

A 3D anatomical model of a human hip joint, showing the femur (thigh bone) and the acetabulum (hip socket). A total hip replacement implant is shown in place, consisting of a femoral head and neck, and an acetabular cup. The model is rendered in a realistic, light brown color, with the implant components in a metallic grey. The background is dark, making the model stand out.

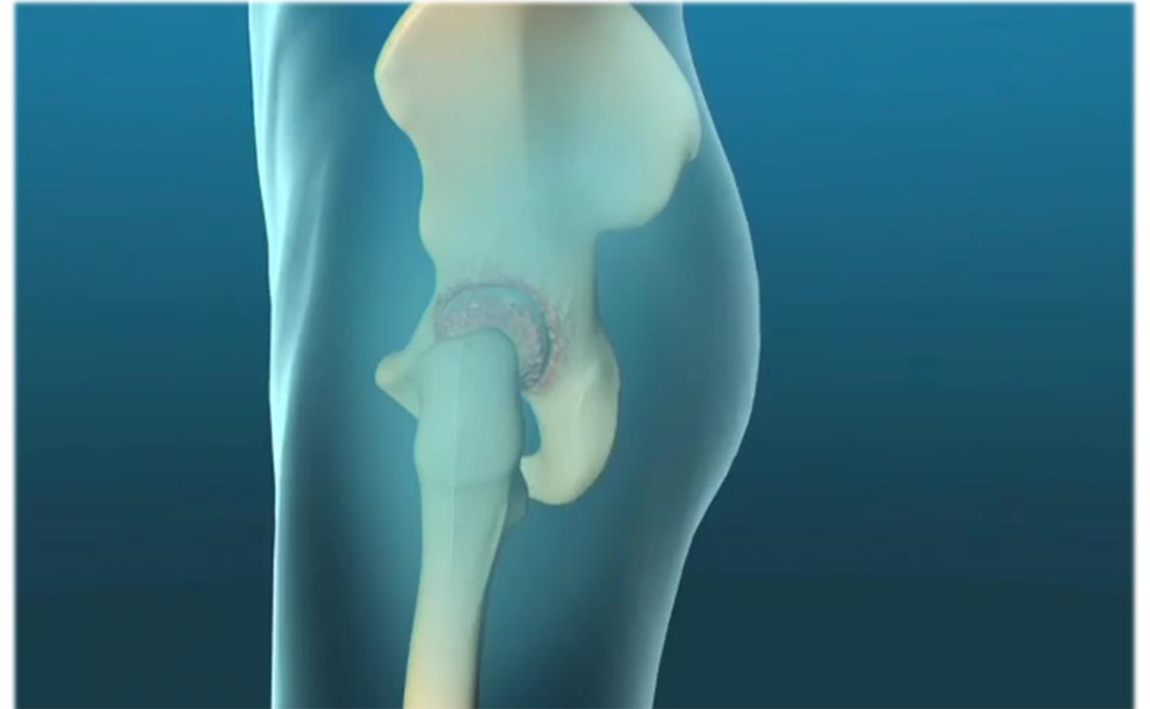
**Analýza objemového opotrebenia bedrových implantátov za pomoci optických metód.**

**Ing. Matúš Ranuša**

**doc. Ing. Martin Vrbka, Ph.D.**

# Obsah prezentace

- Motivácia
- Úvod do problematiky
- Metódy používané pre analýzu opotrebenia
- Zhrnutie súčasného stavu poznania
- Vymedzenie cieľov dizertačnej práce
- Súčasný stav dizertačnej práce
- Spolupráca
- Prehľad dosiahnutých výsledkov



# Motivácia

**1 837 781**  
Operácií / 10 rokov

**201 548 (11%)**  
neidentifikovaných



HIPS:

43,1%



KNEES:

44,9%



ANKLES:

0,2%



SHOULDERS

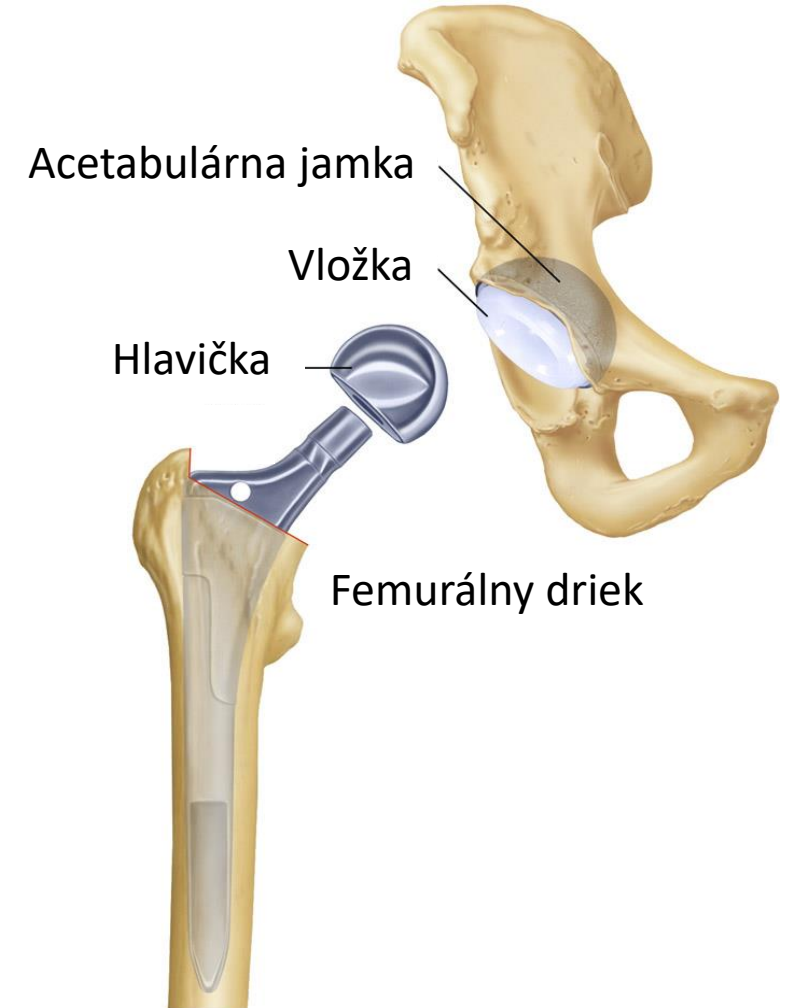
0,7%



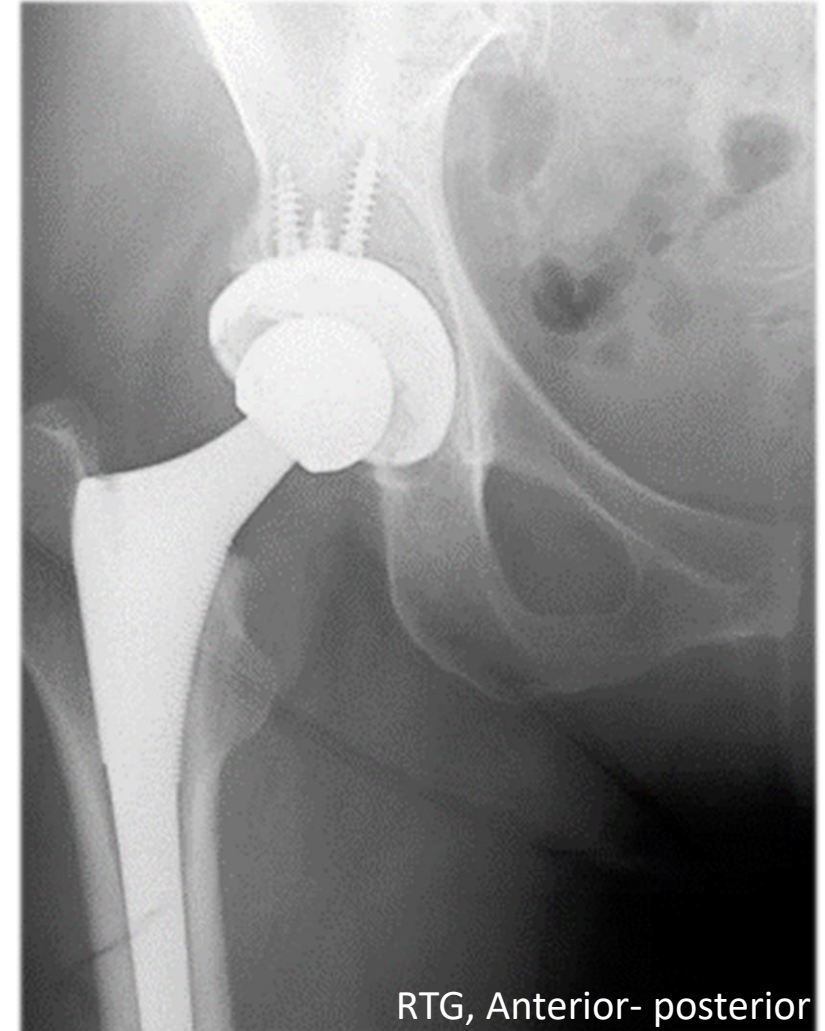
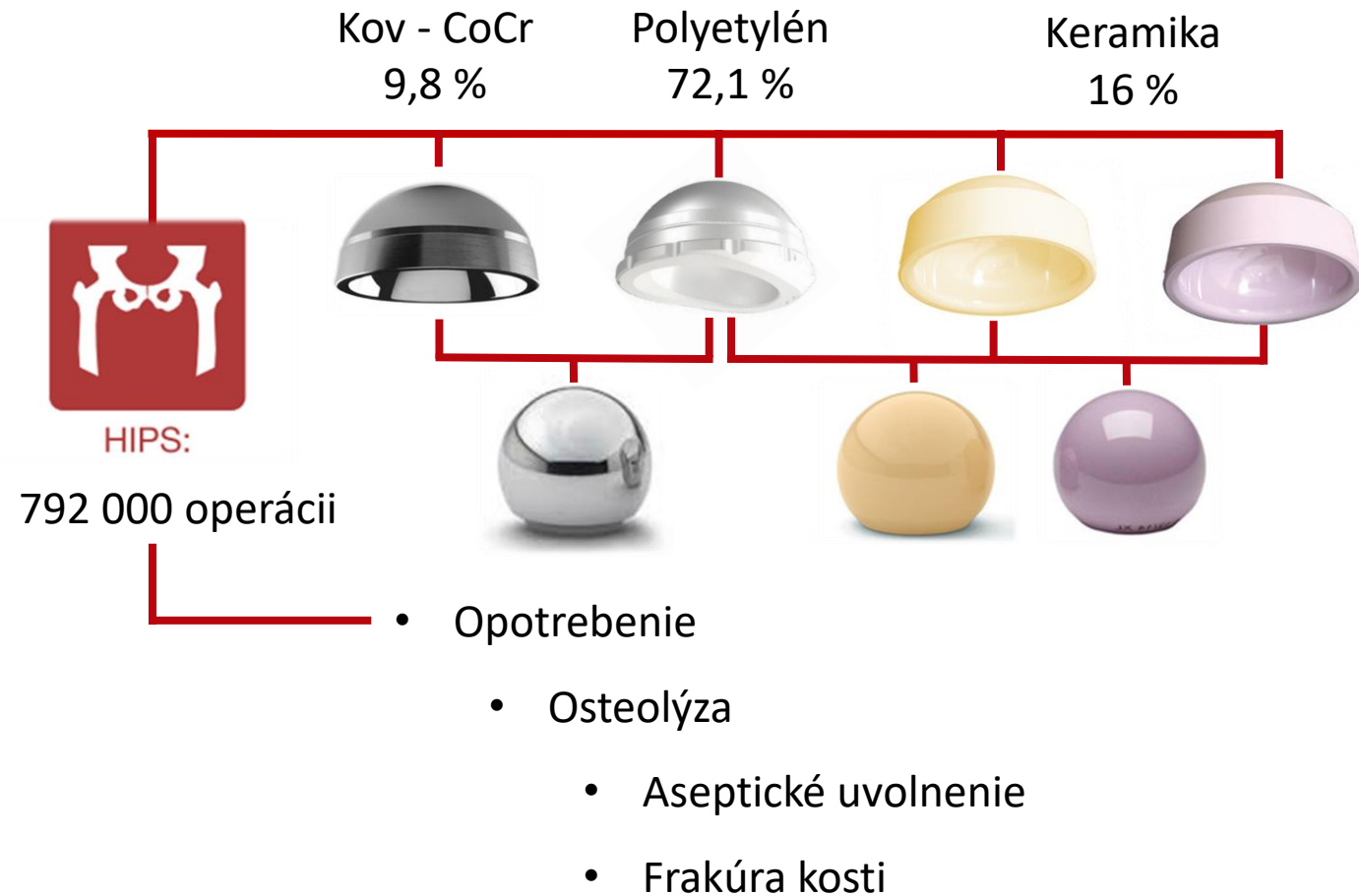
ELBOWS:

0,1%

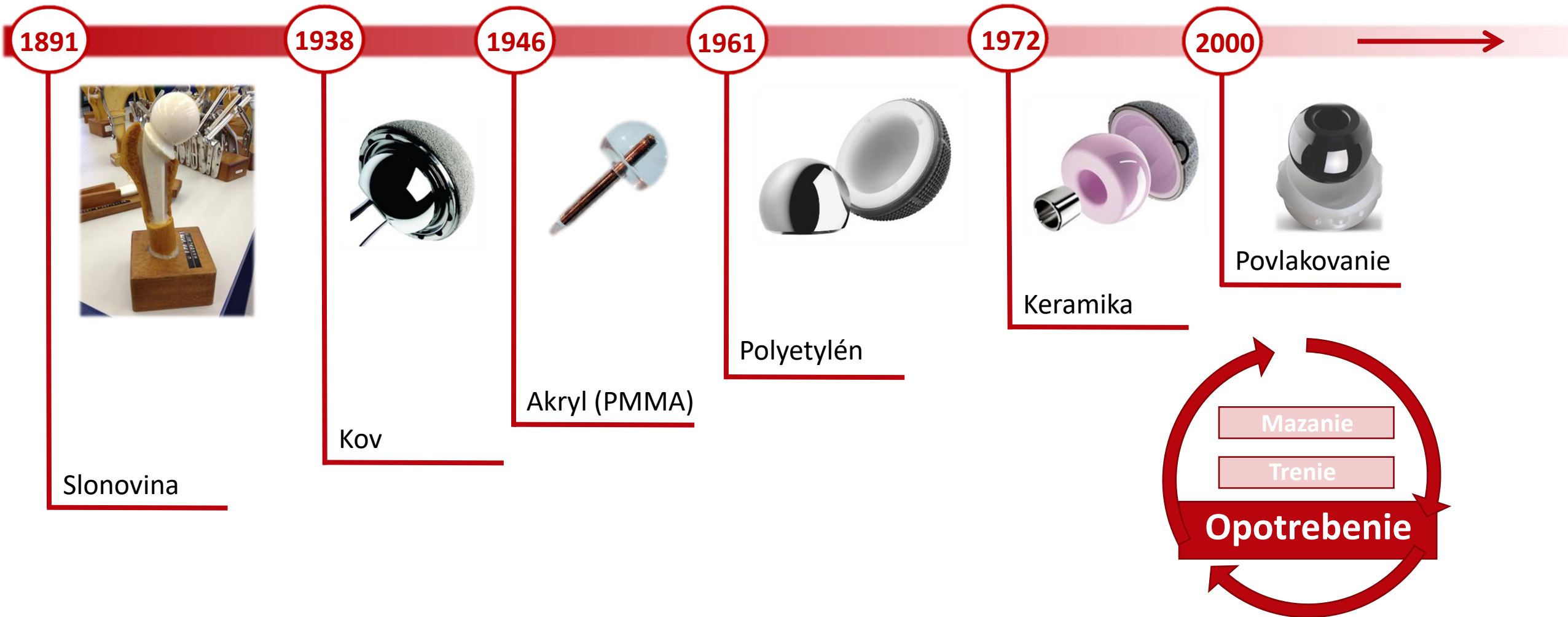
- Najpočetnejší druh operácie
- ČR 160 op. na 100 000 obyvateľov
- Životnosti náhrady 15 – 20 rokov
- Revízne operácie 10 %



