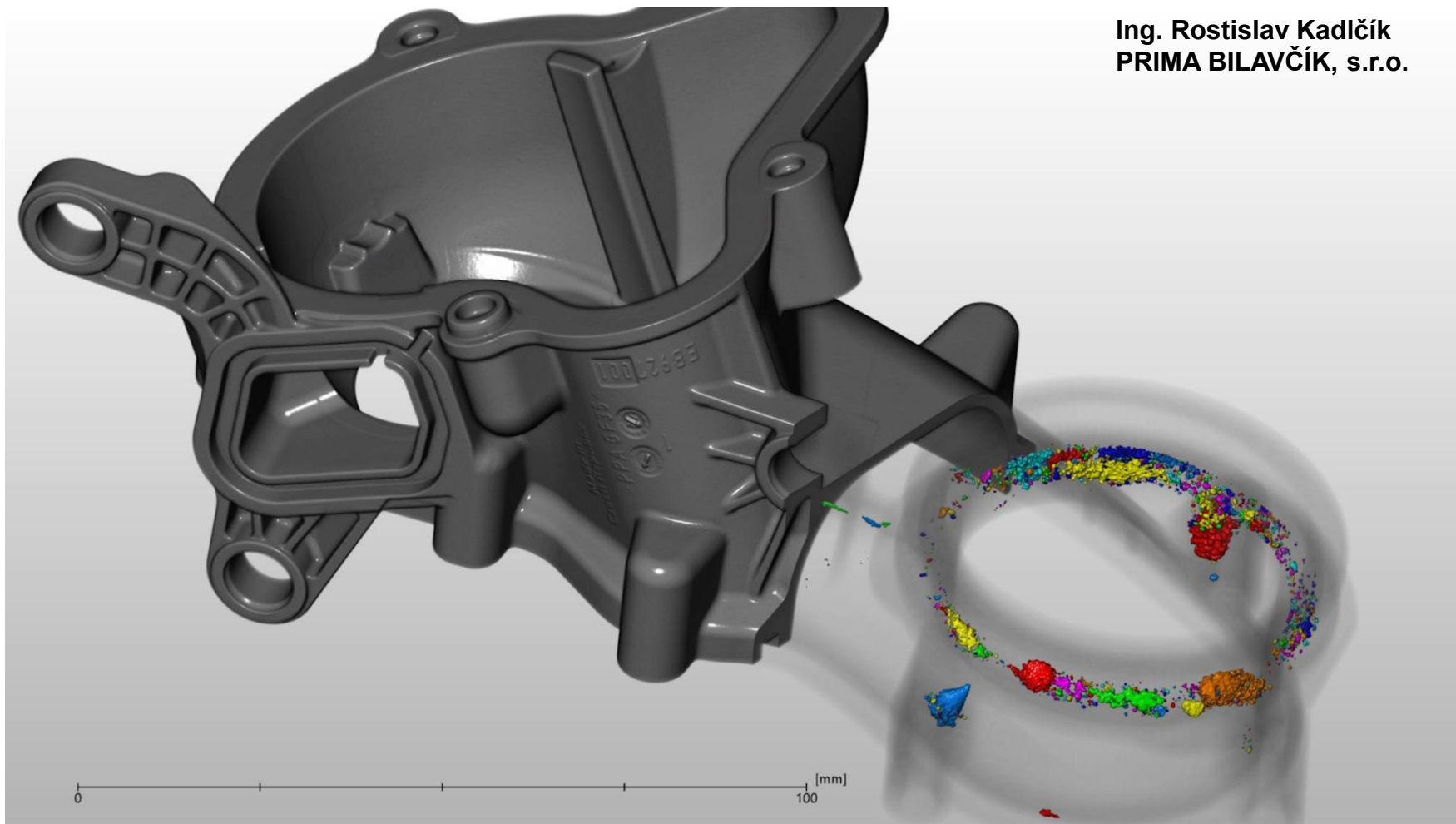




Zpracování obrazu Werth v tomografii pro komplexní detekci vad

Přístroje pro měření a metrologii
PRIMA
BILAVČÍK s.r.o.



Ing. Rostislav Kadlčík
PRIMA BILAVČÍK, s.r.o.



Werth Messtechnik GmbH

1954 - 2017



RECORD® E (1954)

První profil-projektor Werth



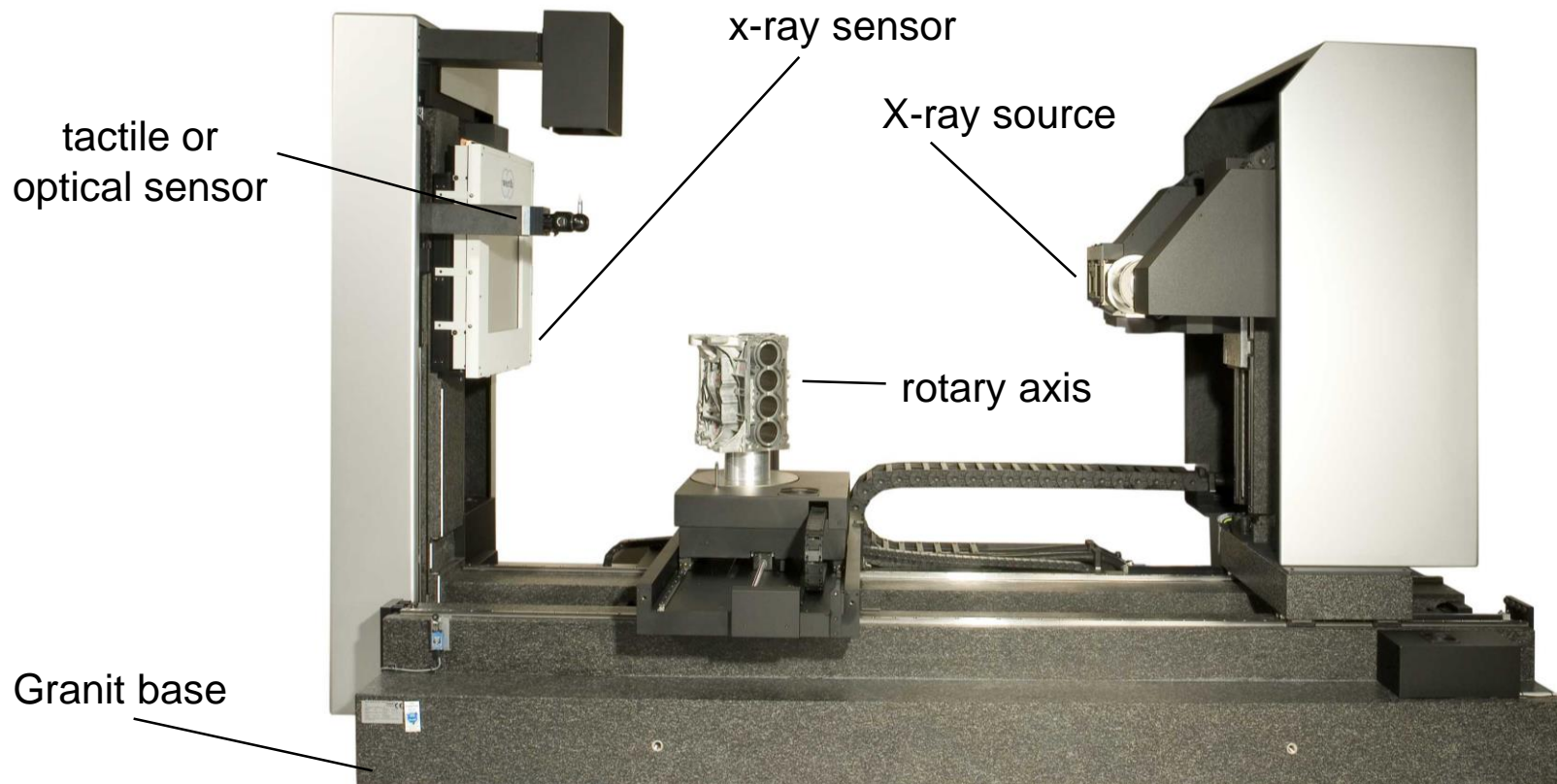
Inspector® (1987)

První multi-senzorový CMM se zpracováním obrazu Werth

Werth TomoCheck® HA (2017)

Celosvětově nepřesnější průmyslové CT se zpracováním obrazu Werth

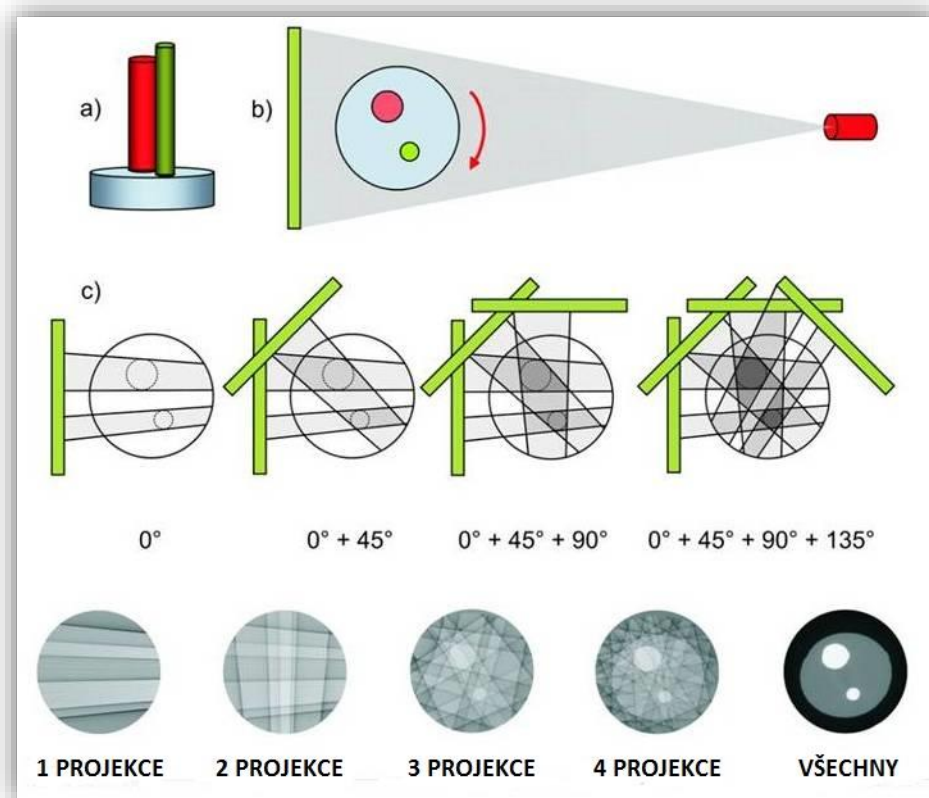




Coordinate measuring machine with x-ray tomography for the most stringent requirement
with a small cone beam angle

