

# **MAKROFOTOGRAMETRIA: nástroj metrickej digitalizácie miniatúrnych artefaktov**

**Ing. Ondrej Benko**

**doc. Ing. Marek Fraštia, PhD.**

**Ing. Peter Brunčák**

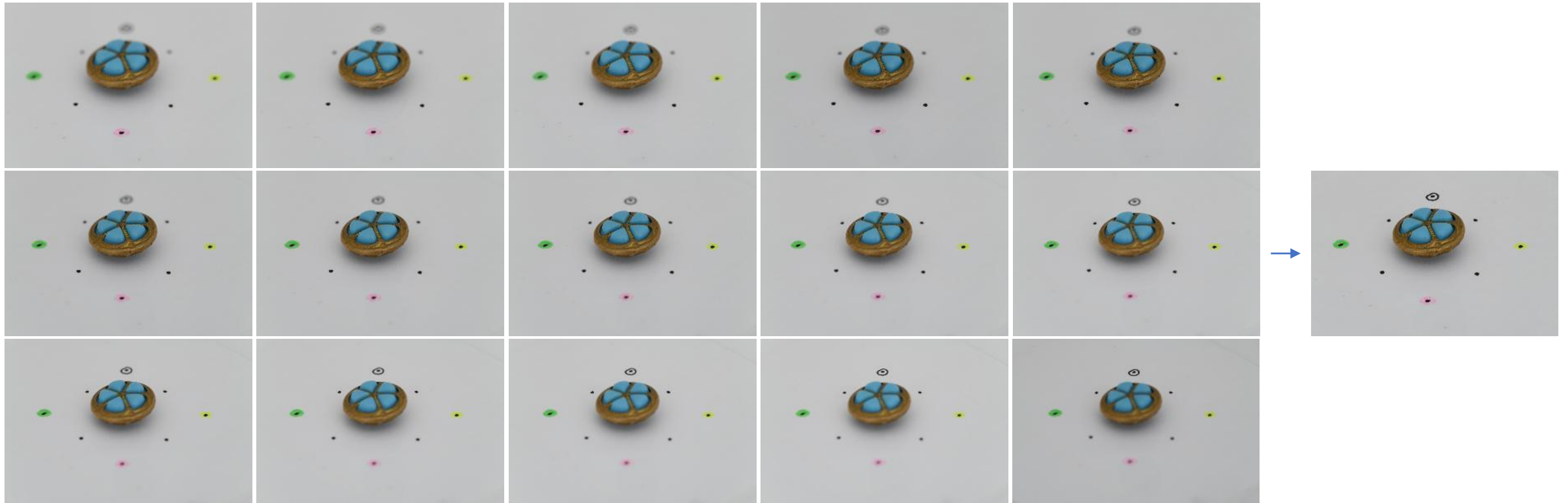
# Makrofotogrametria

- Využitie makrosnímkov (makroobjektívov) vo fotogrametrii
- Vysoká detailnosť miniatúrnych objektov
- Snímková mierka blízka 1:1 (tzv. pravé makro)
- Plytká hĺbka ostrosti – nutnosť využitia metódy „focus-stacking“



