



**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE**

**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY**

Badania prowadzone w Laboratorium Mikro i Nano Tomografii AGH

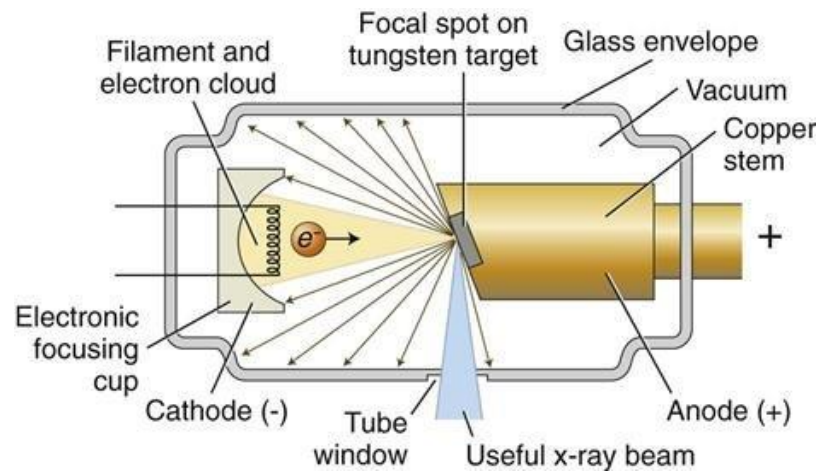
Jacek Tarasiuk, Sebastian Wroński

Plan prezentacji

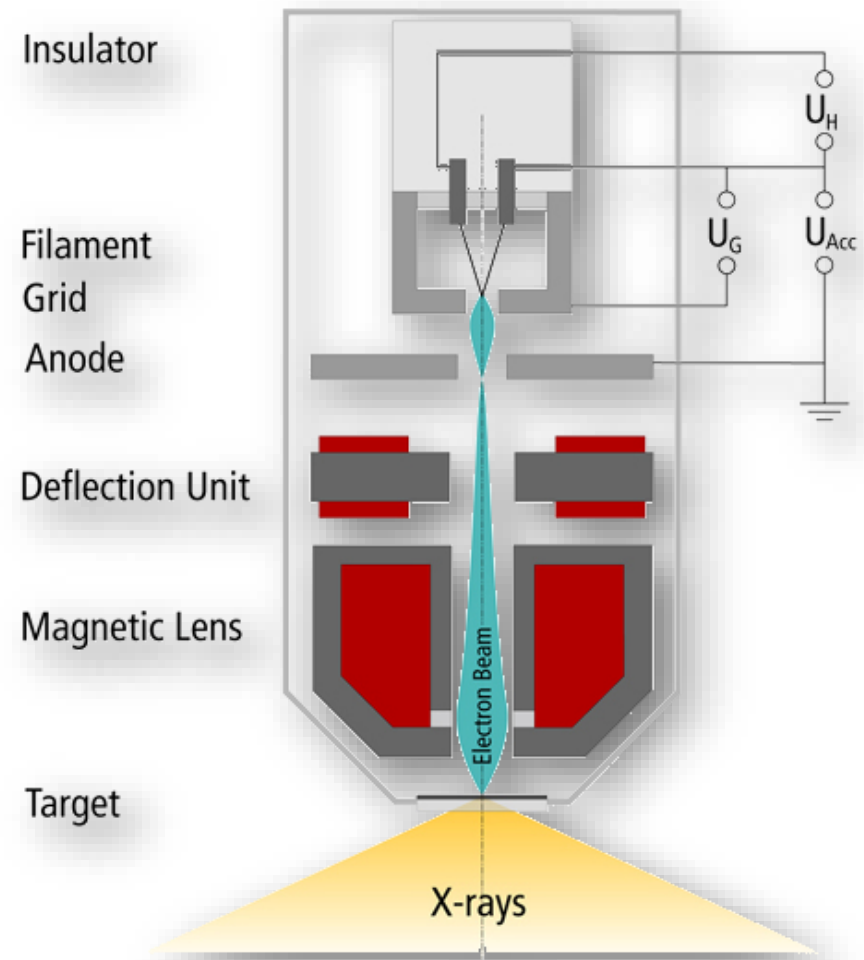
1. Krótki opis laboratorium LMiNT
2. Umiarkowany opis zasady działania uCT
3. Długa prezentacja prowadzonych badań