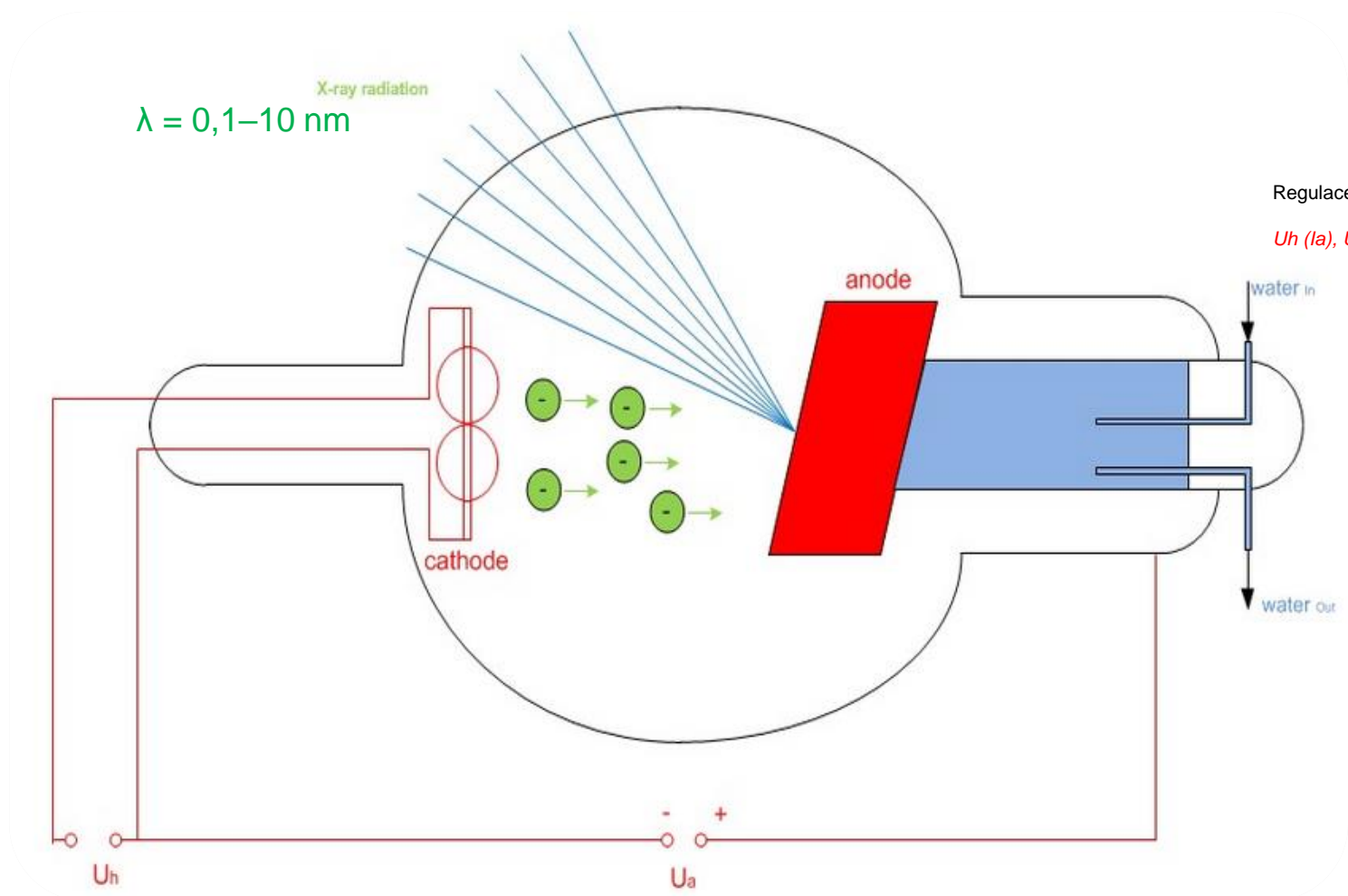
- a) měřený díl b) rentgenový paprsek dopadající na detektor
 c) postupná rotace a projekce jednotlivých 2D snímků

Po kompletní rotaci o 360°
 dochází k rekonstrukci 3D
 obrazu z jednotlivých kroků



Rentgenová trubice

fyzikální princip



$$P = U_a \cdot I_h \quad [W]$$

U_a = napětí mezi katodou a anodou RTG trubice [V, kV]

I_h = žhavicí proud wolframového vlákna [A, μ A]

Max. elektrický výkon (výkon rentgenového záření) = 300 W

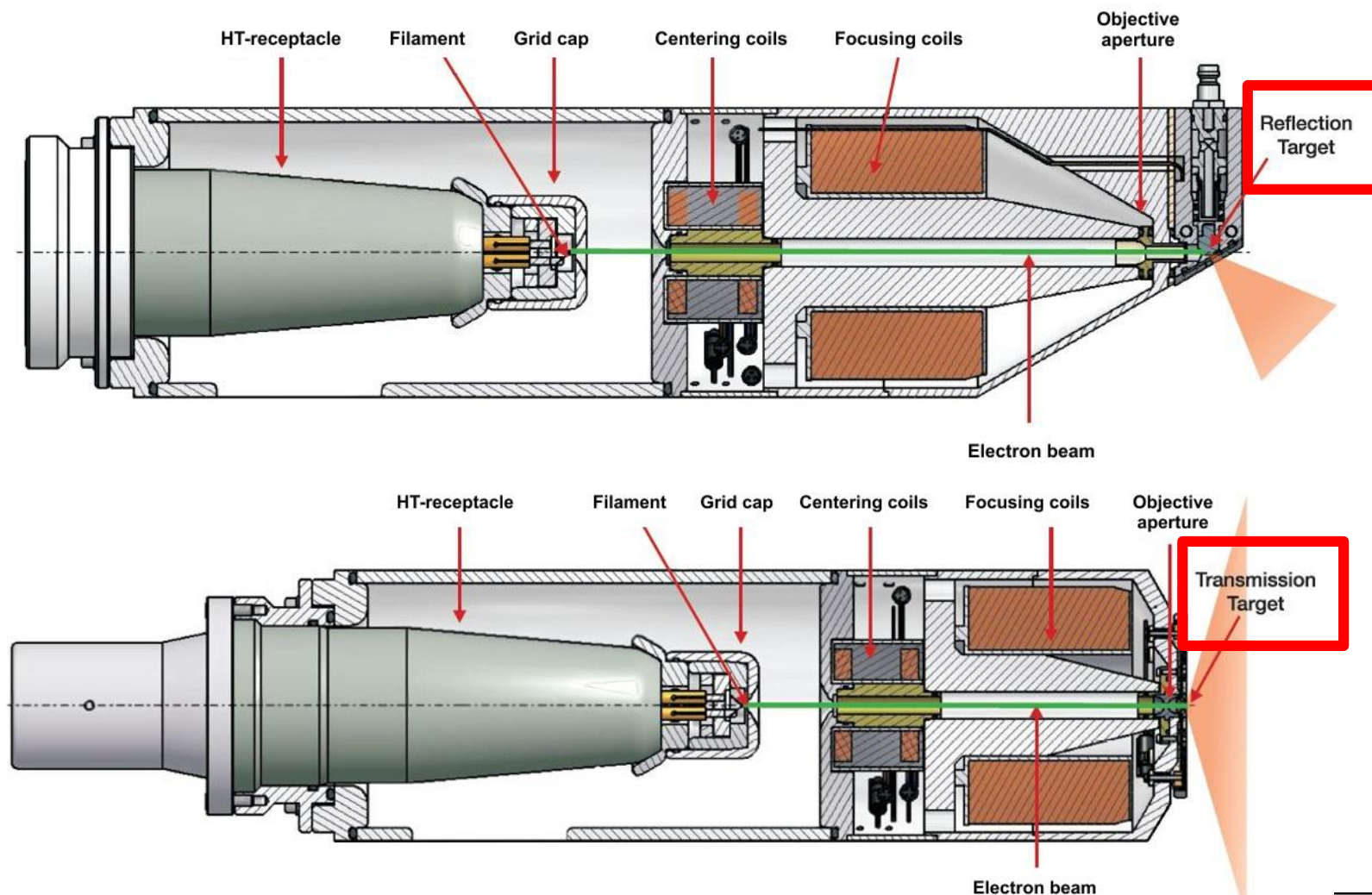
$$P = 300 [kV] \cdot 1000 [\mu A]$$

$$P = 300 W$$

$$P = 200 \cdot 1500 = 300 W$$

Rentgenová trubice

Reflexní vs. transmisní

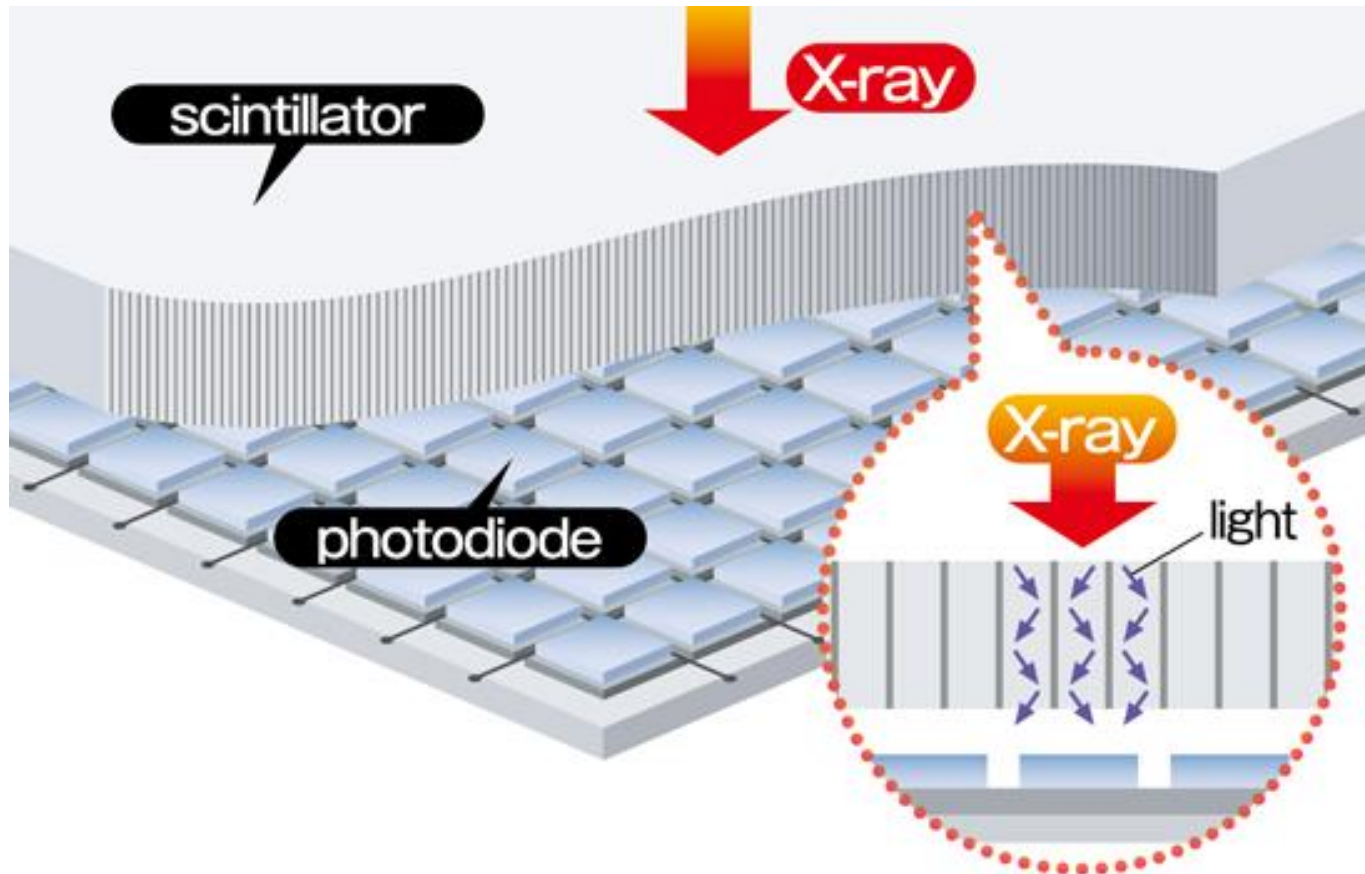


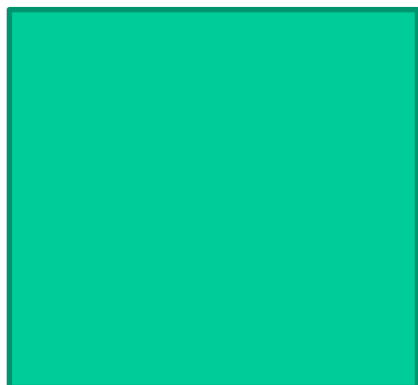


Highres Detektor PE 4000

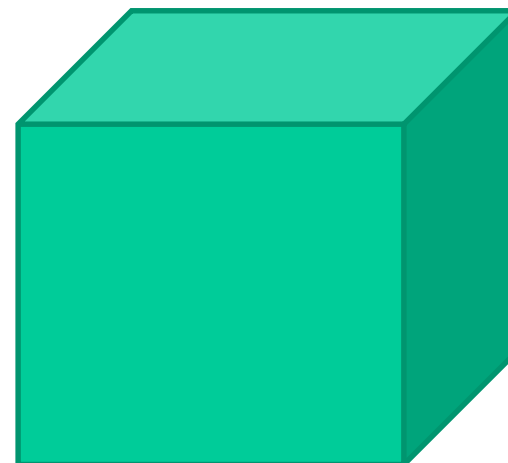
16 Megapixel with 400x400 mm active surface