# Úvod do problematiky TEP (Totálna Endoprotéza)



# Úvod do problematiky TEP



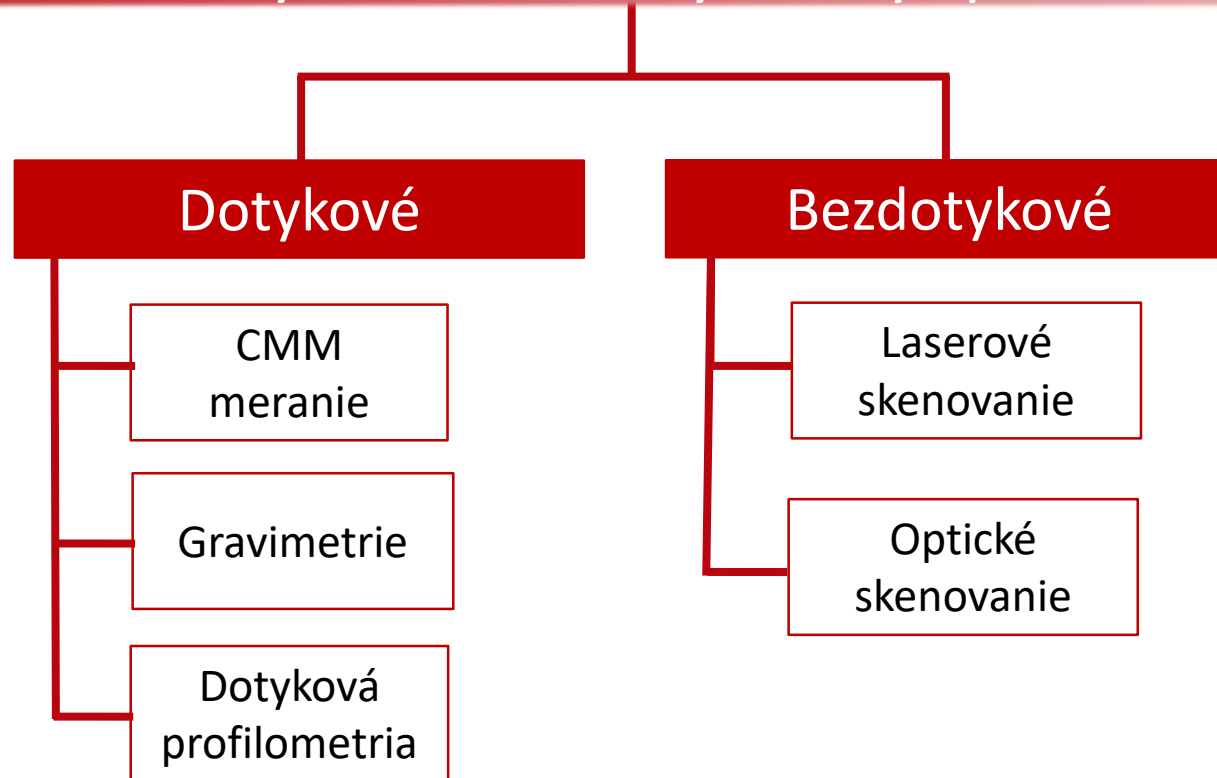
# Metódy používané pre analýzu opotrebenia

1961

Analýza oteru extrahovaných kĺbových párov



Polyetylén



# Metódy používané pre analýzu opotrebenia

1961

## Dotykové

CMM  
meranie

Gravimetrie

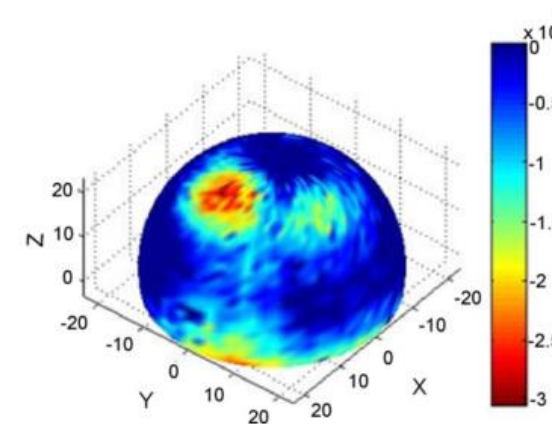
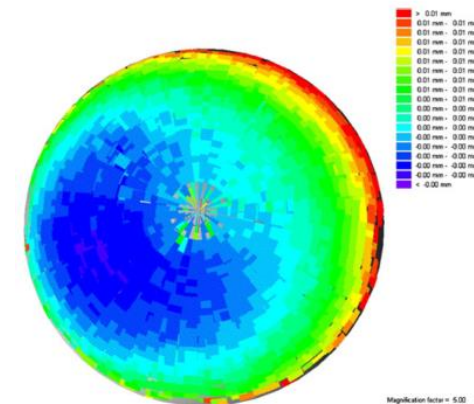
Dotyková  
profilometria

BILLS at al., 2007

- Zrovnávanie CMM s využívanými RTG metódami
- Hodnotenie pomocou gravimetrickej metódy
- Analýzy chyby merania

LORD at al., 2011

- Validácia CMM metódy za pomoci gravimetrie
- Hodnotenie oteru u kovových dvojíc (54 ks)
- Vyhodnocovanie za pomoci SW Matlab
- Presnosť 0,9  $\mu\text{m}$  odchýlka 0,5  $\text{mm}^3$



# Metódy používané pre analýzu opotrebenia

1961

## Dotykové

CMM  
meranie

Gravimetrie

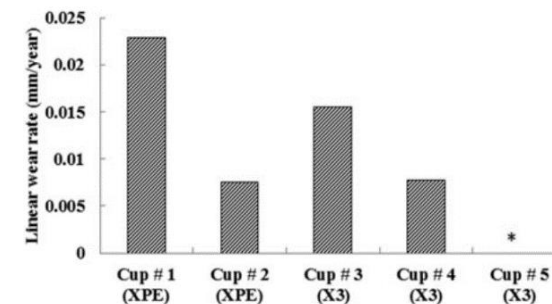
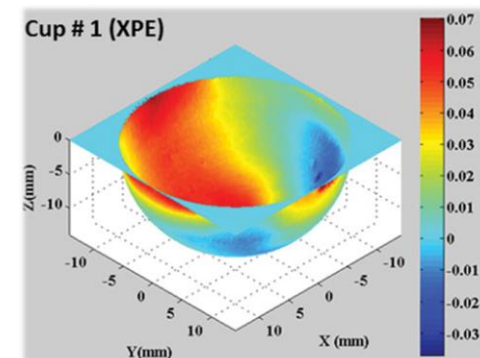
Dotyková  
profilometria