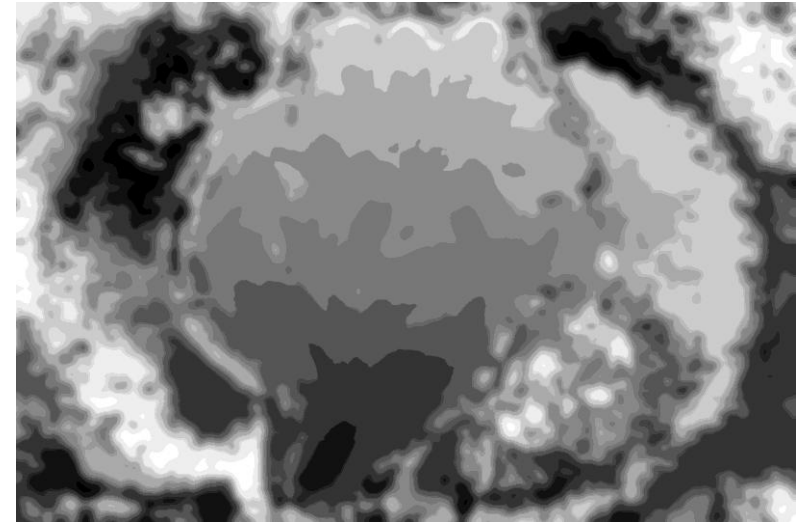
# Focus-stacking

- Spájanie krokovo preostrených snímok do jednej snímky s rozšírenou hĺbkou ostrosti