Pixel Number	4096*4096
min. Pixel Size	100 μm x 100 μm
Aktive Area	400 mm x 400 mm
A/D Converter	16 bit
Frequency	3,75 – 15 fps
Article Number	94.5711.1260



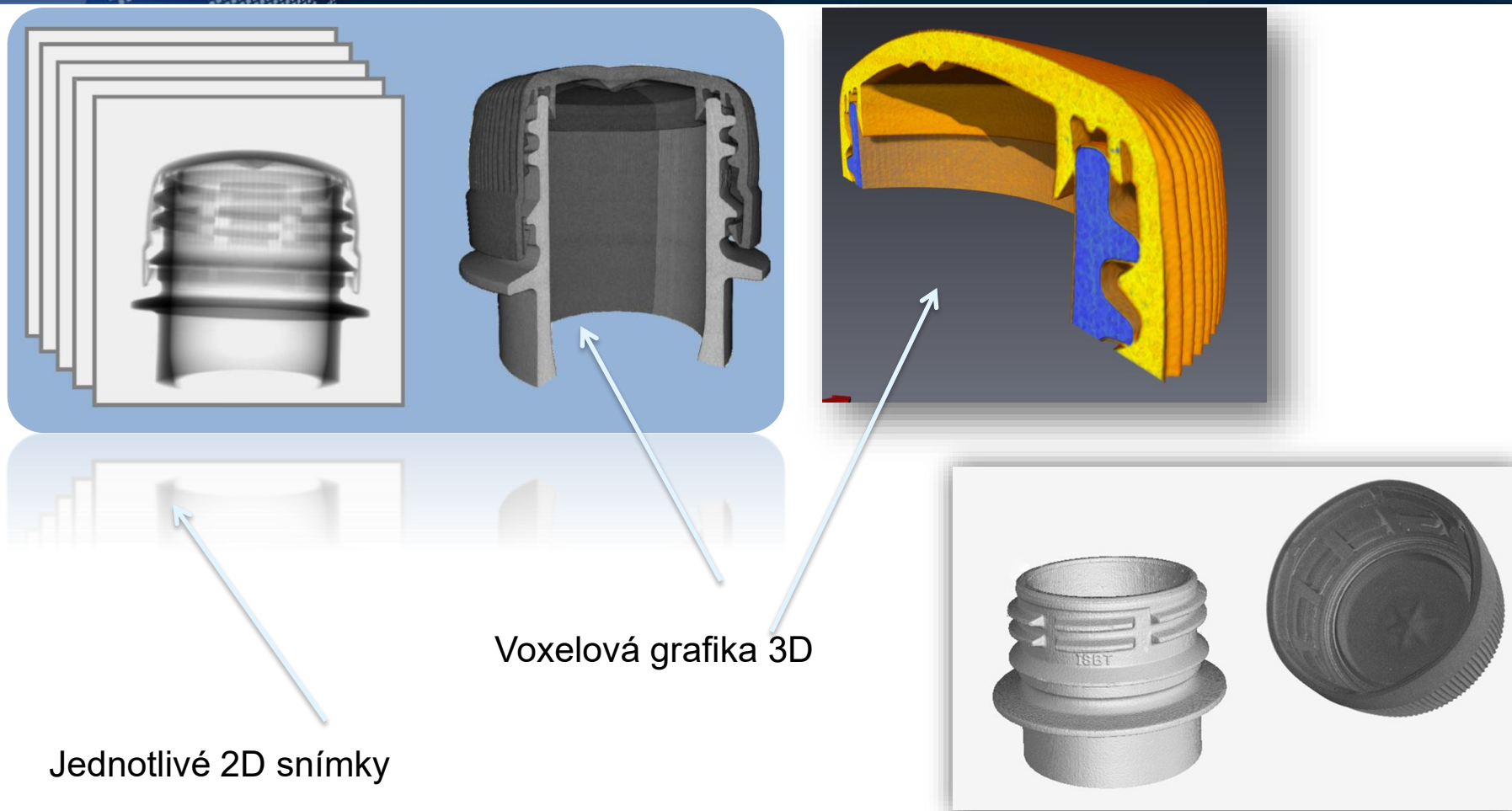


Pixel



Voxel

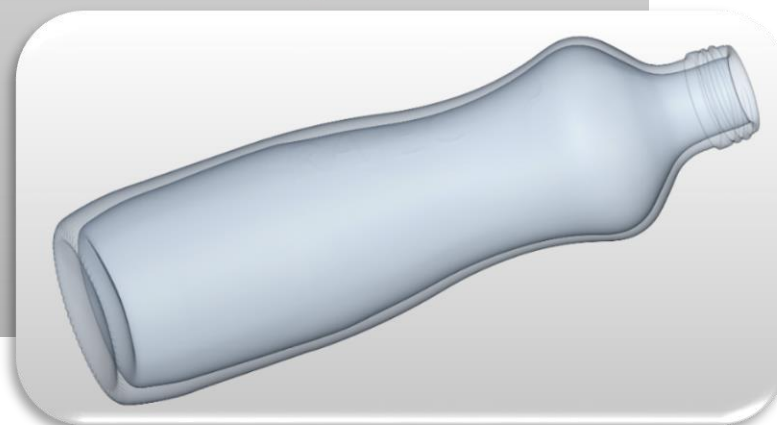
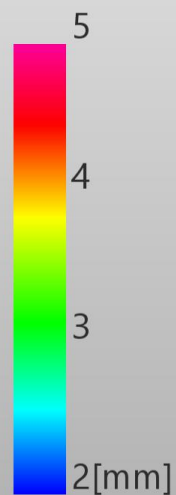
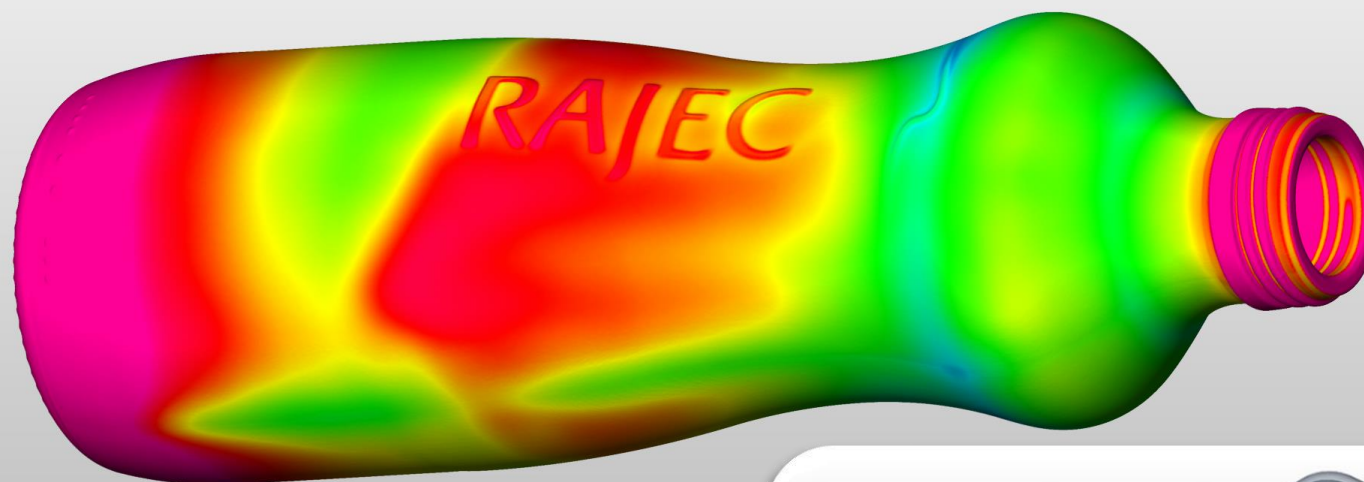
VOlumatic pi**XEL**



Voxelová grafika 3D

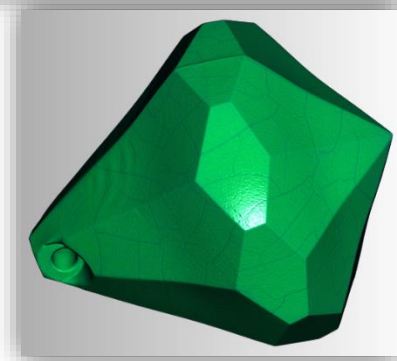
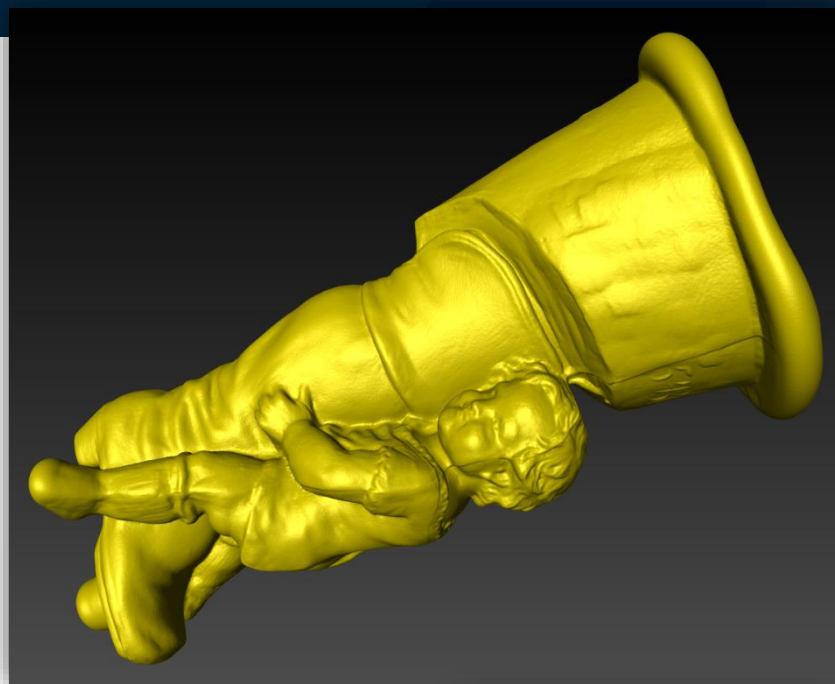
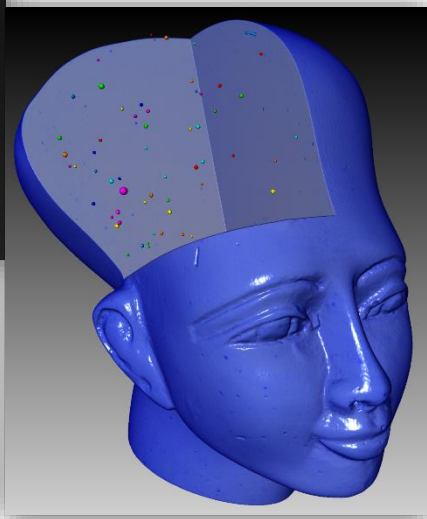
Jednotlivé 2D snímky