LU at al., 2014

- Využitie CMM metódy
- Rôzne algoritmy spracovania
- Porovnanie dopadu spracovania dát na presnosť
- Hodnotenie matematických postupov polygonizácie

UDDIN at al., 2014

- Využitie CMM metódy
- Analýza extrahovaných PE jamiek (5ks)
- Testovaná spoľahlivosť metódy
- Neistota voči gravimetrii 8,6 %

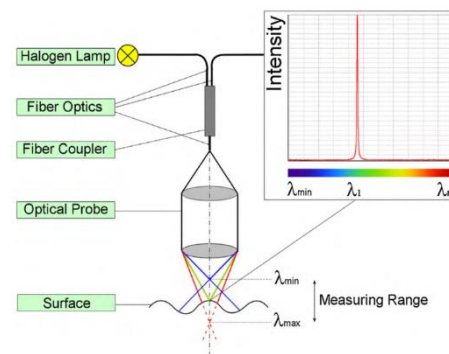


# Metódy používané pre analýzu opotrebenia

1961

TUKE at al., 2010

- Digitalizácia tvrdých povrchov
- Metóda RedLux – konfokálne chromatická analýza
- Veľký počet snímaných bodov
- Analýza 6 vzorkov
- Závislosť teploty na kalibráciu

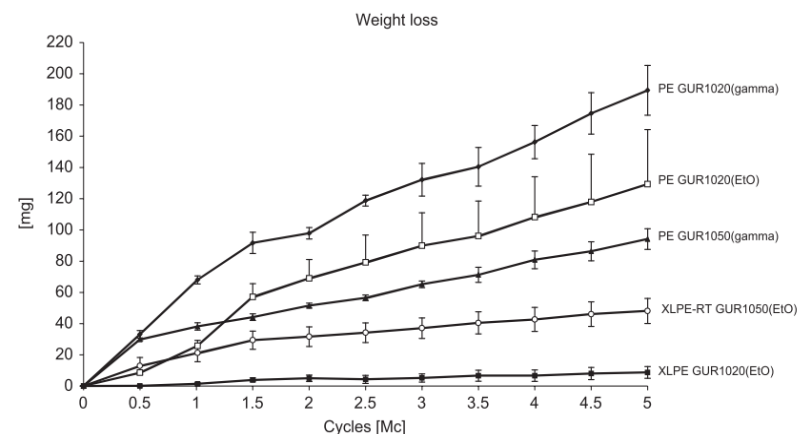


Bezdotykové

Laserové  
skenovanie

AFFATATO at al., 2001

- Analýza 20 polyetylénových jamiiek
- Rôzne druhy spracovanie PE
- Opotrebenie na simulátore
- Použitie Ramanovej mikroskopie

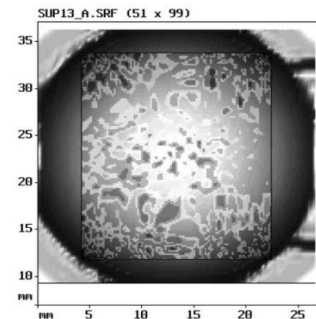


# Metódy používané pre analýzu opotrebenia

1961

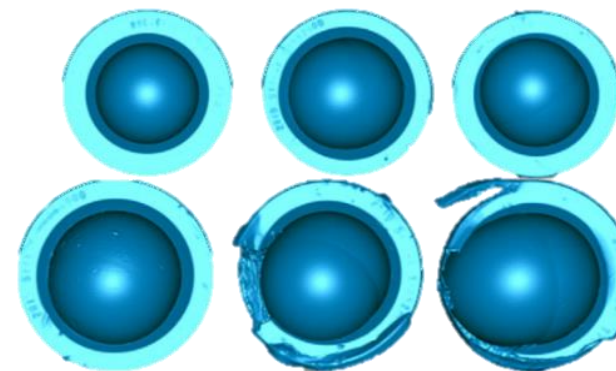
ZOU at al., 2001

- Využitie optickej digitalizácie
- Skladanie jednotlivých skenov na základe súradného systému
- Aplikácia na umelo opotrebených implantátoch



YUN at al., 2012

- Hodnotenie extrahovaných implantátov (18 ks)
- Analýza RTG snímok pomocou rozpoznávania obrazu
- Validácia pomocou skeneru
- Využívanie triangulačných princípov
- Presnosť stanovenia objemu  $\pm 570 \text{ mm}^3$



Bezdotykové

Laserové  
skenovanie

Optické  
skenovanie

# Zhrnutie súčasného stavu poznania

1961

## Dotykové

Dotyková  
profilometria



Gravimetrie



CMM  
meranie



Presnosť merania

Meranie popisované normou ISO 14242

Časová náročnosť

Spracovanie povrchových dát

Rekonštrukcia poškodenej geometrie

Oblasť snímania

## Bezdotykové

Laserové  
skenovanie



Optické  
skenovanie



# Metódy používané pre analýzu opotrebenia

1961

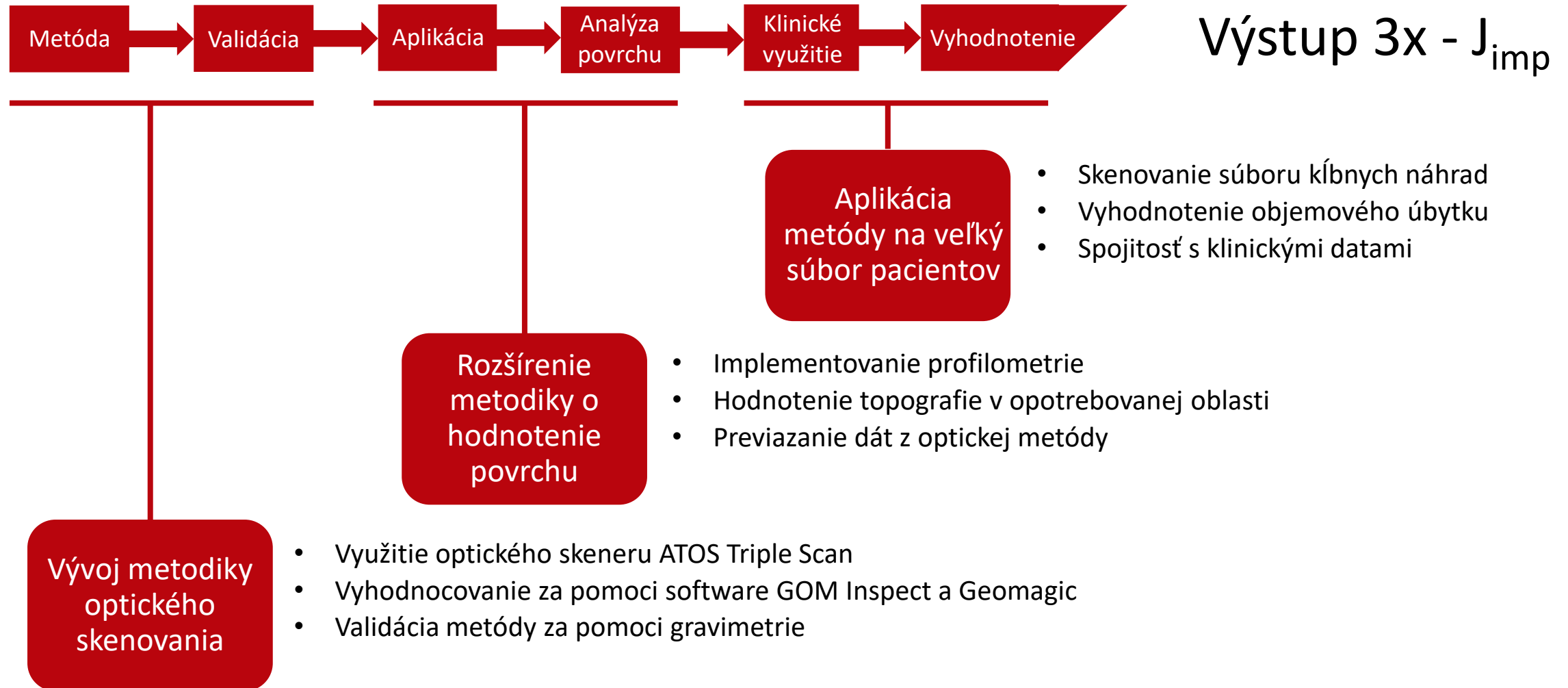
Je použitie súčasných optických metód vhodné k stanoveniu objemového opotrebenia u implantátov s porovnateľnými výsledkami, ako doteraz bežne využívané dotykové metódy ?

