ove vrste mernog sistema i posebno dizajniranih uređaja i držača koji se isporučuju sa njim može da dostigne visoku cenu (> 100.000 \$).
- Što se tiče automatizovane 3D inspekcije, generalno, troškovi opreme i njenih dodataka su mnogo niži od ovih iznosa za KMM.



# Prednosti automatizovane 3D inspekcije

---

## Jednostavnost rukovanja

- Većina automatizovanih sistema za 3D inspekciju su rešenja po principu „ključ u ruke“ i mogu se prilagoditi različitim zahtevima.
- Zbog jednostavnog korisničkog interfejsa, korisnicima nije potrebna kompleksna obuka za rad.
- Ovaj sistem može da podrži inspekciju/merenje “*na podu*” (engl. *on-floor*) i eliminiše potrebu za metrološkim laboratorijama, pošto nije osetljiv na varijacije temperature i vlažnosti koji se mogu susresti u proizvodnim sistemima.



# Prednosti automatizovane 3D inspekcije

---

## **Povećanje efikasnosti**

- Automatizovani sistemi mogu da izvrše inspekciju preko stotine delova dnevno čak i na složenim površinama.
- Nema potrebe specijalistom ili metrologom za punjenje, rukovanje i istovar mašine, gde se značajno ubrzava generisanje rezultata inspekcije.
- Zahvaljujući specijalno dizajniranom softveru za merenje, defekti i deformacije se lako otkrivaju tako da proizvođač može odmah da prilagodi proizvodni proces.



# Prednosti automatizovane 3D inspekcije

---

## Generisanje ponovljivih rezultata merenja

- Procedure inspekcije koje se izvode ručno često dovode do mogućih grešaka, posebno kada je uključeno više operatera/tehničara.
- Što se tiče automatizovane inspekcije, ona može da generiše konstantnije rezultate inspekcije jer je 3D skener montiran na robota (ili robotsku ruku) može da obezbedi standardizovanu rutinu i proces 3D skeniranja i inspekcije.
- Ovakav sistem u najvećoj meri minimizira nesigurnosti merenja.



# Prednosti automatizovane 3D inspekcije

---

## **Poboljšanje praćenja proizvodnog procesa**

- Automatizovana inspekcija omogućava praćenje proizvodnog procesa u realnom vremenu.
- Pruža značajnu količinu podataka za pouzdane tolerancije.
- Ovi povratni podaci se mogu trenutno analizirati kako bi se unapredio proces “uzvodno”.
- Na ovaj način proizvodnja može da pređe sa preventivne na proaktivnu inspekciju i analizu celog proizvodnog procesa.