Nasnímané body zobrazené polygonální sítí STL



Aplikace

Digitalizace vzácných předmětů



Požadavky na výkon rentgenového zdroje

	130 kV	150 kV	190 kV	225 kV	300 kV	450 kV
Mosaz / nikl	až do 3 mm	až do 5 mm	až do 15 mm	až do 25 mm	až do 35 mm	až do 50 mm
Ocel / keramika	až do 5 mm	až do 8 mm	až do 25 mm	až do 40 mm	až do 50 mm	až do 70 mm
Titan	až do 15 mm	až do 30 mm	až do 55 mm	až do 90 mm	až do 105 mm	až do 140 mm
Hliník	až do 30 mm	až do 50 mm	až do 90 mm	až do 150 mm	až do 180 mm	až do 250 mm
Plast / karbon	až do 90 mm	až do 130 mm	až do 200 mm	až do 250 mm	až do 320 mm	až do 450 mm

Tyto hodnoty jsou pouze orientační. Celková síla stěny je závislá na geometrii materiálu:

Plastové konektory
 Kryty mobilních telefonů
 Zubní implantáty

Vsazené konektory
 Kryty čerpadel
 Titanové implantáty

Písty motorů
 Elektro motory
 Vstříkovací trysky

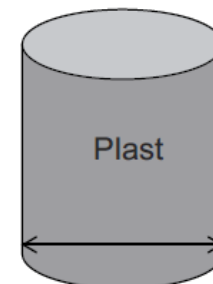
Brusné kotouče
 Vrtáky
 Zirkonové implantáty

Bloky motorů
 Přístrojové desky
 Lopatky turbín

Ocel a keramika



Hliník



Plasty (90%+ C): $6^3 * 2,1 =$ **453,6**

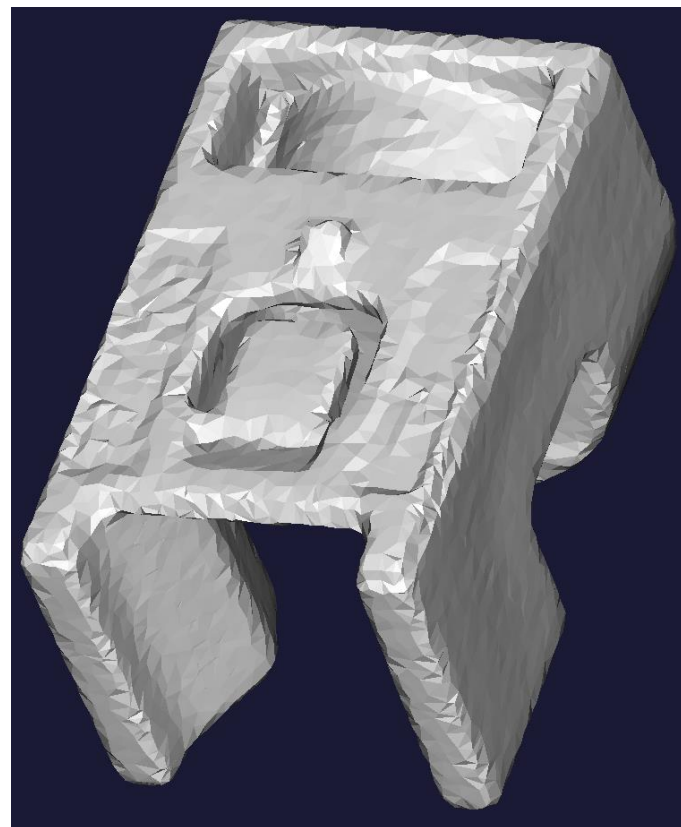
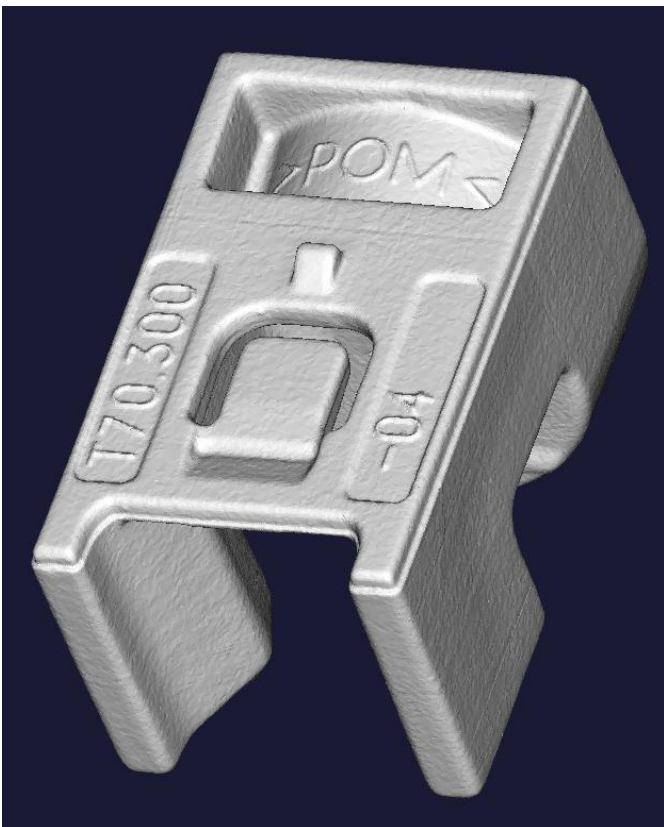
Hliník (Al): $13^3 * 2,7 =$ **5932**

Železo (Fe): $26^3 * 7,8 =$ **137 093**

Olovo (Pb): $82^3 * 11,4 =$ **6 285 595**



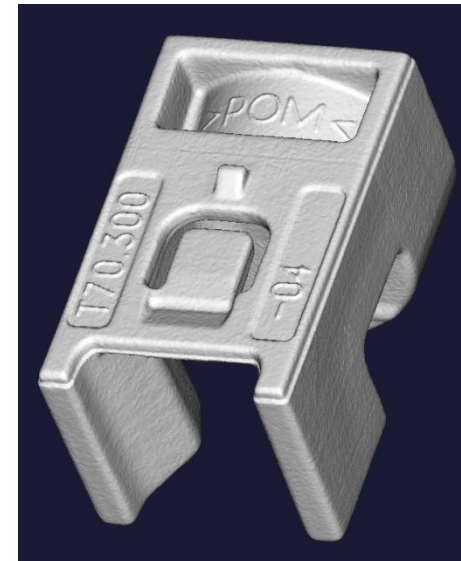
16-bit SŠ – 65 536



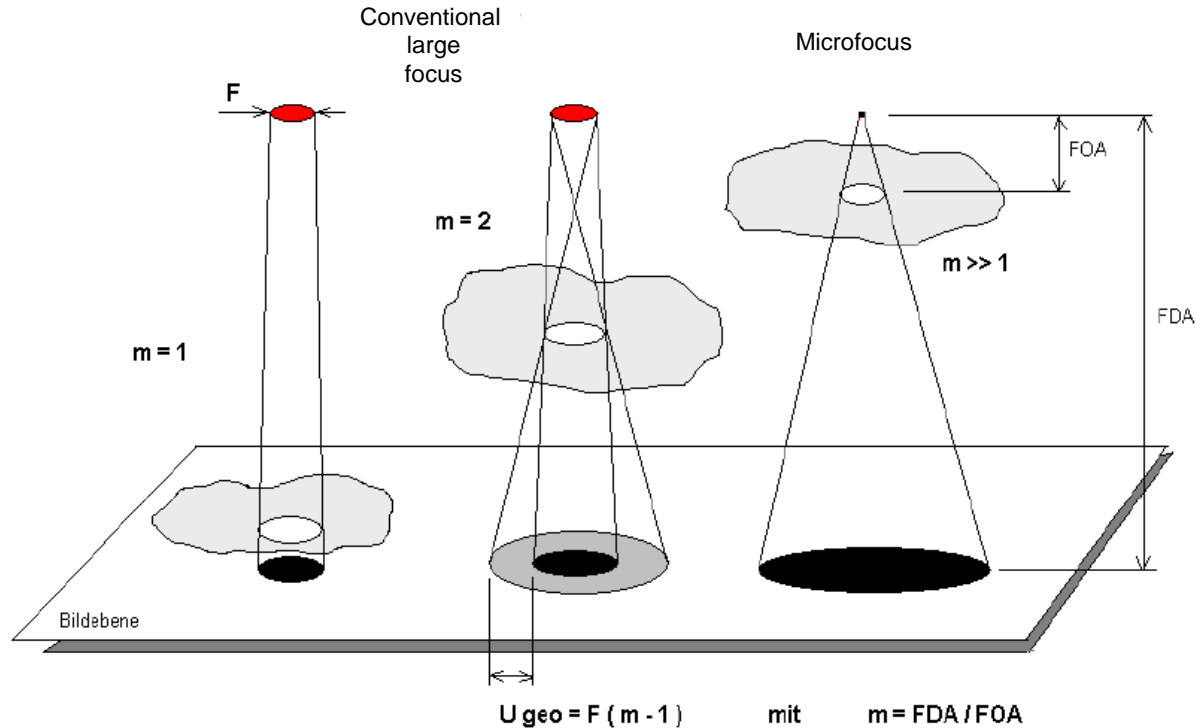
- Strukturální rozlišení má vliv na rozpoznání drobných detailů. Rozlišení není přímo závislé na nejistotě měření!

Factors influencing structural resolution using tomography:

- Size of focal spot
- Detector resolution
- Magnification
- Rotary axis



Structural Resolution vs. Size of Focal Spot



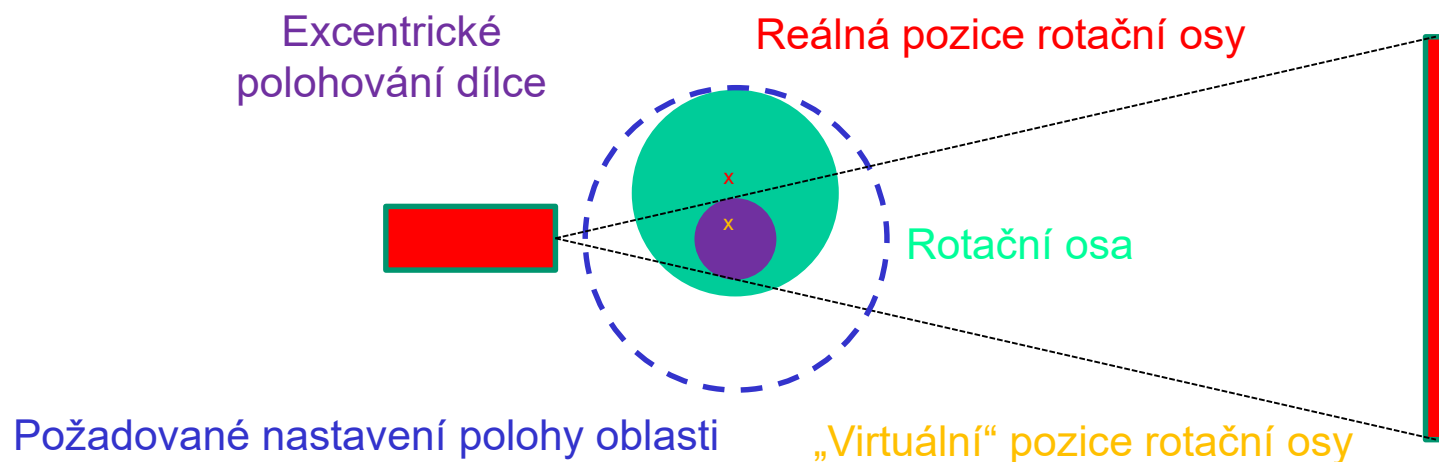
- Focal spot at a measurement should not be larger than the voxel size
- The voxel size depends on the number of pixels at the detector and the magnification