Bezdotykové

Optické  
skenovanie

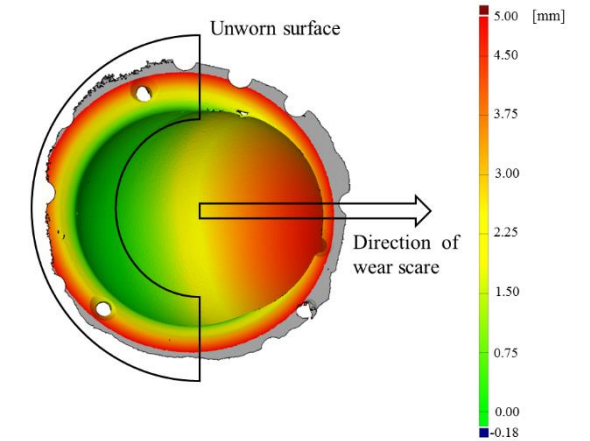
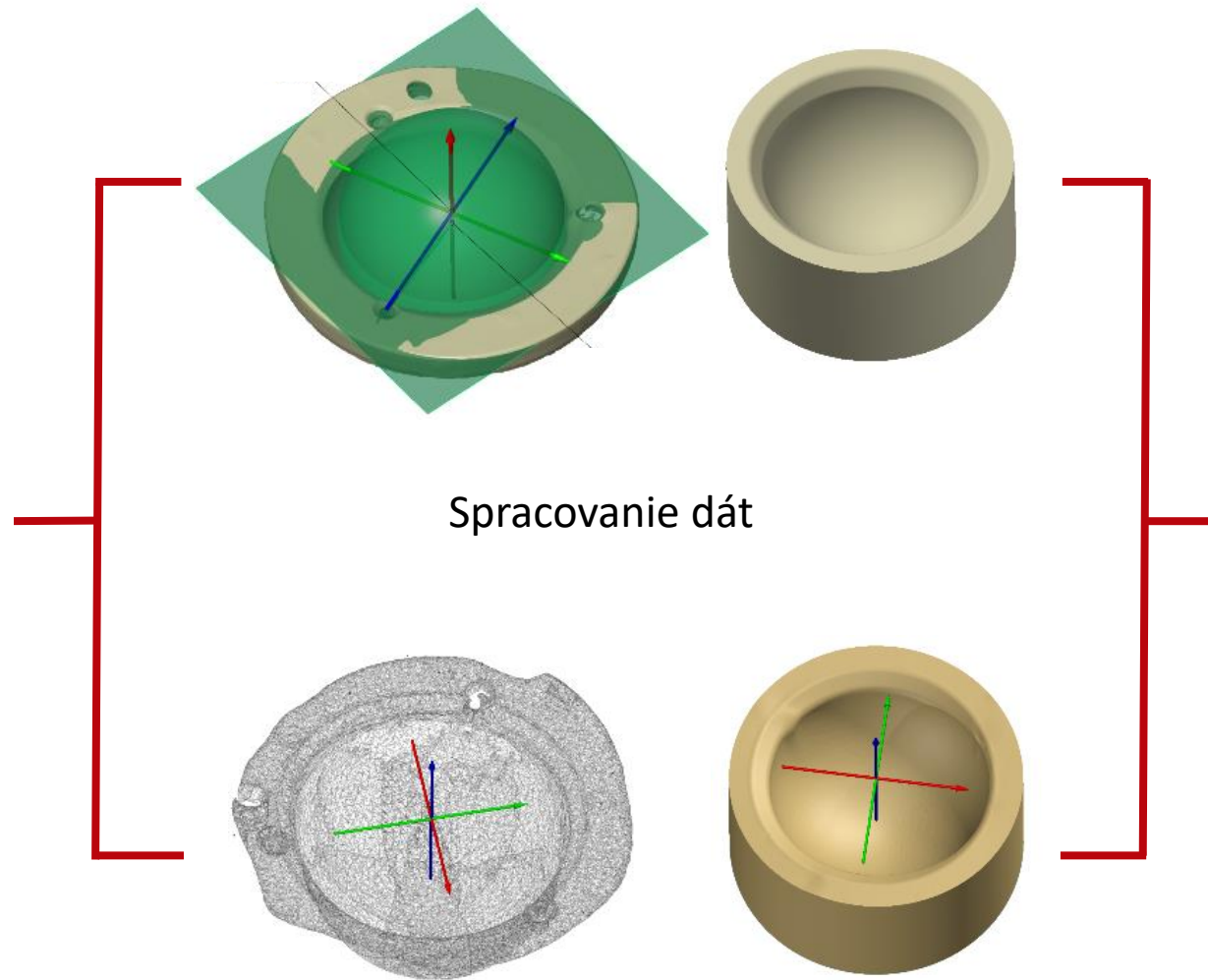
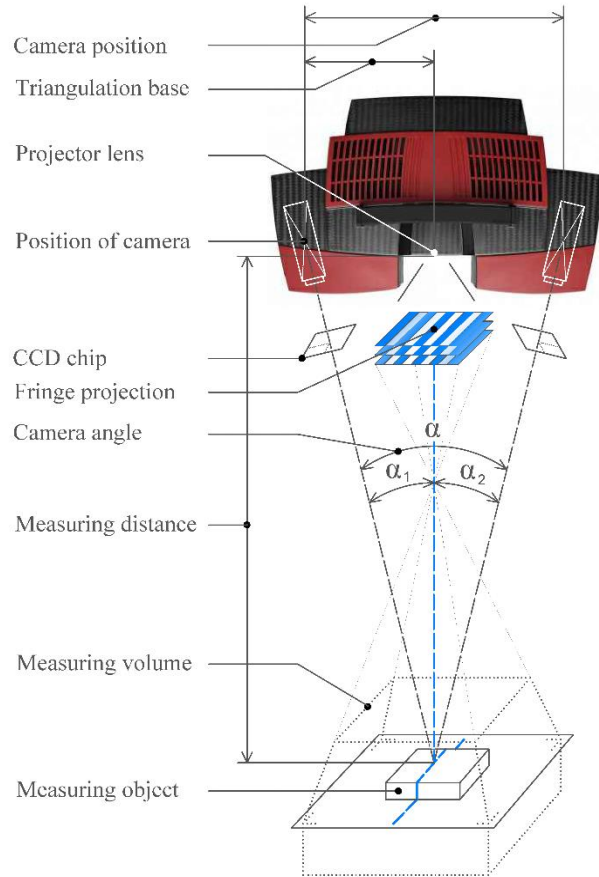
Optická  
profilometria