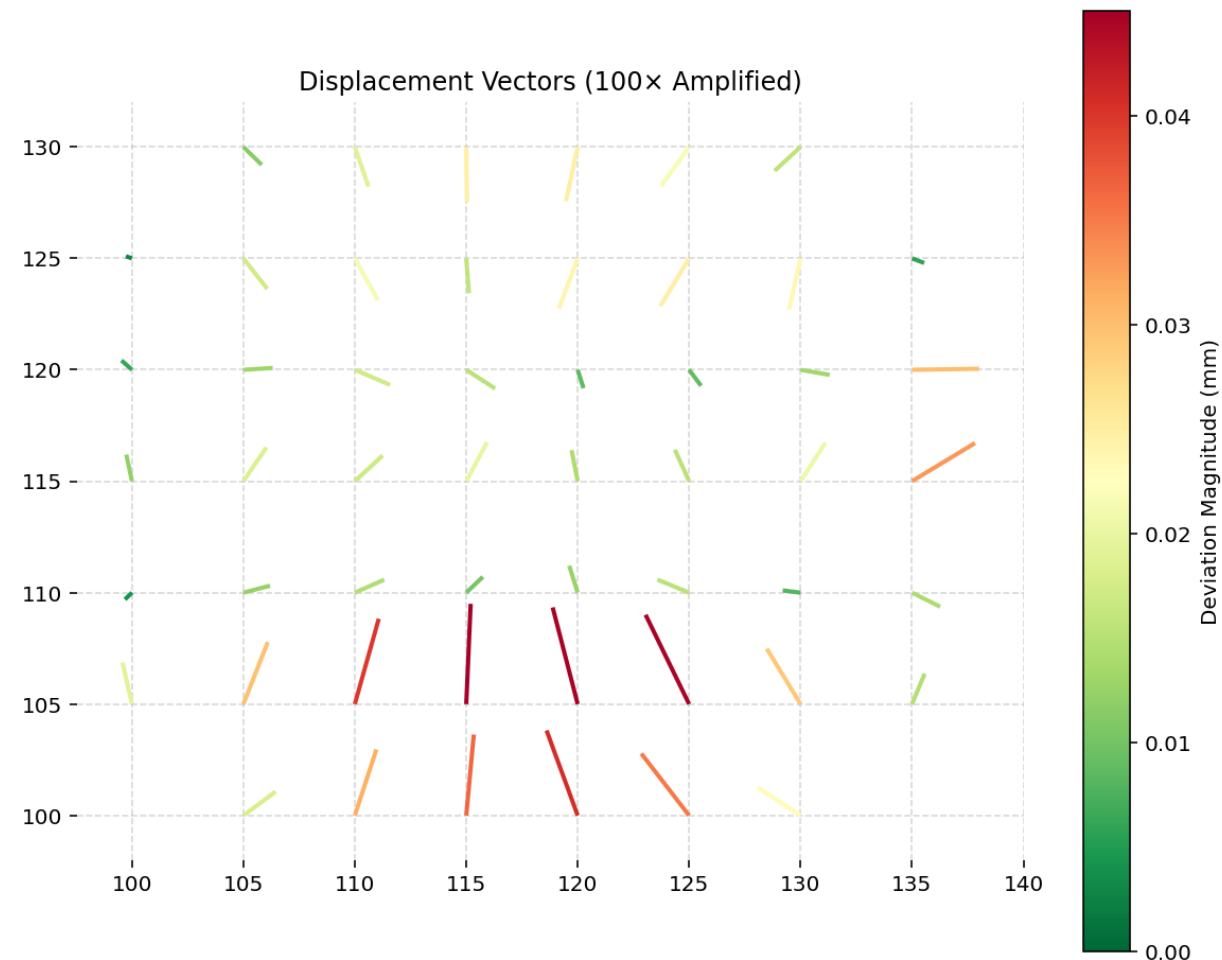
# Princíp metódy focus-stacking

- Hĺbková informácia zo zaostrenia (depth from focus):
  - Automatická detekcia ostrých častí – vyhodnotenie ostrosti každého pixelu z jeho okolia (napr. 3×3 pixely) pomocou gradientov alebo kontrastu
  - Syntéza ostrých častí snímok do hĺbkovej mapy
  - Prekreslenie ostrých častí snímok podľa hĺbkovej mapy do jednej snímky s rozšírenou hĺbkou ostrosti