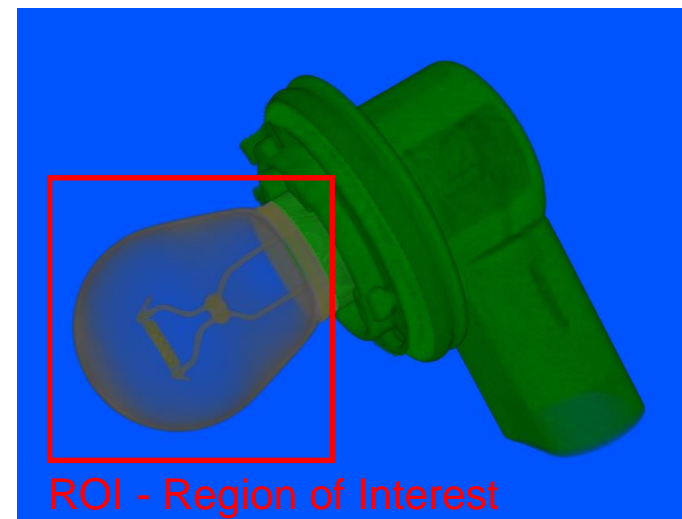
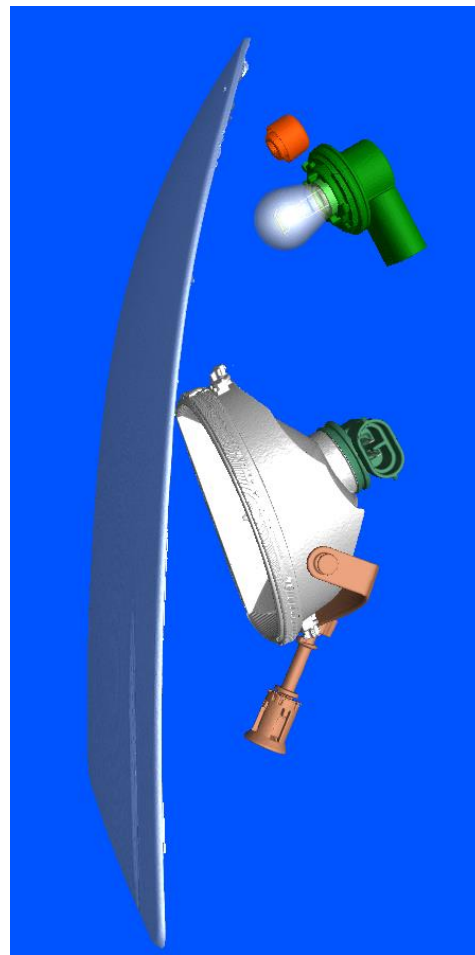
Problém:

Při vysokém zvětšení je obtížné ruční nastavení polohy malých dílců na střed rotační osy.
→ Excentrické upnutí vede ke špatnému využití dostupného měřicího rozsahu.

Řešení “excentrická počítačová tomografie”:

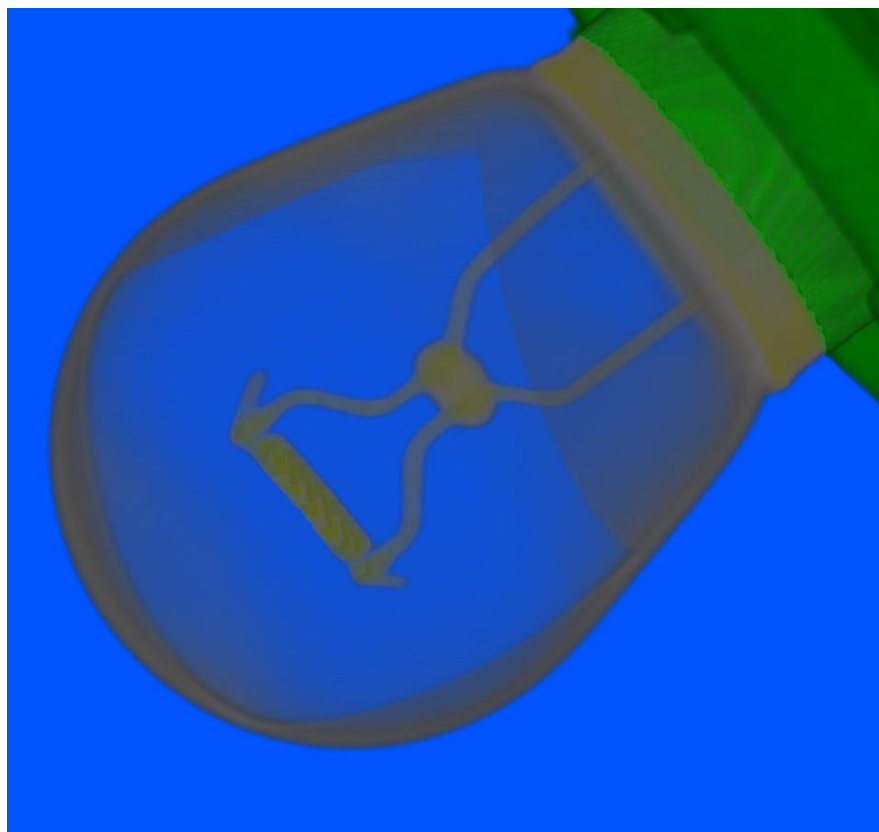
Ta kompenzuje excentrickou pozici dílce sledováním posunu rotační osy využitím CNC os stroje a rotace kolem virtuální osy otáčení.



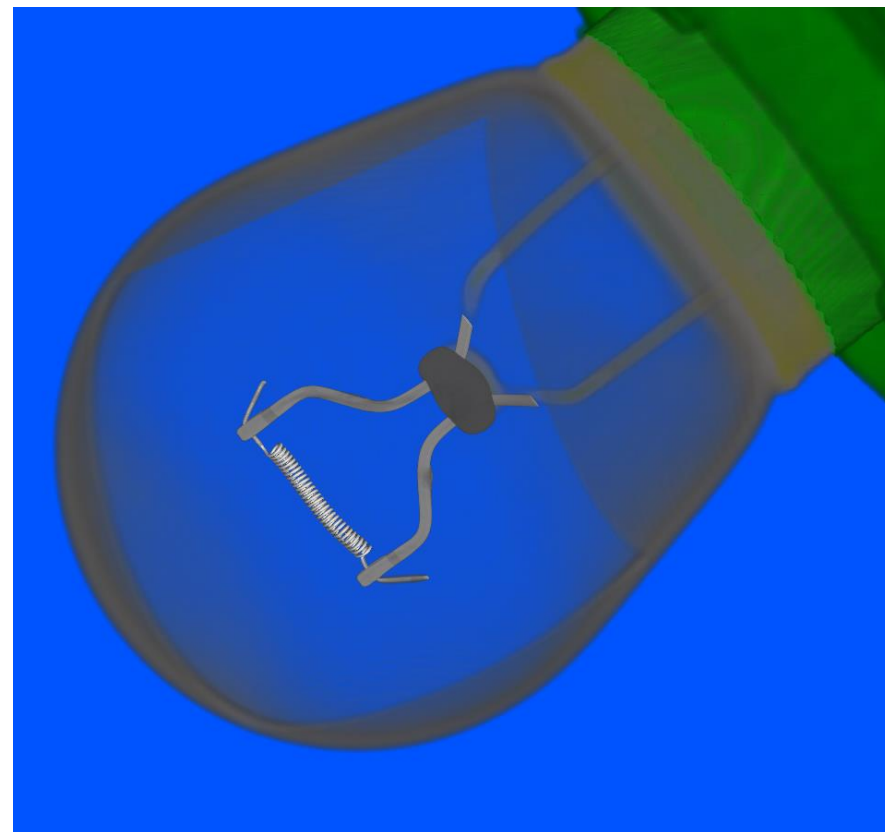


- Detail měření je umístěn v komponentu
- Oblast zájmu (ROI) výběr může být mnohem menší než celý komponent

CT scan, segmented

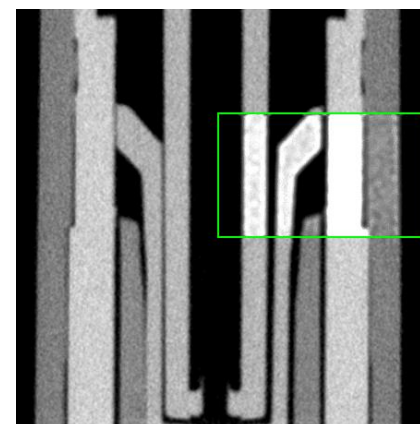
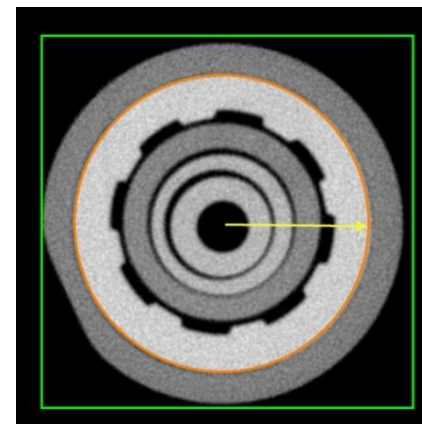
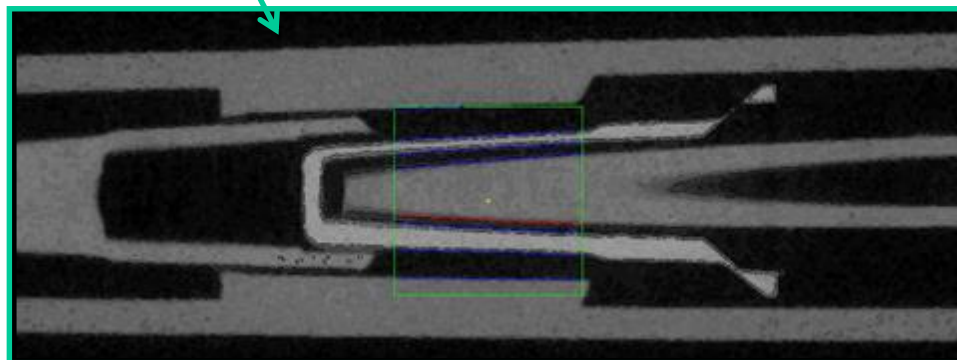
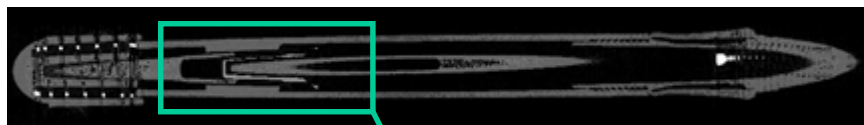