Wysokorozdzielczy nanotomograf komputerowy GE (Phoenix) nanotom S

- Lampa rtg max. 180kV / 57W
typu nano focus

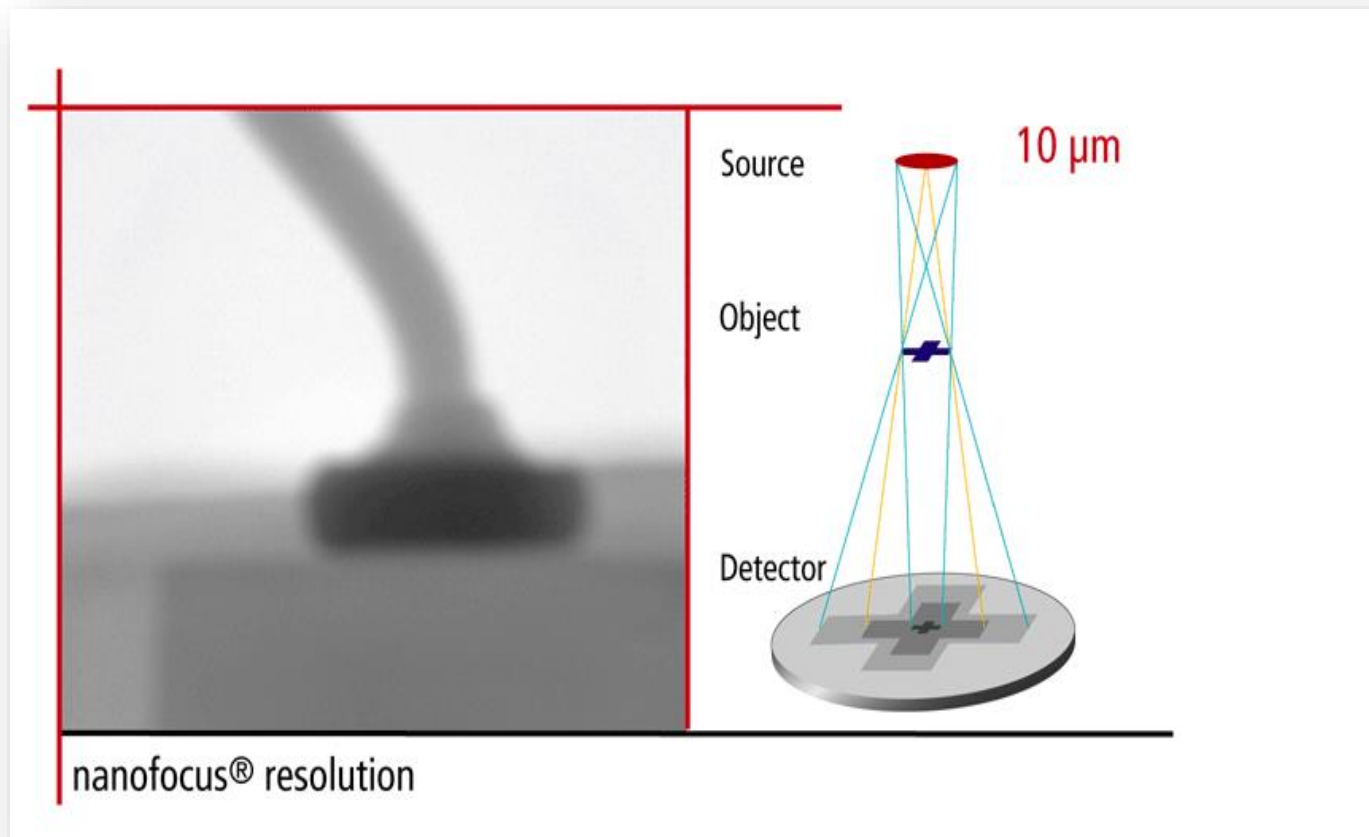


Rysunek © Roque, Rita. (2018). X-ray imaging using 100 μm thick Gas Electron Multipliers operating in Kr-CO₂ mixtures.