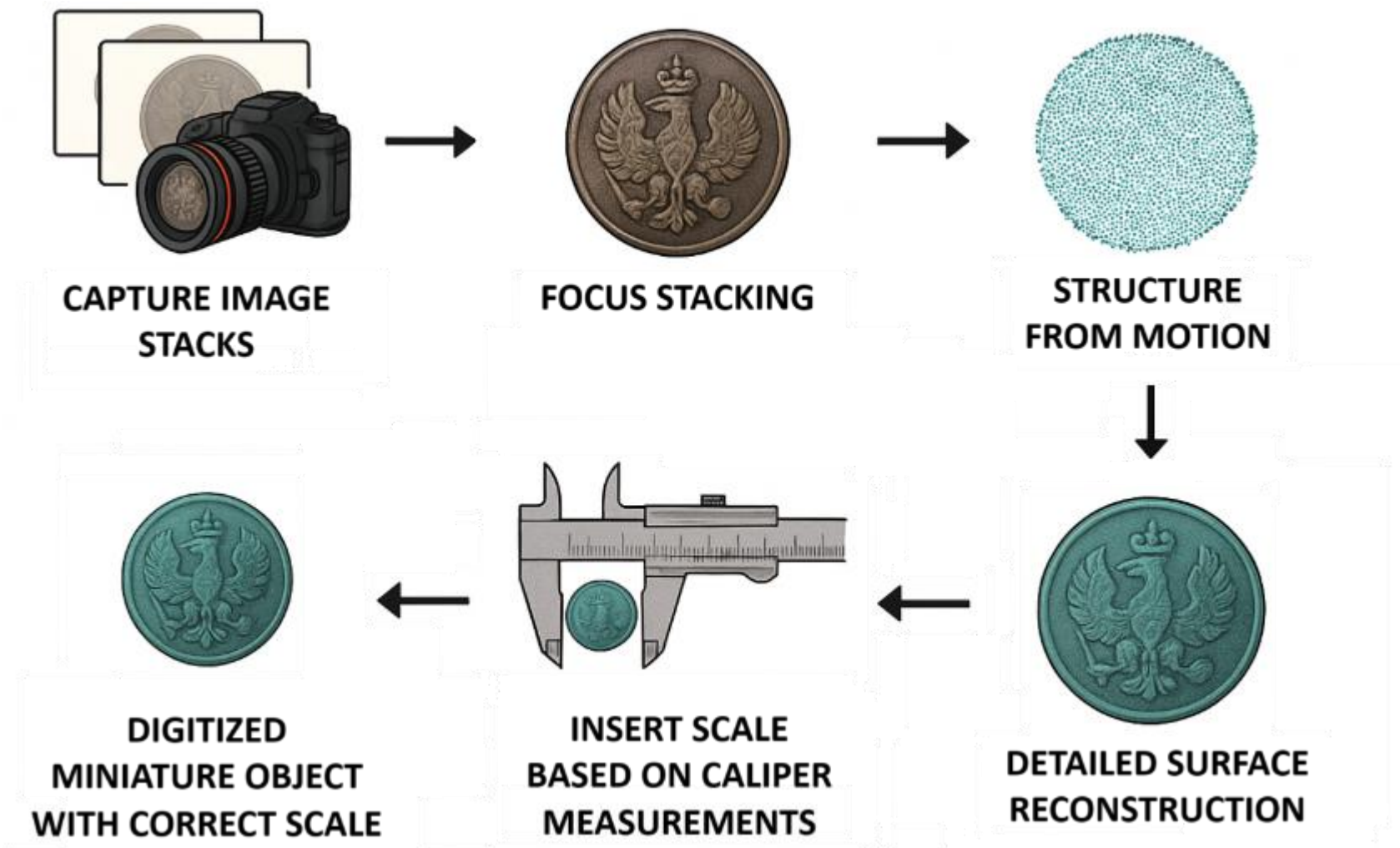


# Overenie presnosti metódy focus-stacking

- Využitie kalibračnej sklenenej platne s presne vyleptanou štvorcovou sieťou
- Meranie vrcholov štvorcovej siete a ich projektívna transformácia na základe štyroch rohových vrcholov so známymi súradnicami