Výsledek bez ROI



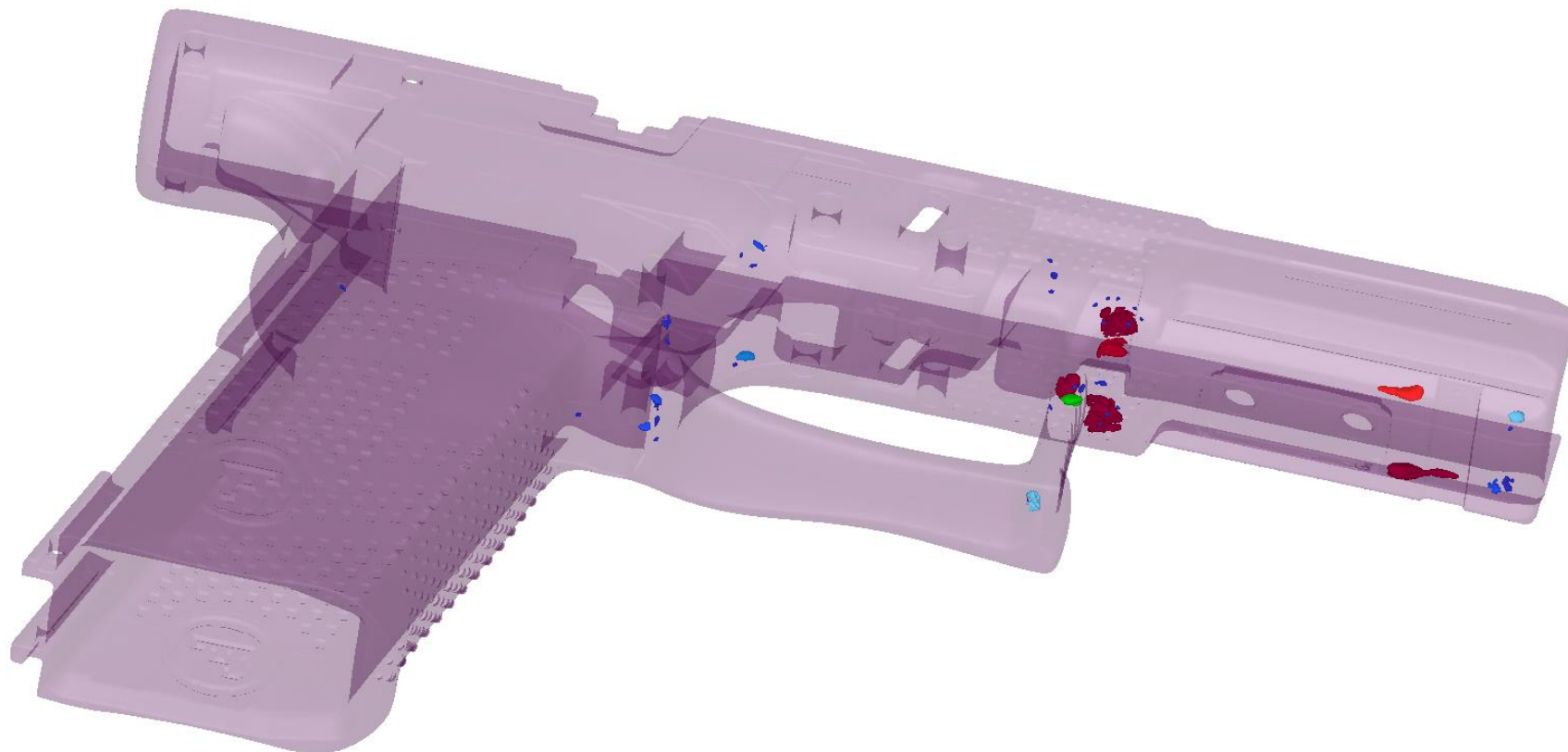
Výsledek s ROI

- Průkazné výsledky se zpracováním obrazu Werth
- Kompletní 3D měření
- Podpora CAD
- Automatické měření multi-materiálových dílců
- Funkce elektronického zoomování



Mrak bodů „STL“



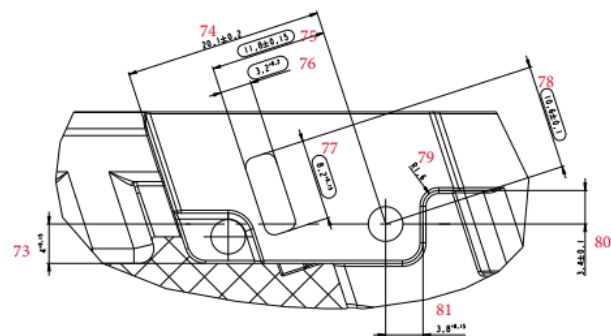




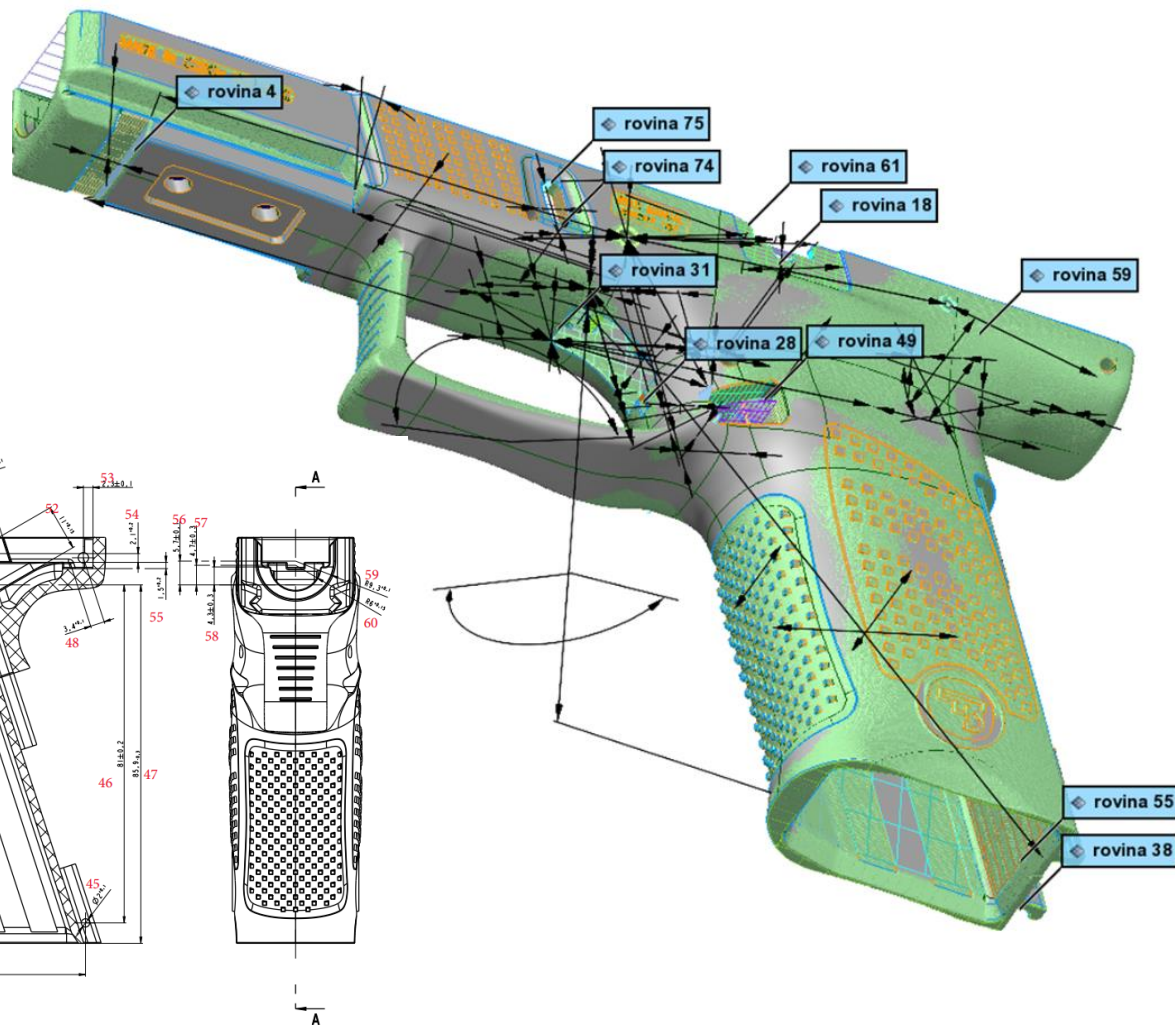
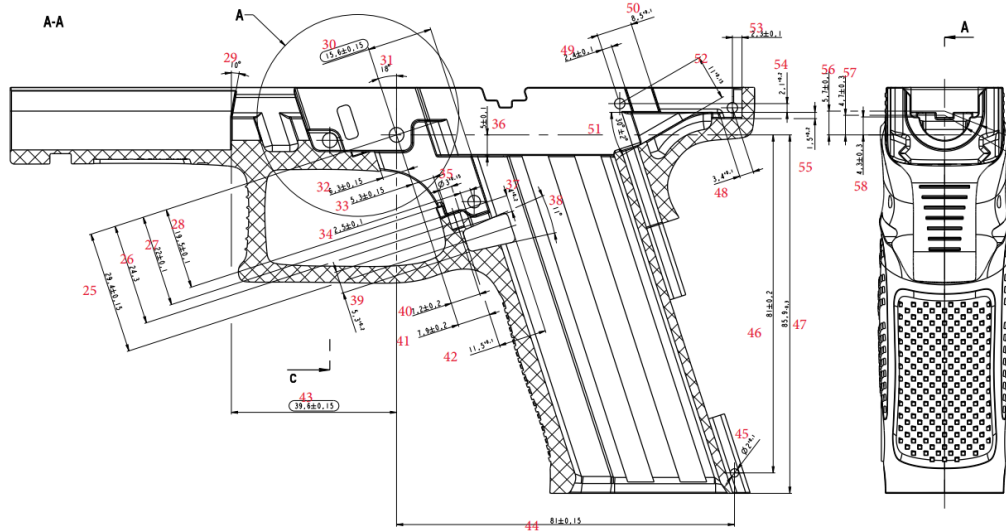
werth