# Vymedzenie cieľov dizertačnej práce



# Súčasný stav dizertačnej práce

## Optické skenovanie



## Stanovenie množstva opotrebenia

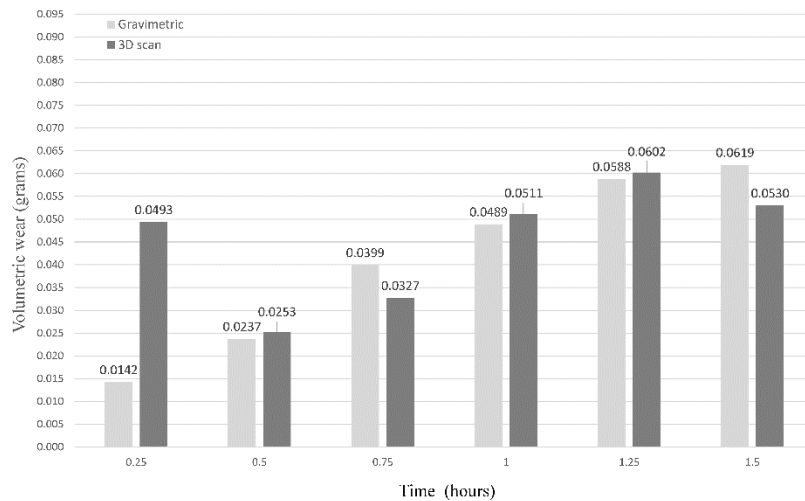


# Súčasný stav dizertačnej práce

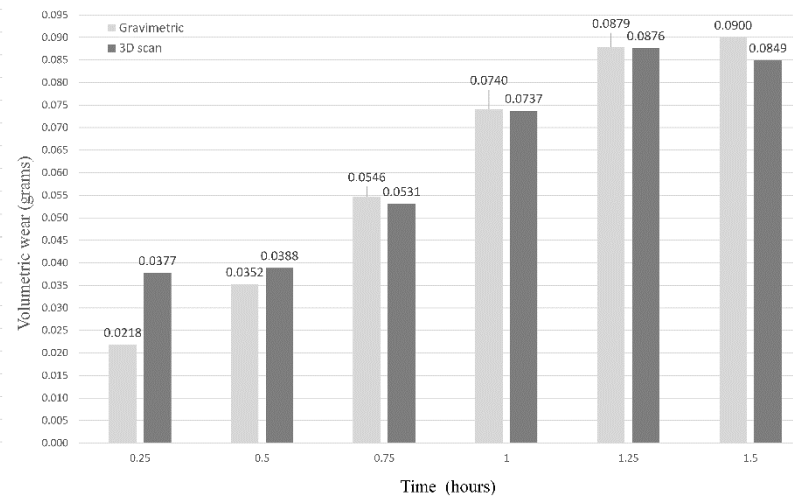
- 3 vzorky – 6 opotrebení
- Meranie v súlade s normou ISO 14242 – part 1
- Metóda bola validovaná za pomoci gravimetrie
- Rozdiel: 4 mg, -2,1 mg, -2,9 mg (úbytok cca 65 g)
- Výstup – publikácia  $J_{imp}$  v Tribology Transactions



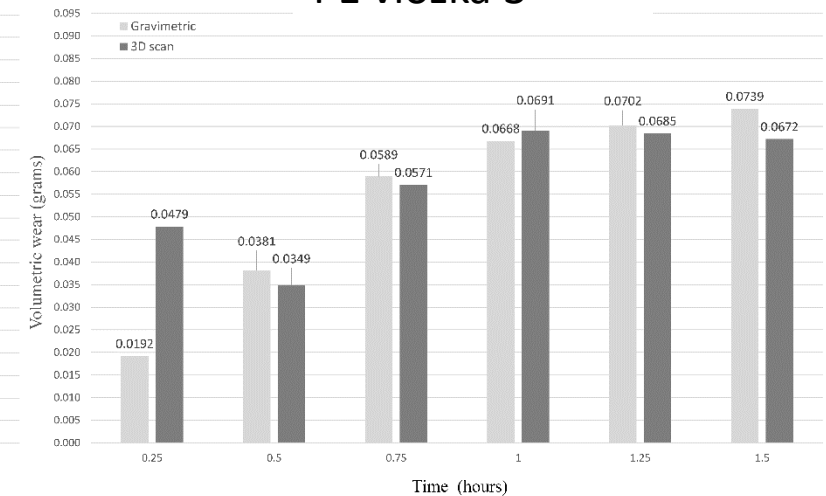
PE vložka 1



PE vložka 2

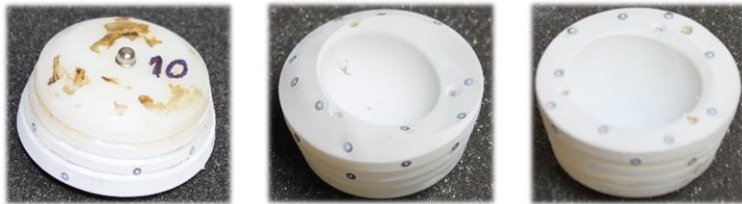


PE vložka 3

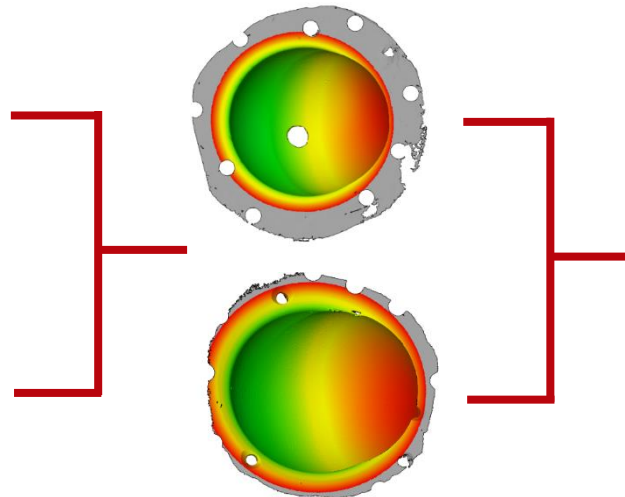


# Súčasný stav dizertačnej práce

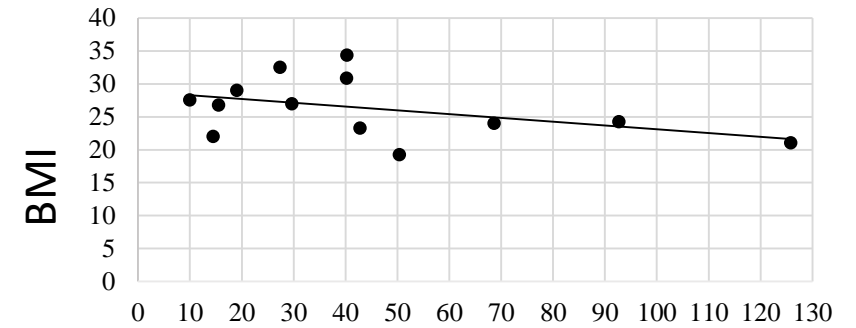
- Analýza 13 extrahovaných vzorkov s klinickou históriou
- Stanovenie objemového opotrebenia
- Stanovenie vektoru opotrebenia