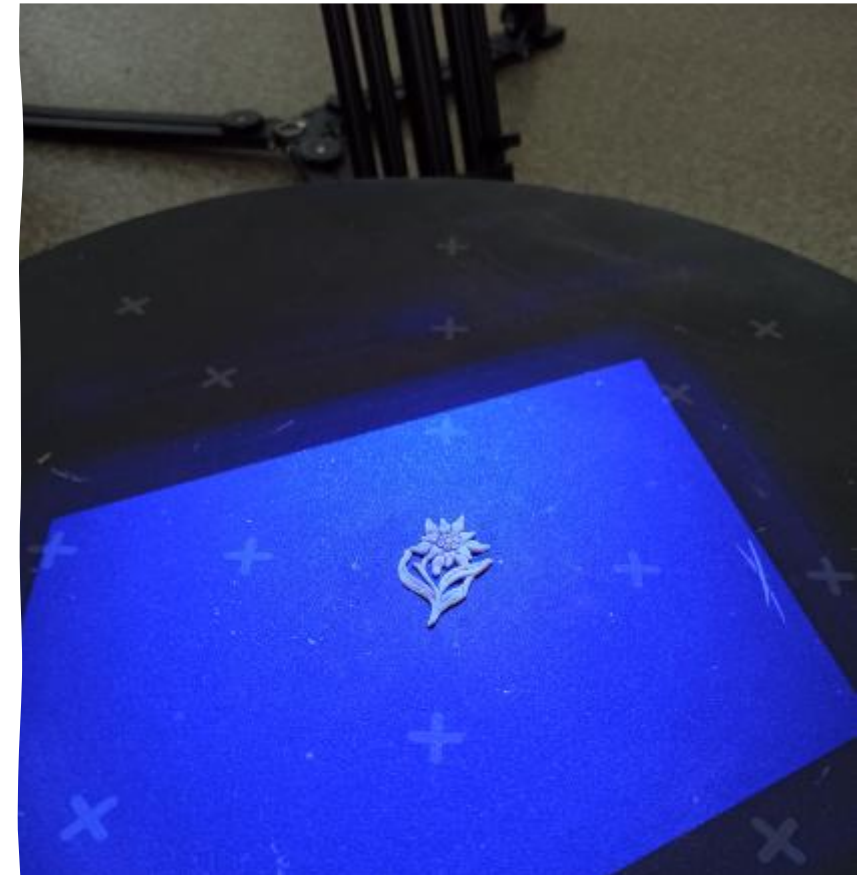


# Makrofotogrametrický workflow



# Hodnotenie presnosti makrofotogrametrie

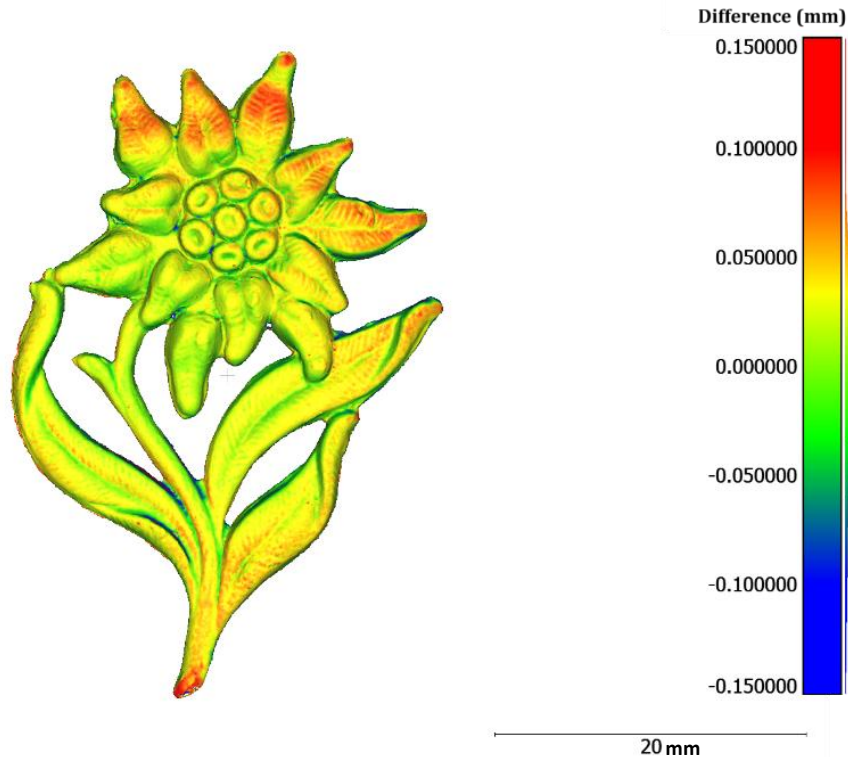
- Porovnanie makrofotogrametrických 3D modelov s modelmi vytvorenými pomocou triangulačného skenera Steinbichler Comet L3D (Pamiatkový úrad SR)



# Historická brošňa

- Obdobie Slovenského štátu (1939-1945)

Rozdielový model medzi makrofotogrametrickým 3D modelom a 3D modelom z triangulačného skenera:



Makrofotogrametrický 3D model:



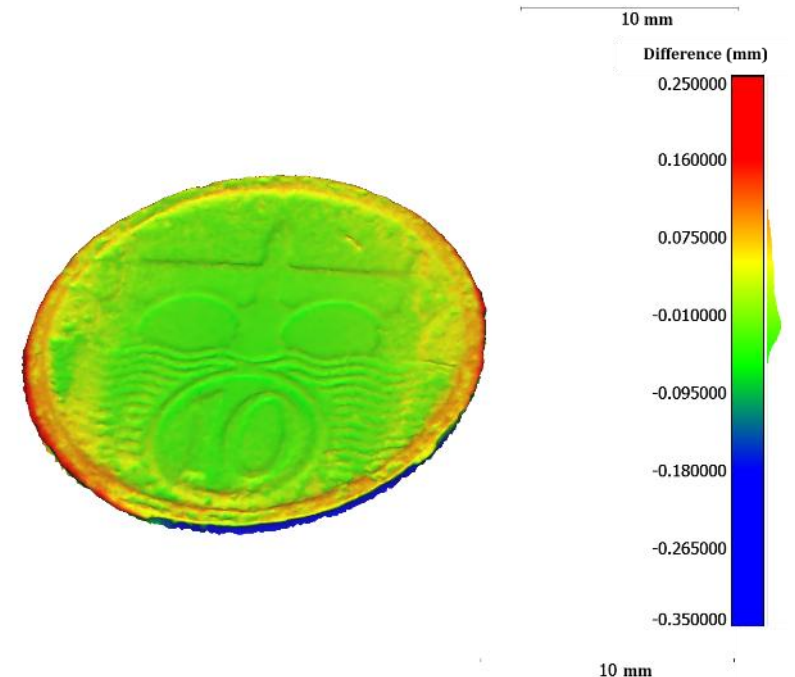
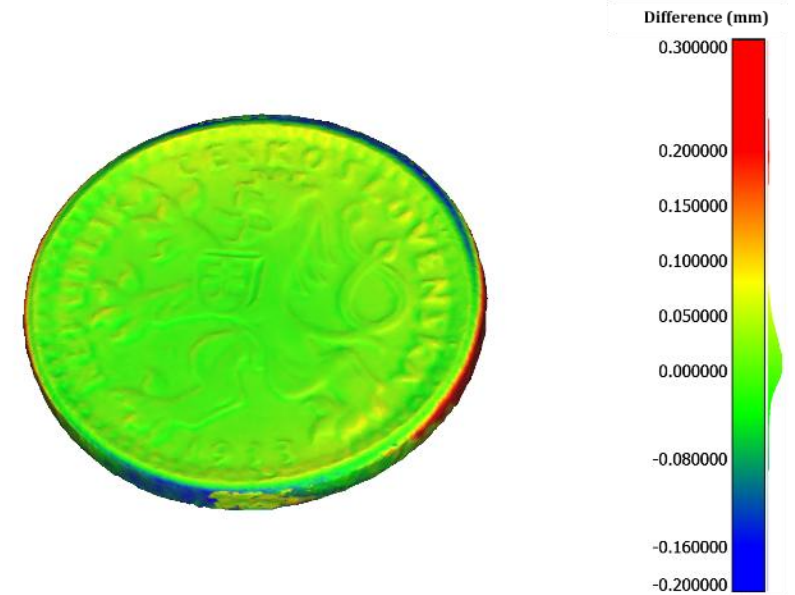
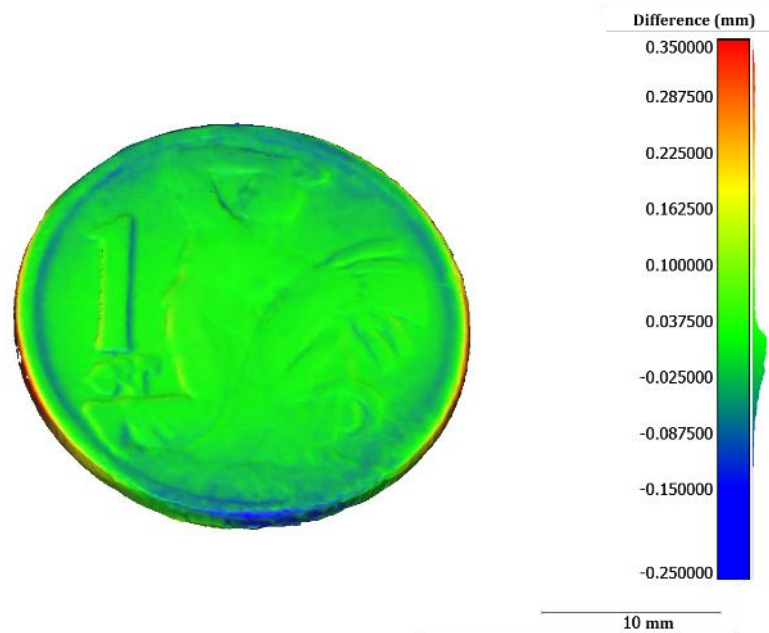
3D model z triangulačného skenera:



# Historické mince

- Obdobie 1.Československej republiky (1918-1938)

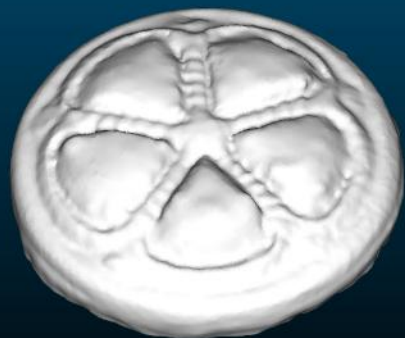
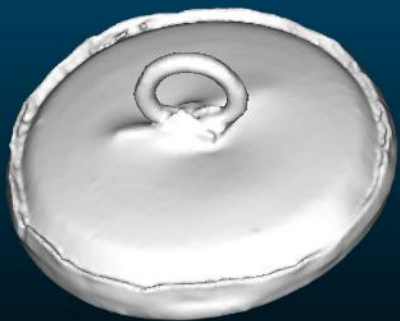
Rozdielové modely medzi makrofotogrametrickými 3D modelmi a 3D modelmi z triangulačného skenera:



# Záver

Metóda	Merací prístroj	Price	Accuracy
Modré LED štruktúrované svetlo	Steinbichler Comet L3D	~30 000 €	0,05 mm
Fotogrametrické skenovanie s metódou focus-stacking	Tamron 90mm Macro objektív s Nikon D850 DSLR	~3 000 €	0,05 – 0,10 mm
Infračervené VCSEL štruktúrované svetlo	Shining3D EINSTAR	~1 200 €	0,10 mm
4-senzorové infračervené štruktúrované svetlo	Revopoint MIRACO Pro	~1 600 €	0,05 mm





0.01 m



0.01 m



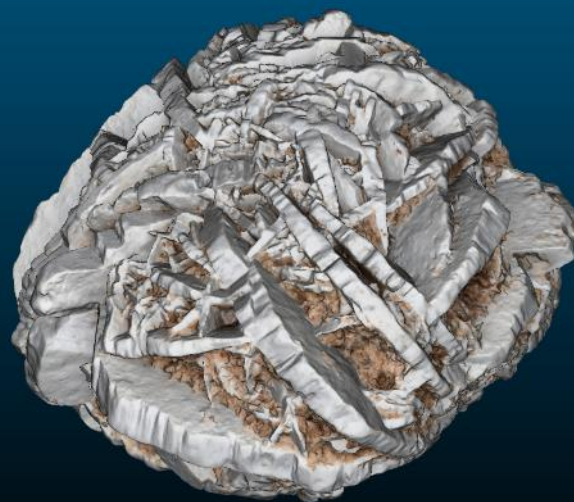
0.01 m



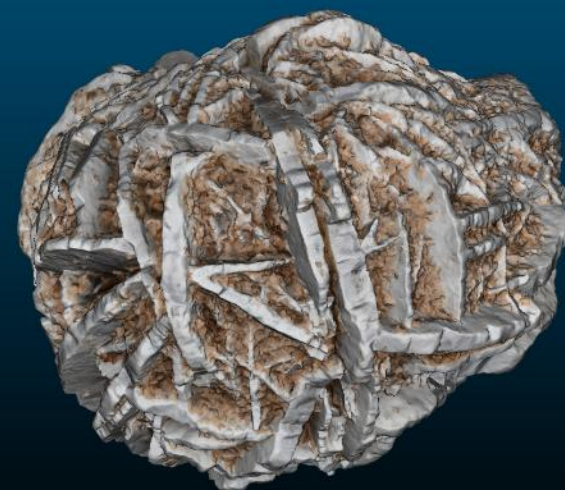
0.01 m



0.01 m



0.01 m



0.01 m





# Ďakujem za pozornosť

ondrej.benko@stuba.sk

PodĎakovanie: Táto práca bola podporená Ministerstvom školstva Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied [VEGA 1/0618/23].