Messtechnik

Rozměrová kontrola dle výkresové dokumentace

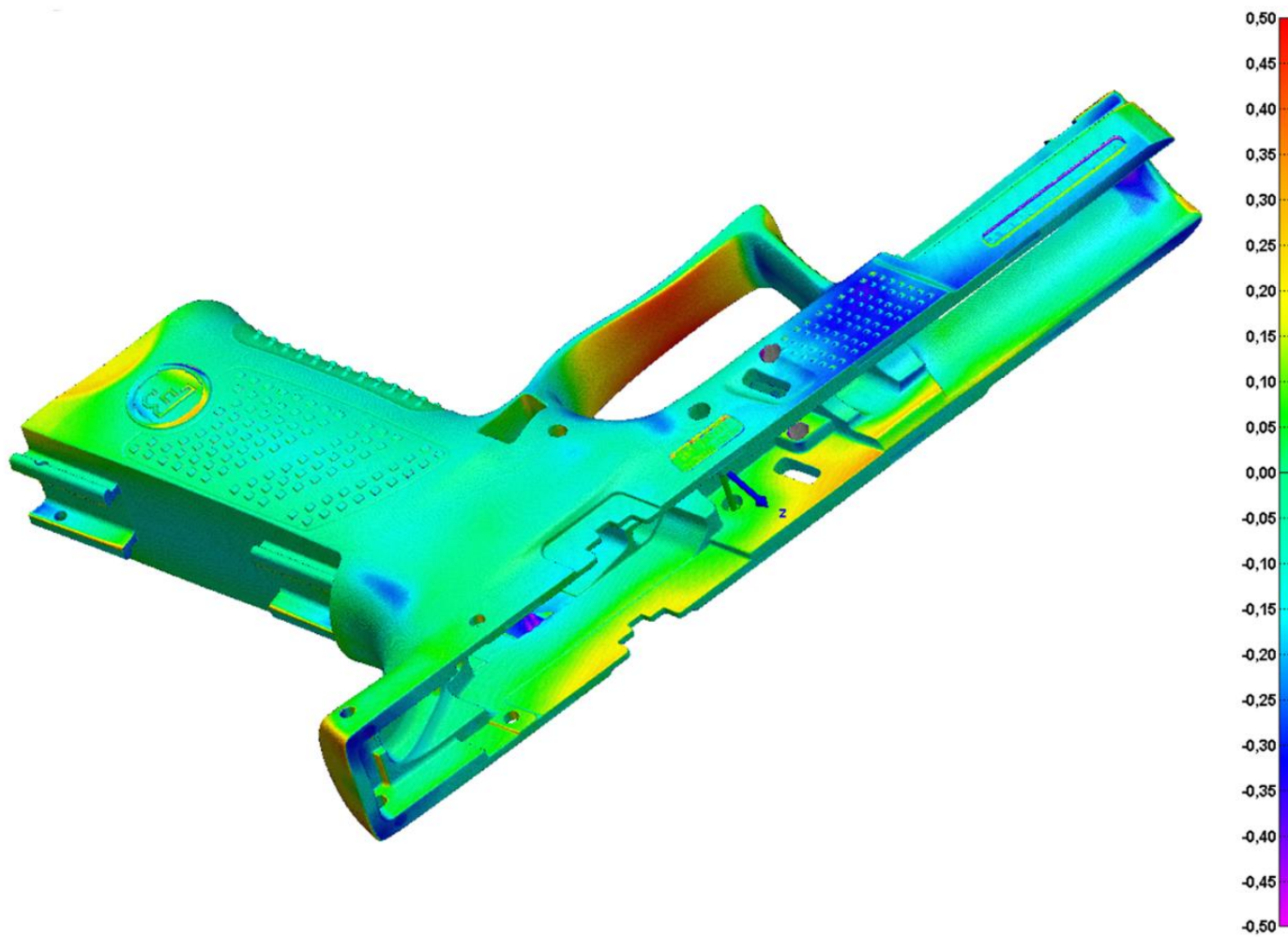


A





Automatické porovnání 3D-sken vs. 3D-CAD



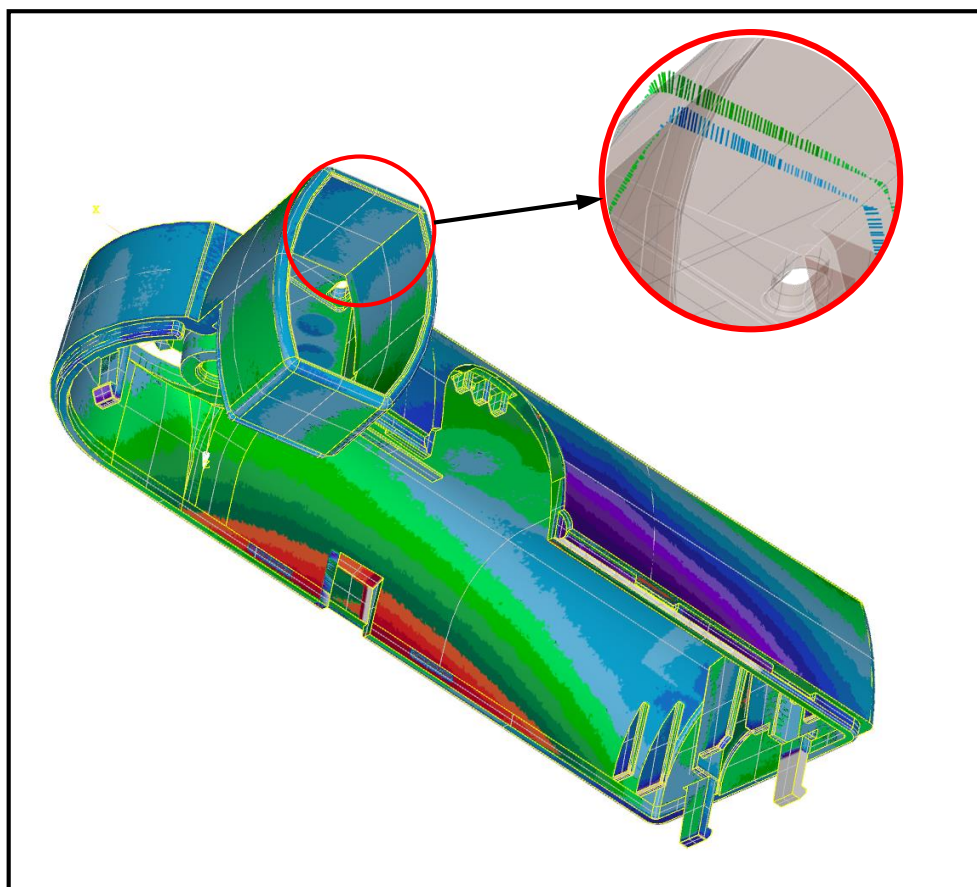
CAD = Computer Aided Design (počítačem podporované projektování)

- První 2D systém se zrodil v polovině 60 let u společnosti Lockheed (výrobce letadel) v USA
- První 3D systém se zrodil koncem 60 let u společnosti Dassault (Flugzeugbau) ve Francii. Tento systém byl přímým předchůdcem programu CATIA.

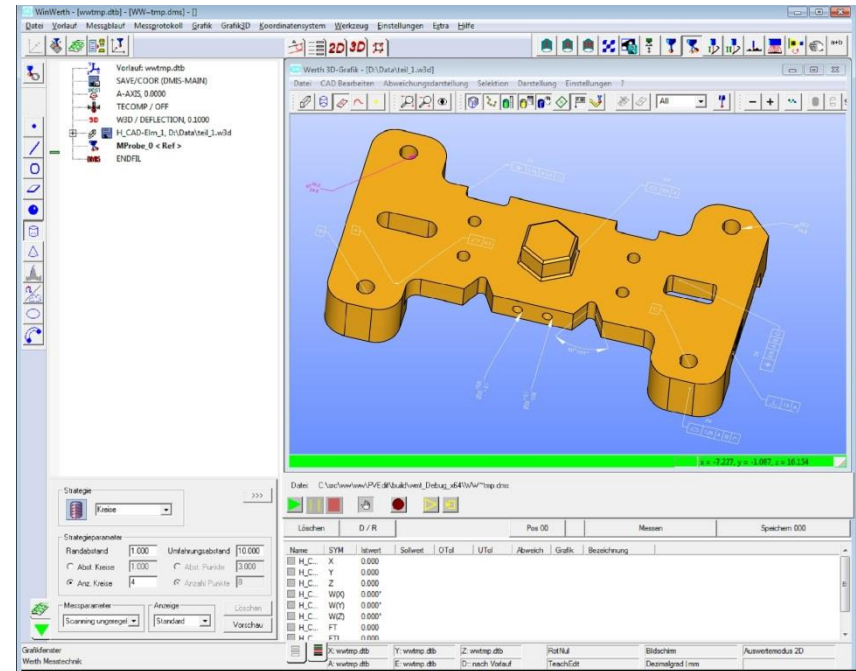


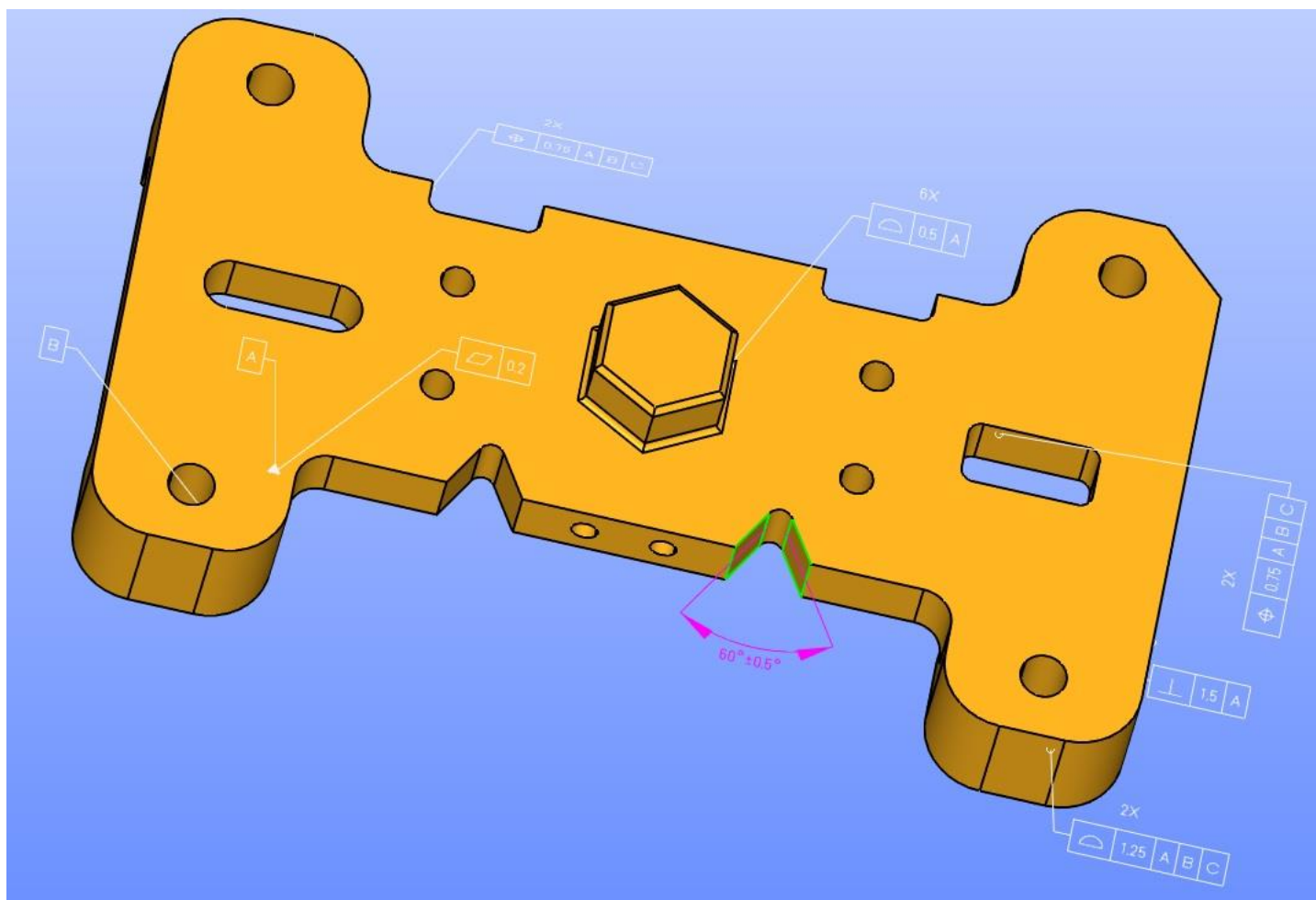
- CAD-Model obsahuje informaci o geometrických elementech.
- Také může obsahovat rozměry a tolerance
- Geometrie popisující křivky, obecné plochy nebo objem

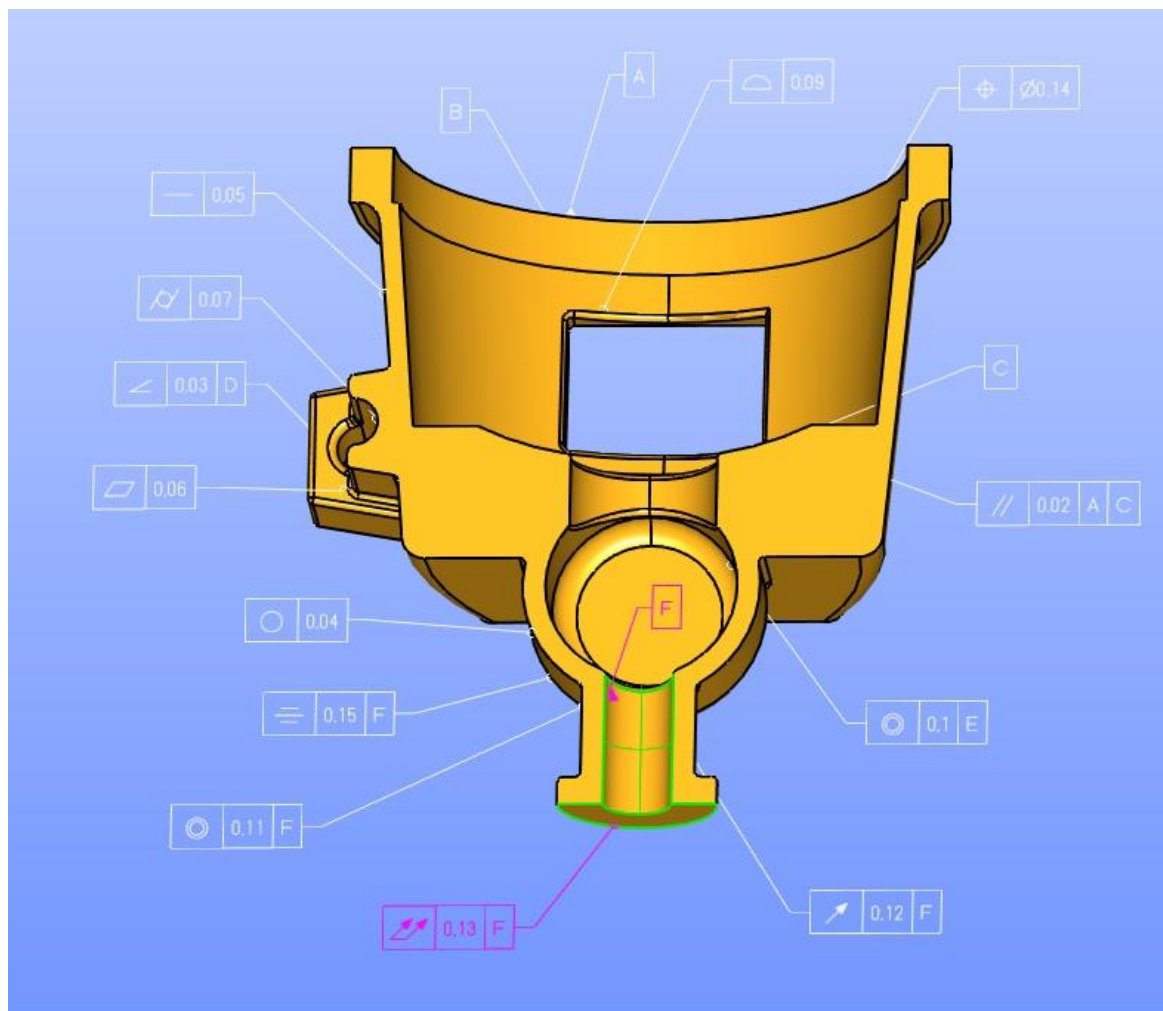
Barevně kódovaná reprezentace odchylek od CAD modelu
– alternativně lze zobrazit odchylky jako „hroty“