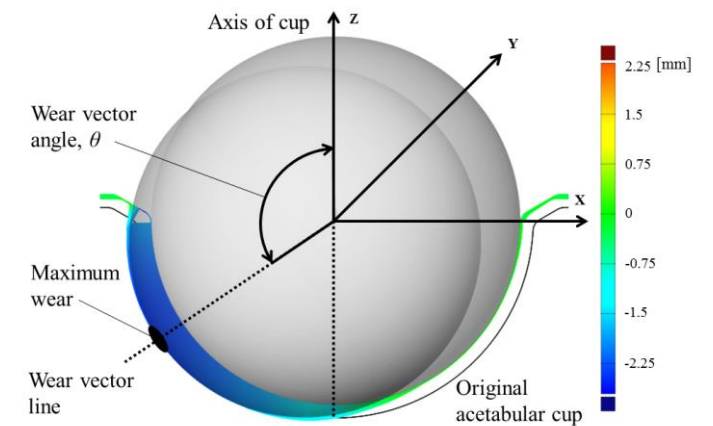
Príprava vzorkov



Objemové opotrebenie



Objemové opotrebení [mm<sup>3</sup>/rok]



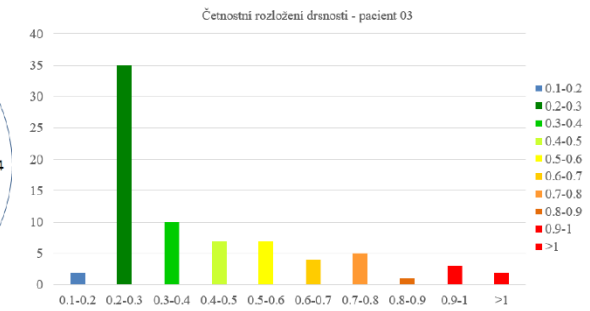
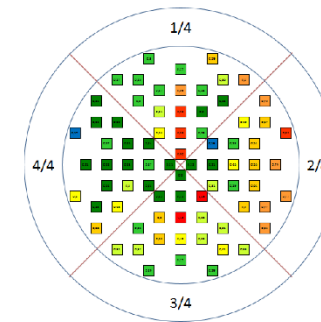
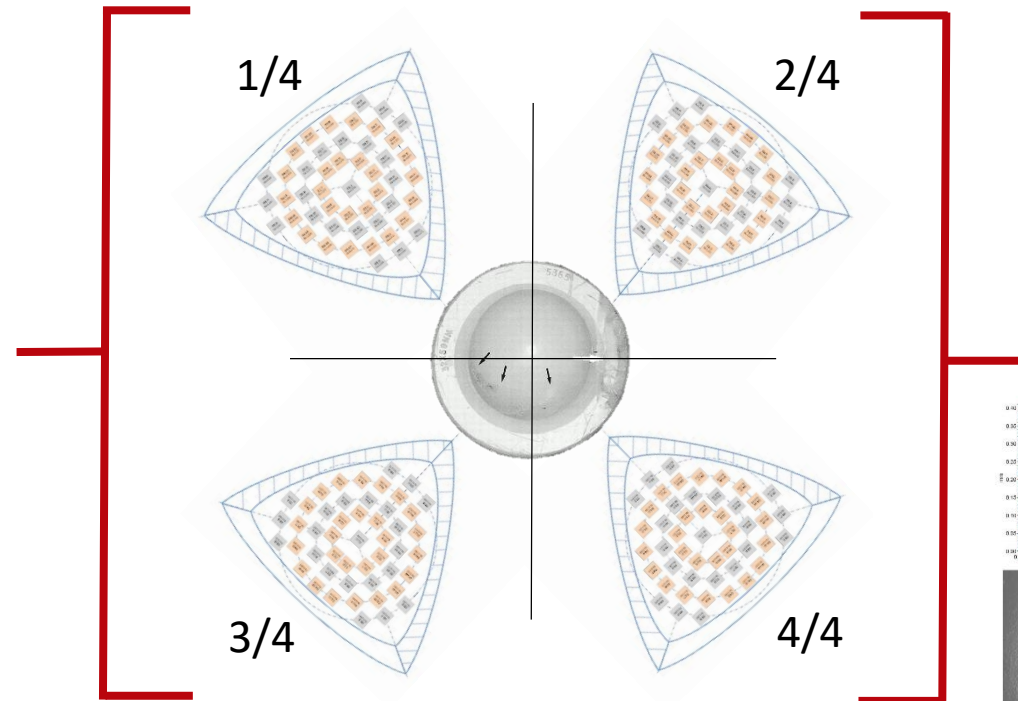
Smer opotrebenia

# Súčasný stav dizertačnej práce

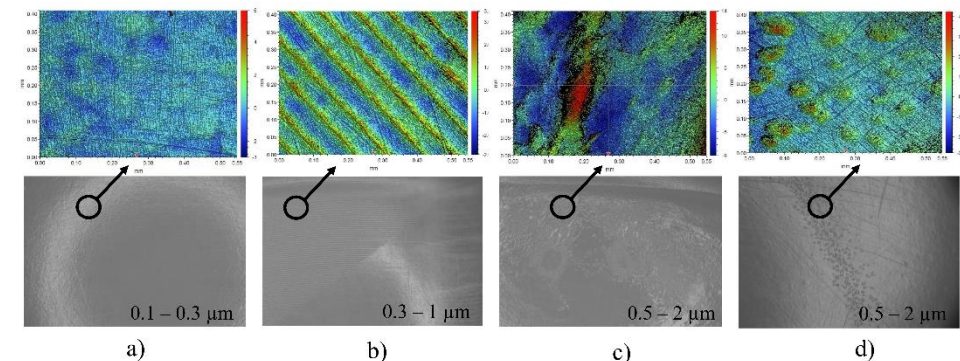
- Mapovanie topografie povrchu
- Analýza 13 extrahovaných vzorkov s klinickou históriou
- Stanovenie drsnosti povrchu v charakteristických oblastiach
- Výstup – publikácia  $J_{imp}$  v Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae



Topografia povrchu



Drsnosť v oblastiach opotrebenia

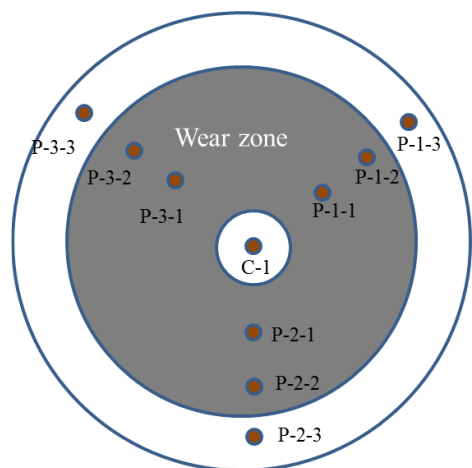


# Spolupráca

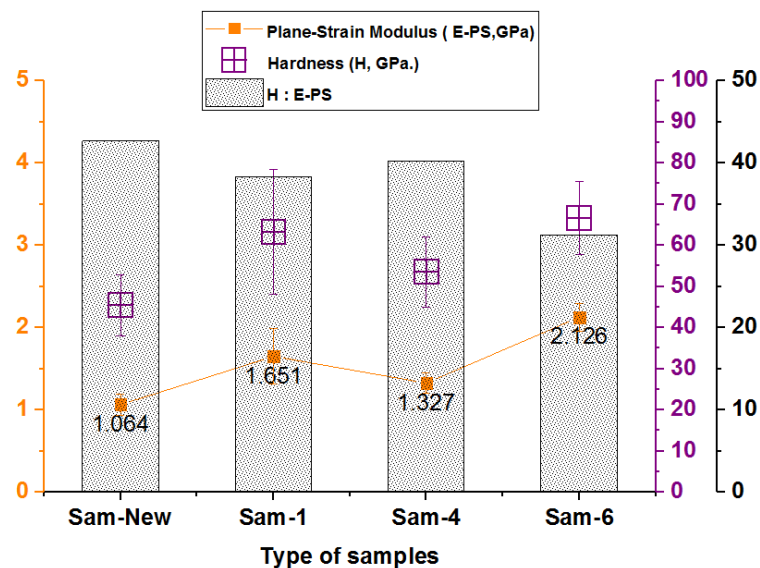
- Spolupráca – Dipankar Choudhury – University of Arkansas
- Chemická a tvrdostná analýza – Ramanova spektroskopia a Nanoindentor
- Analýza 10 extrahovaných vzorkov s klinickou históriou v porovnaní s novým implantátom
- Výstup – pripravovaná publikácia  $J_{imp}$  v Journal of Biomedical Materials Research