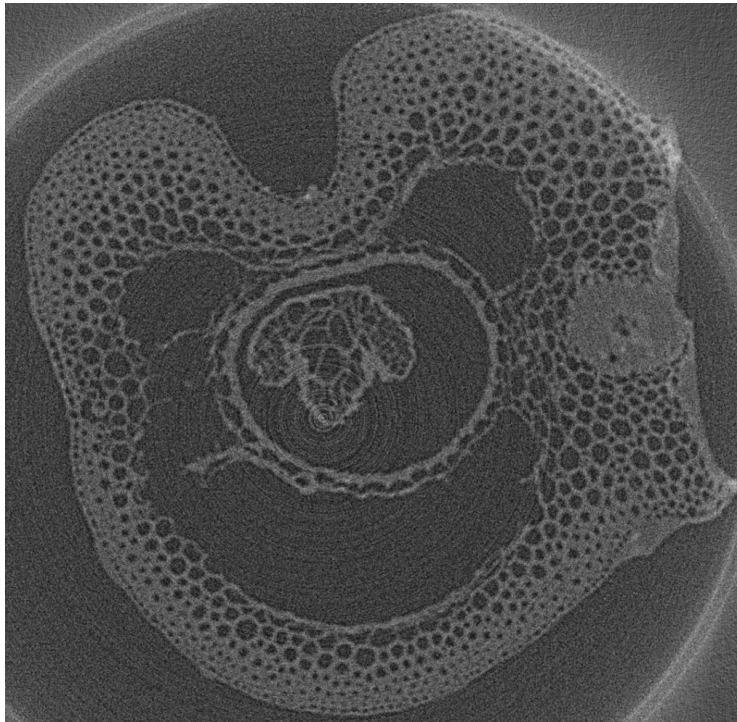
Wysokorozdzielczy nanotomograf komputerowy GE (Phoenix) nanotom S