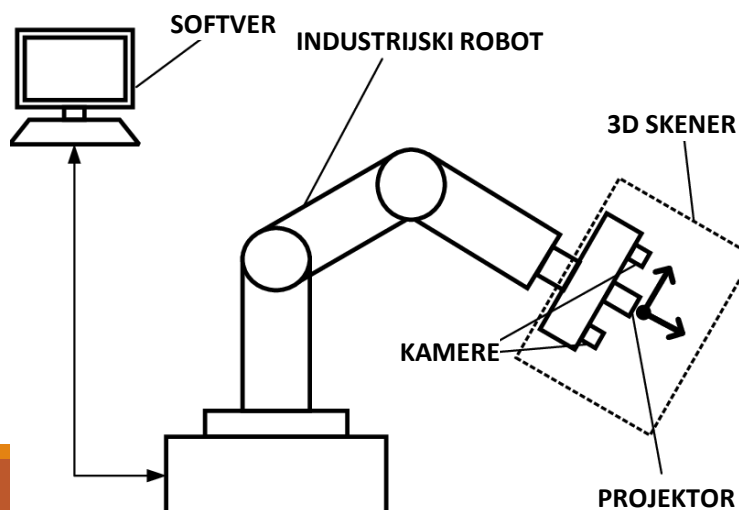


# Princip rada automatizovane 3D inspekcije



## Princip rada automatizovane 3D inspekcije se sastoji iz sledećih koraka:

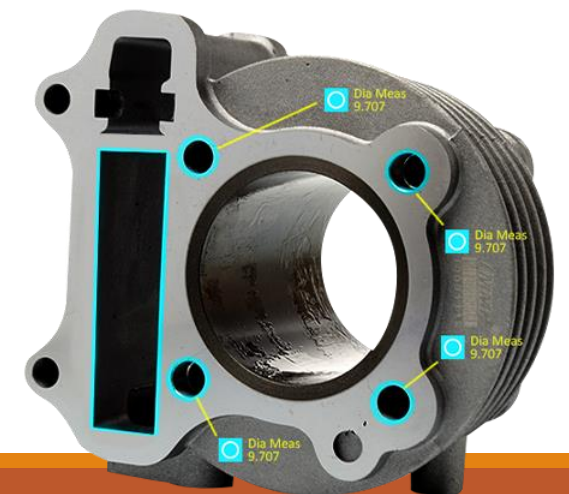
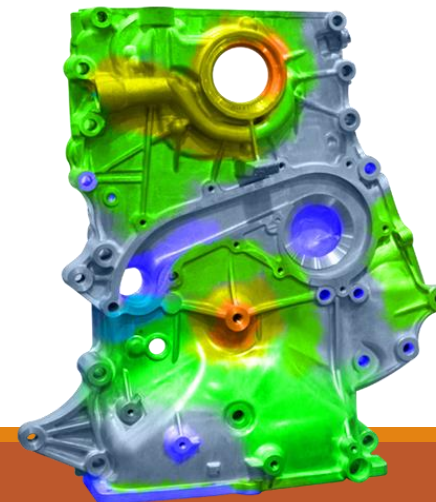
1. podešavanje unapred definisanog šablona za upoređivanje i izbor stavki za 3D inspekciju, kao što su odstupanje preseka, središnje rastojanje, dimenzionalna analiza, itd.
2. Svaki predmet se automatski proverava jedan po jedan prema definisanom šablonu, a zatim se automatski generiše izveštaj o inspekciji.
3. Izveštaj može između ostalog uključiti analizu trenda, inspekciju ponovljivosti, praćenje procesa i inspekciju geometrijskih deformacija.