- Product Manufacturing Information
- 3D-CAD-Formát s rozměry, tvary a informacemi o poloze
- Je ve fázi zavádění ve velkým společnostech
- Výhody pro SMS: snadná příprava měřicí sekvence



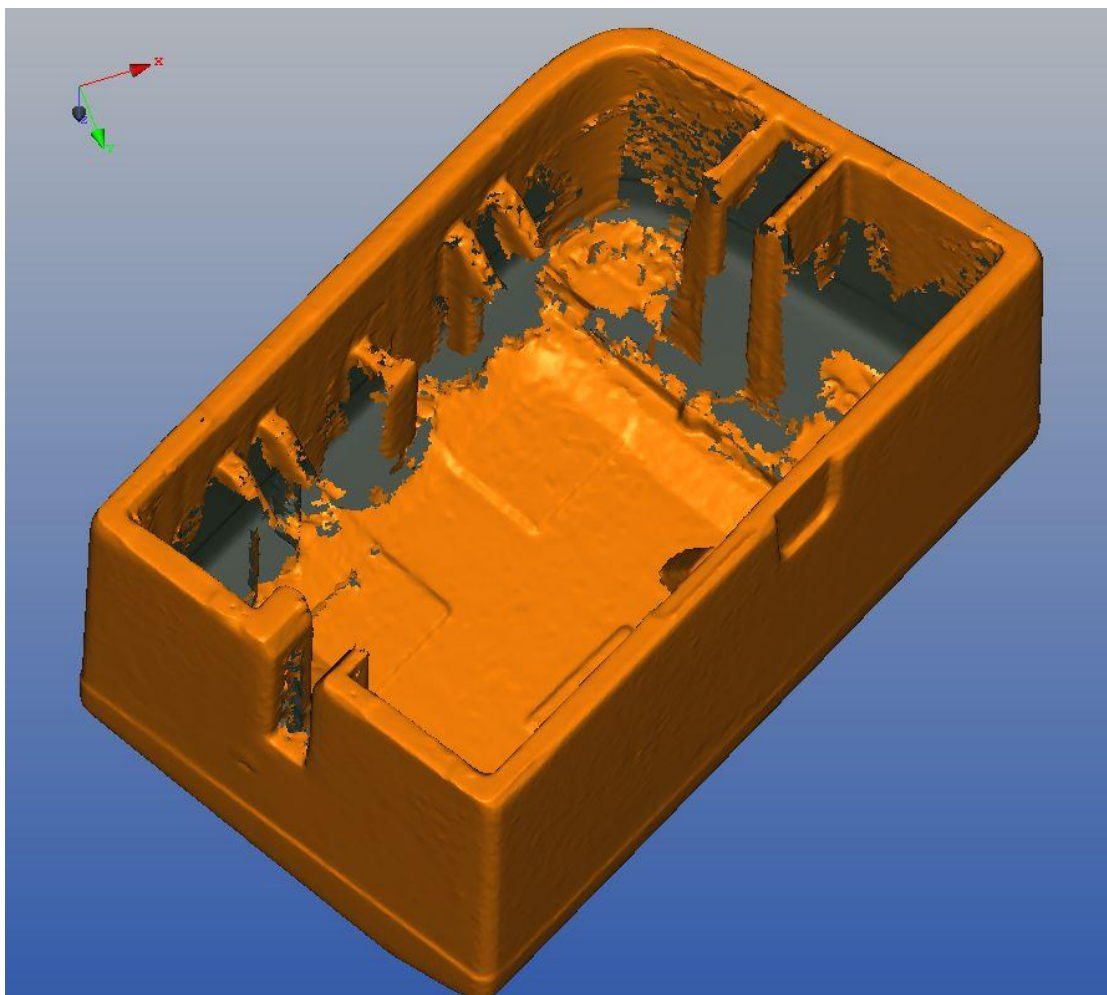






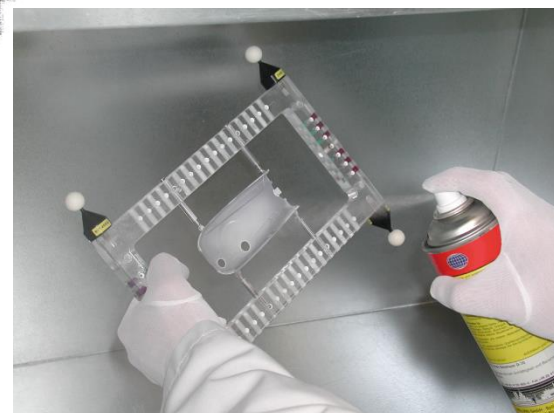
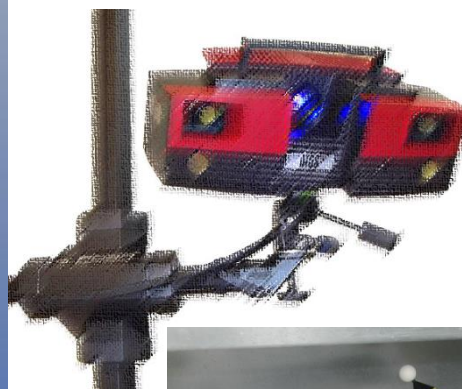
Srovnání výstupů z rozdílných 3D systémů

Optický 3D-SKENER (triangulace)



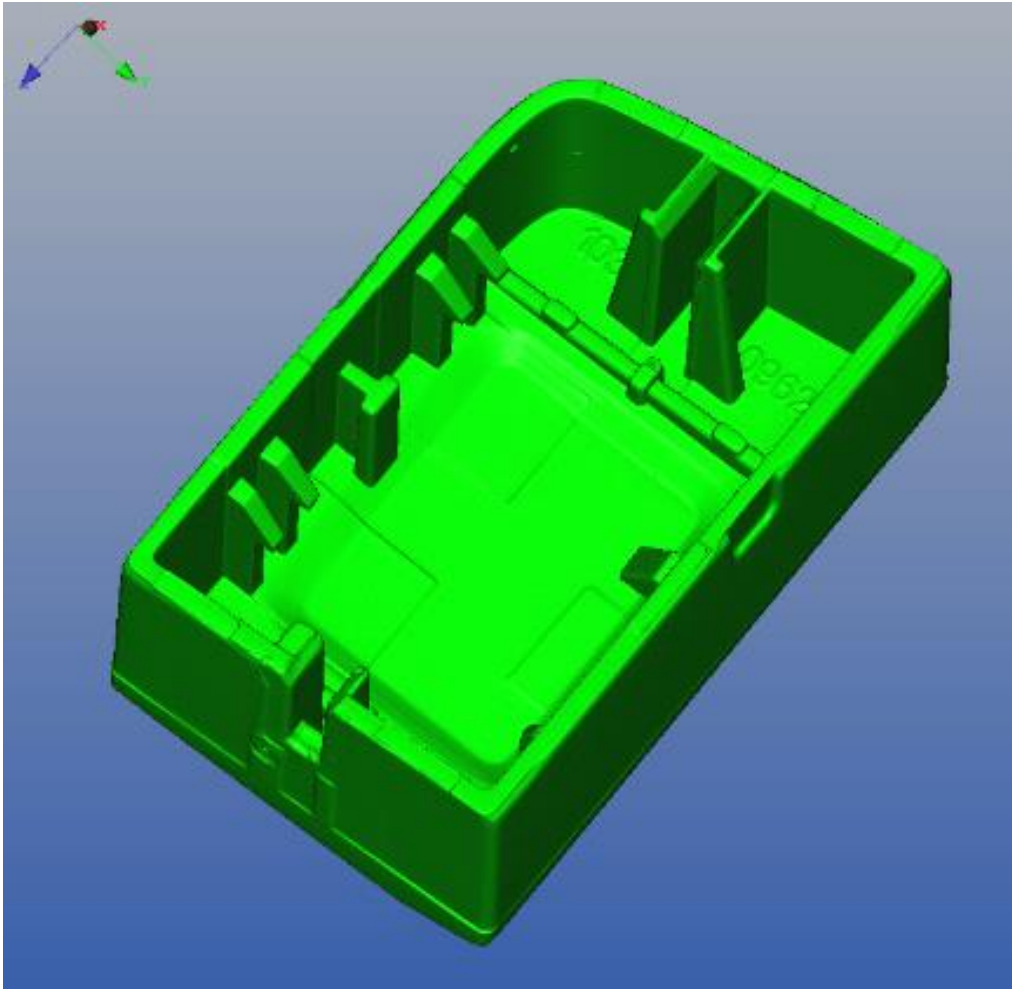
Triangulační optické 3D skenery poskytují vysokou snímací rychlost, ale značně omezenou přístupností k vnitřním a okrajovým prvkům neumožní vysoce přesnou rozměrovou kontrolu.

Nevýhody:
nedostupnost vnitřních a okrajových oblastí
náročná příprava lesklých & tmavých objektů



Srovnání výstupů z rozdílných 3D systémů

Rentgenová tomografie Werth TomoScope® (CT)



Počítačová tomografie (CT) umožňuje úplně zachycení součástek nezávisle na jejich komplexnosti. Zachytí se jak vnější, tak i vnitřní geometrie. Vysoká přesnost tomografie Werth ve spojení s extrémně rychlou rekonstrukcí a zpracováním dat umožní automatické měření a vyhodnocení několika desítek či stovek rozměrů během několika málo minut.

Výhody:

extrémní rychlost měření

vysoká přesnost

automatizace měřicího cyklu

komplexní snímání

NDT analýzy, porozity včetně detekce dutin & prasklin

možnost bezobslužného režimu „Industry 4.0“

rychlá návratnost investice

Nevýhody:

neumožní skenování

velkých & těžkých

objektů



- o Moderní technologie CT vyvinutá z lékařských a armádních přístrojů přináší rapidní zvýšení efektivity
- o Proces komplexního vyhodnocení složitých geometrií až 50x rychlejší oproti běžnému souřadnicovému stroji
- o Inspekční funkce v čase měření:
 - o *Detekce prasklin, bublin a vad materiálu*
 - o *Zjištění lunkrů, vměstků a struktury materiálu*
- o Široká škála datových výstupů
- o Jednoduchá obsluha a kompaktní design
- o Specifikace srovnatelná se souřadnicovými měřicími stroji