UNIVERSITY OF  
ARKANSAS



Testované oblasti



- Nárast oxidačného indexu a modulu elasticity v porovnaní s novým vzorkom
- Modul elasticity a oxidačný index majú rovnaký trend nárastu

# Spolupráca

## Waterloo University, Canada

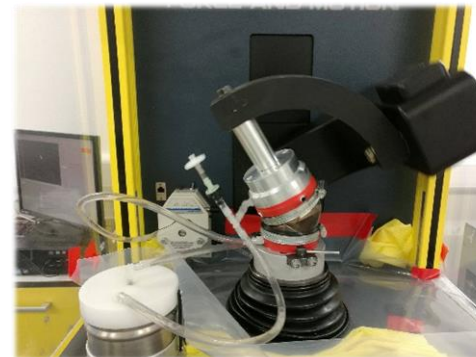
- CT analýza 13 explantovaných vzorkov
  - Porovnanie metód – CT a optické skenovanie
- Zrovnanie výsledkov za pomoci Martellovej metódy spracovania RTG snímov



CT eXplore speCZT

## Anglia Ruskin University, England

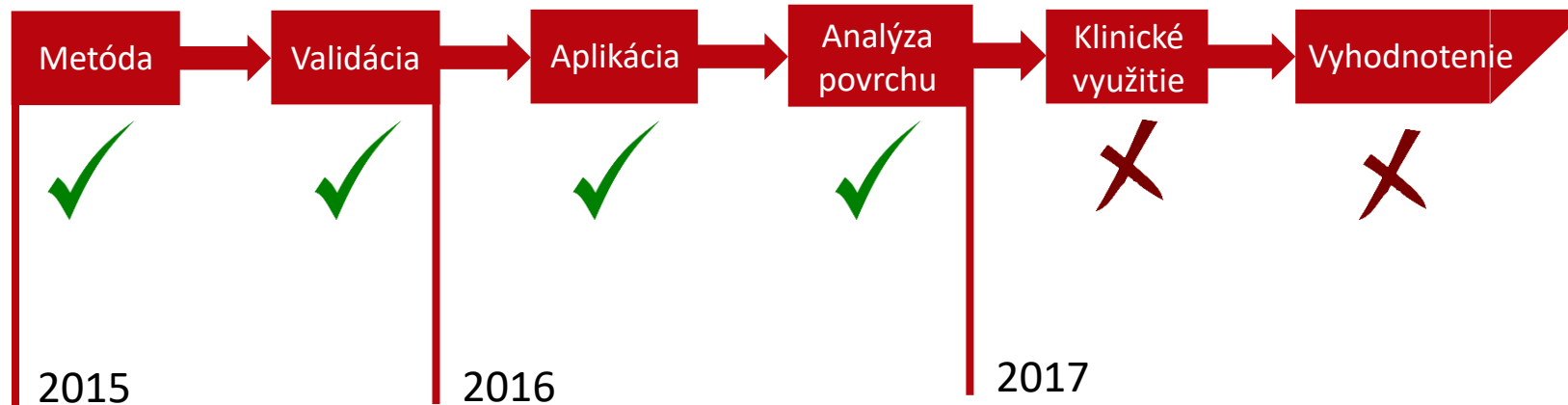
- Simulátor bedrového kĺbu – AMTI
- Dlhodobé testy opotrebenia
- Vplyv polohy implantátu



Bedrový simulátor AMTI



# Prehľad dosiahnutých výsledkov



- Rozšírenie databázy pacientov
- Vytvorenie hodnotiaceho protokolu
- Previazanie klinických dát s analýzami oteru
- Vplyv polohy implantátu na životnosť
- Dlhodobé testy opotrebenia

# Prehľad dosiahnutých výsledkov

## Články v časopisoch

- RANUŠA, M.; GALLO, J.; VRBKA, M.; HOBZA, M.; PALOUŠEK, D.; KŘUPKA, I.; HARTL, M. Wear Analysis of Extracted Polyethylene Acetabular Cups Using a 3D Optical Scanner. TRIBOLOGY TRANSACTIONS, 2016, roč. 59, č. 6, s. 1-11. ISSN: 1040-2004.

*J<sub>imp</sub> – IF 1,42 (WoS)*

- RANUŠA, M.; GALLO, J.; HOBZA, M.; VRBKA, M.; NEČAS, D.; HARTL, M. Wear and roughness of bearing surface of retrieved polyethylene Bicon cups. ACTA CHIRURGIAE ORTHOPAEDICAE ET TRAUMATOLOGIAE ČECHOSLOVACA, 2016,

*J<sub>imp</sub> – IF 0,55 (WoS)*

- CHOUDHURY, D.; RANUŠA, M.; MEDLEY, J. B.; TEETER, M., VRBKA, M.; Mechanical And Chemical Characterization of Retrieved Ultra High Weight Molecule Polyethylene Acetabular Cup. JOURNAL OF BIOMEDICAL MATERIALS RESEARCH PART B, APPLIED BIOMATERIALS, ISSN: 1552-4981

*J<sub>imp</sub> – IF 2,88 (WoS)*

*predpokladaný dátum odoslania 2/2017*

# Prehľad dosiahnutých výsledkov

## Konferencie

- **Frejkovy dny 2015** (25. – 26. Jún, Brno, Česká republika)  
HOBZA, M.; RANUSA, M.  
Zhodnocení typu a míry otěru u extrahovaných jamek Bicon.
- **NORDTRIB 2016** (14.-17. Jún, Hämeenlinna, Fínsko)  
RANUSA, M.; VRBKA, M.; KŘUPKA, I.; HARTL, M.  
Development and Validation of an Optical Scanning Method for Volumetric Wear Analysis
- **WTC 2017** (17. – 22. September, Beijing, China)  
RANUSA, M.; VRBKA, M.; GALLO, J.; KŘUPKA, I.; HARTL, M.  
Influence of acetabular cup inclination on wear of UHMWPE liner.



## Projekty a HS

- **Fond vědy 2016** (FV 16 – 22)
- **HS** (2014 – 2017) v objeme 101 500 Kč

## Spolupráca

- **Waterloo University, Canada, Ontario** (prof. John B. Medley)  
stáž – 6. Jún 2016 – 27. August 2016
- **Anglian Ruskin University, England, Chelmsford** (Rajshree Hillstrom, PhD MBA)
- **Arkansas University, USA, Arkansas** (Dr. Dipankar Choudhury)





<https://www.facebook.com/pneumobilracingteambрно/>



Institute of Machine  
and Industrial Design

**Ďakujem za pozornosť !**

**Matúš Ranuša**

matus.ranusa@vut.cz

Pojednanie k štátnej doktorskej skúške  
22. február, 2017, FSI VUT v Brně, Česká republika