# 3D inspekcija i augmentovana realnost

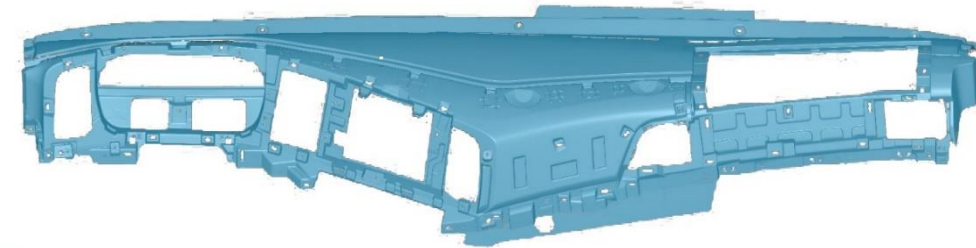
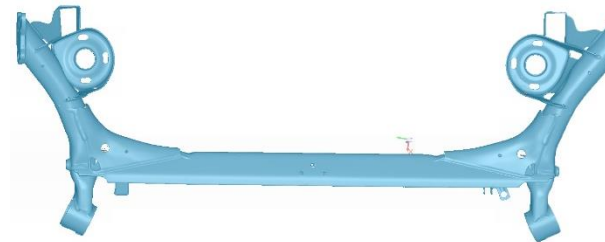
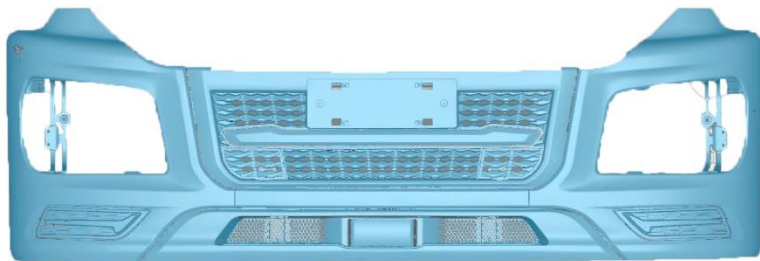
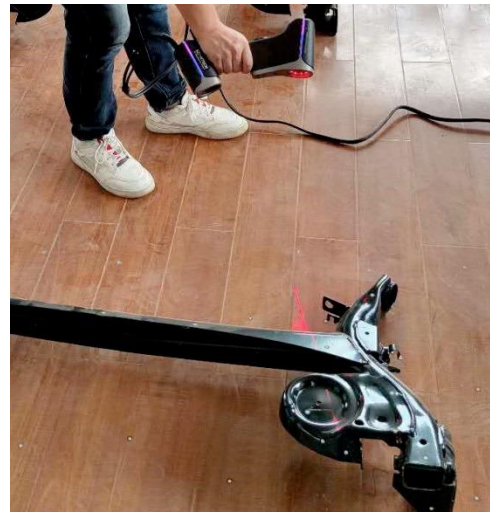
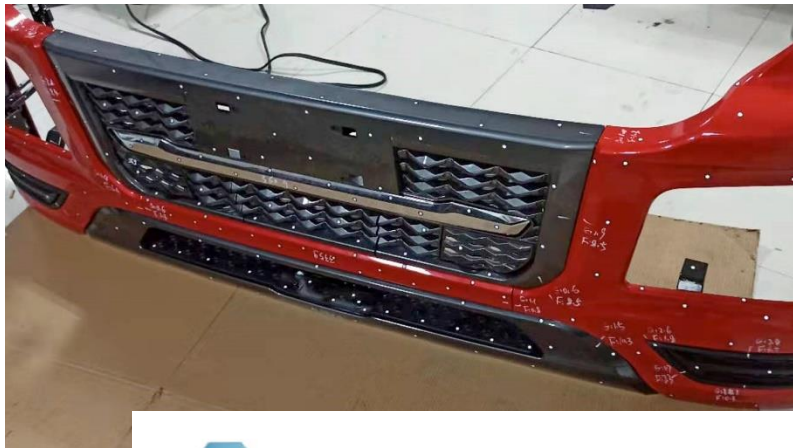


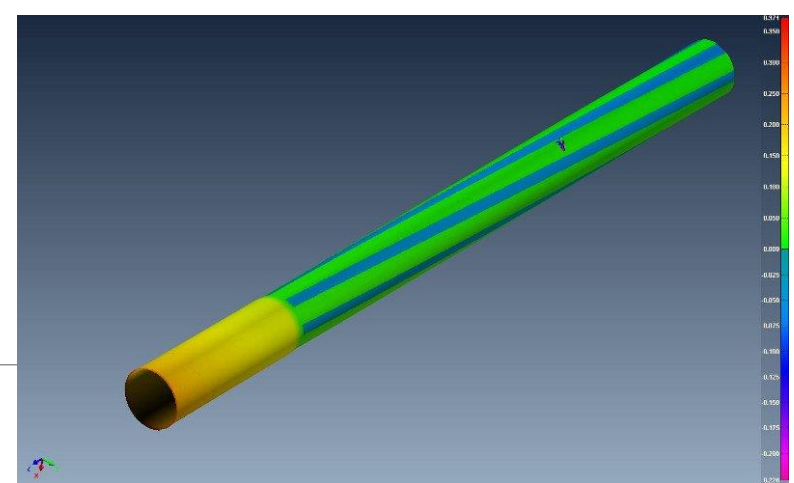
- Primena specijalizovanih softvera (kao što je npr. *Spotlight AR++*) augmentovane realnosti je danas moguća za proizvodne pogone koji tačno projektuju kompjuterski generisana vizuelna pomagala na trodimenzionalne objekte iz stvarnog života.
- **Softveri koriste video mapiranje** (tehnologija **prostorne** augmentovane realnosti), za projektovanje na površinu objekta izračunavanjem stvarne 3D pozicije i kompenzacijom neravnih površina fizičkih objekata.
- Korišćenjem običnog video projektora, ovi specijalizovani softveri projektuju rezultate merenja, mape boja (devijacije), uputstva i druge relevantne podatke.



# Primena 3D inspekcije - primeri

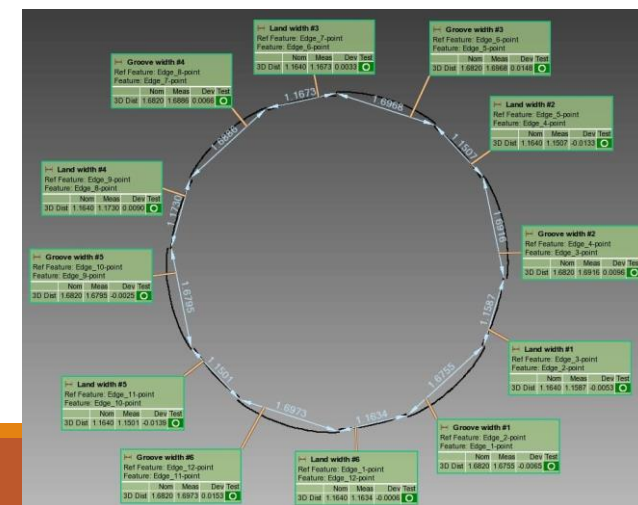
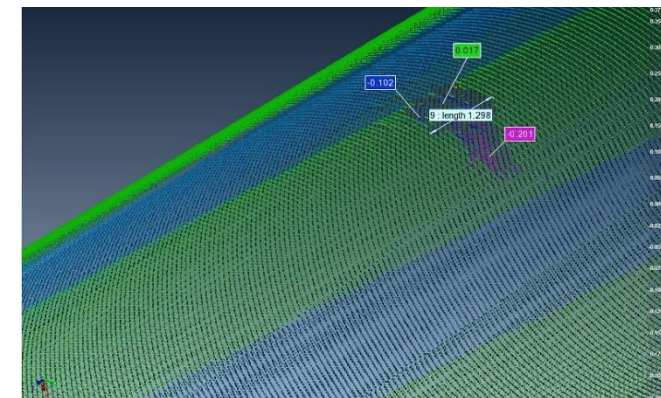
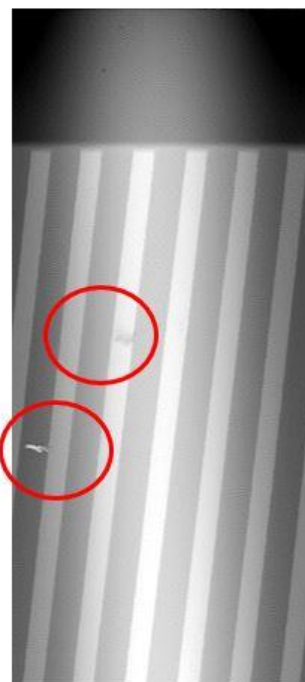
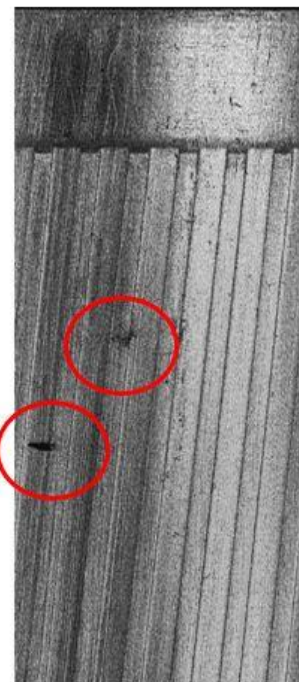
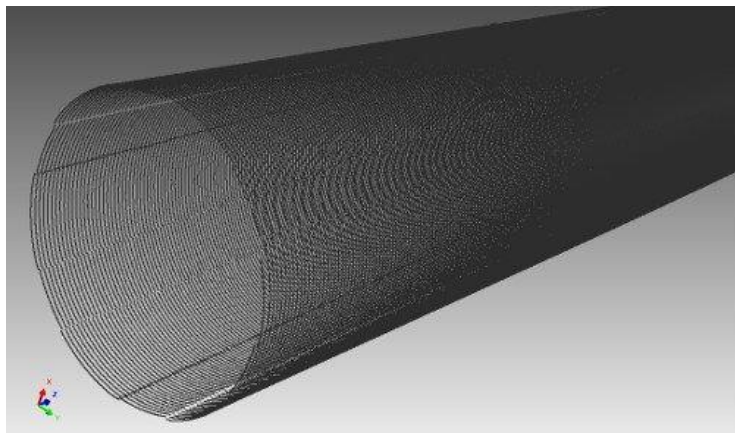
- 3D skeniranje i inspekcija delova automobila





# Primena inspekcije - primeri

- 3D skeniranje i inspekcija oružja (analiza profila cevi)



# Primena inspekcije - primeri

---

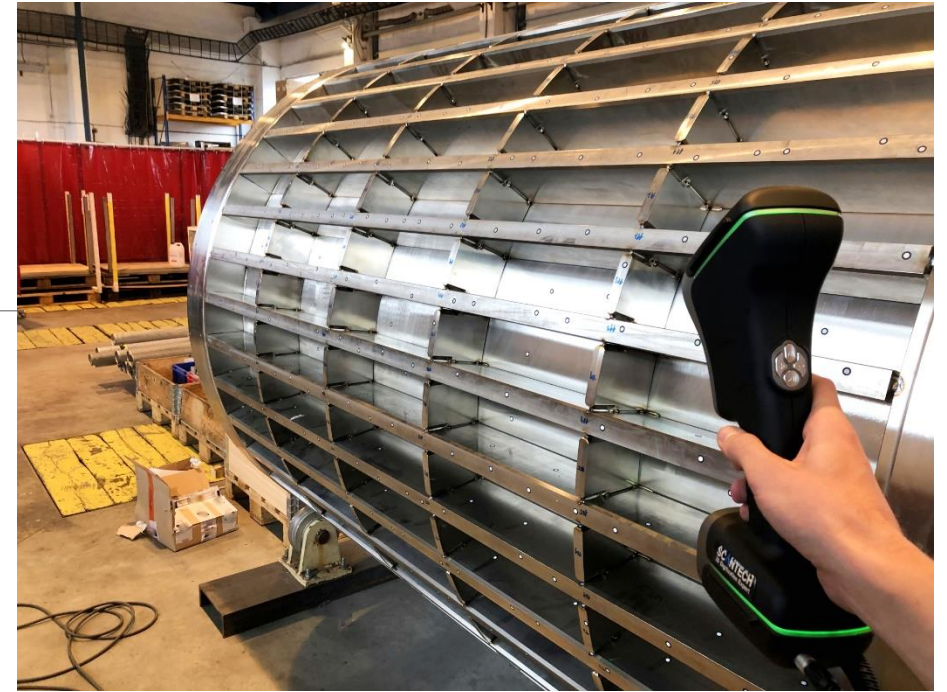
- Automatizovana 3D inspekcija zaptivnog prstena kod turbine.
- Proces automatizovane inspekcije je sledeći: Robot postavlja svaki prsten ispred 3D skenera da bi izvršio 3D skeniranje i otkrio potencijalne defekte.
- Za 3D skeniranje svakog prstena potrebno je manje od 1 sekunde. Ako prsten prođe inspekciju, robot ga postavlja na transporter. Ako ne prođe, robot ga stavlja među odbijene delove.



# Primena inspekcije - primeri

---

- 3D inspekcija velikih objekata (2,5 x 1,5 m, 10t)



---

**HVALA NA  
PAŽNJI!**