- Lampa rtg max. 180kV / 57W
typu nano focus

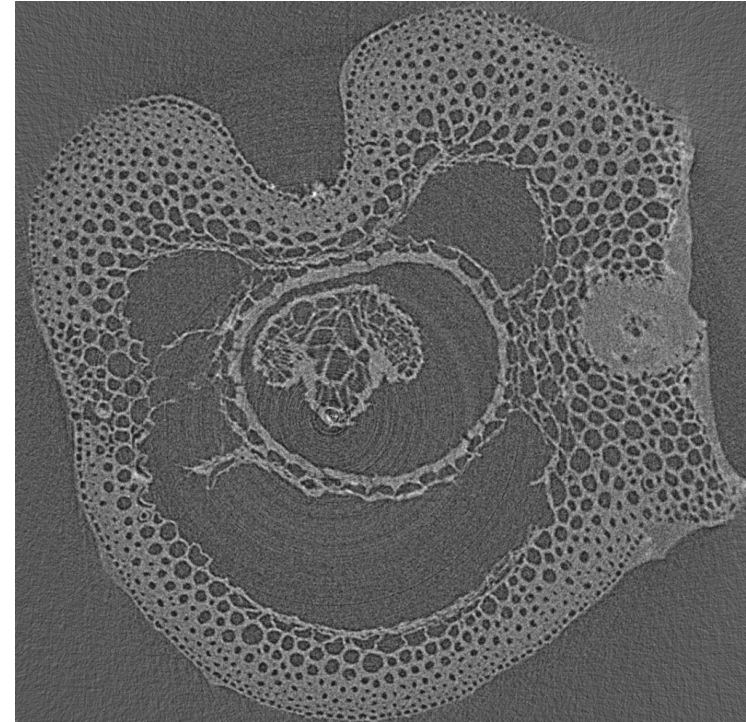


Wysokorozdzielczy nanotomograf komputerowy GE (Phoenix) nanotom S

- Lampa rtg max. 180kV / 57W
typu nano focus



Spot size 6 μm



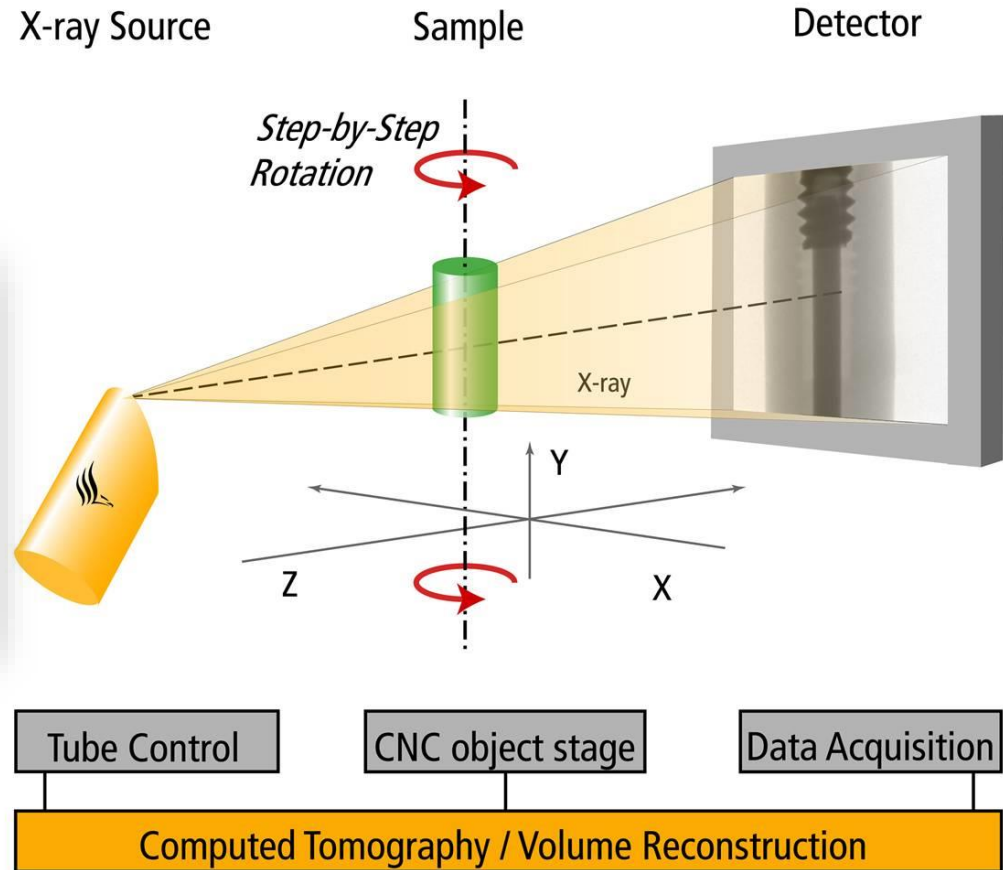
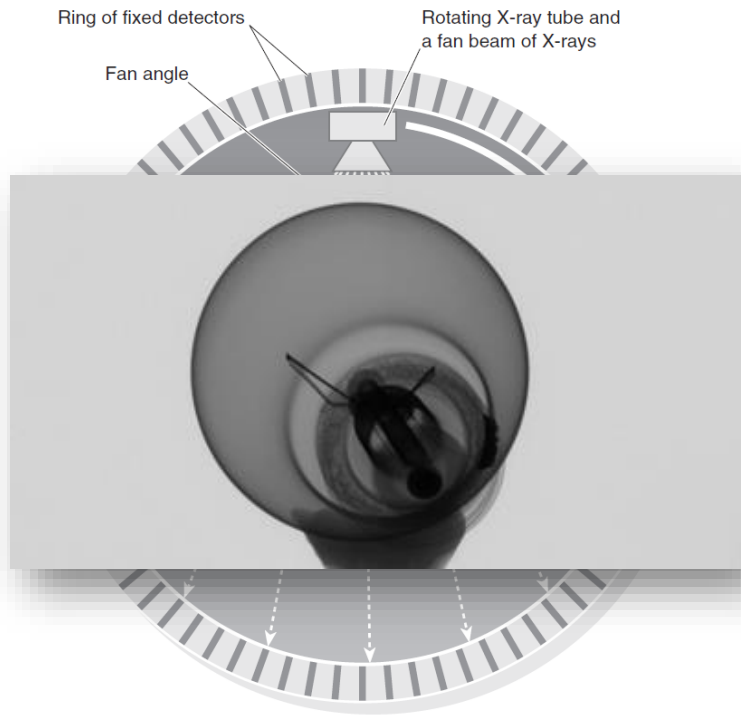
Spot size 800 nm

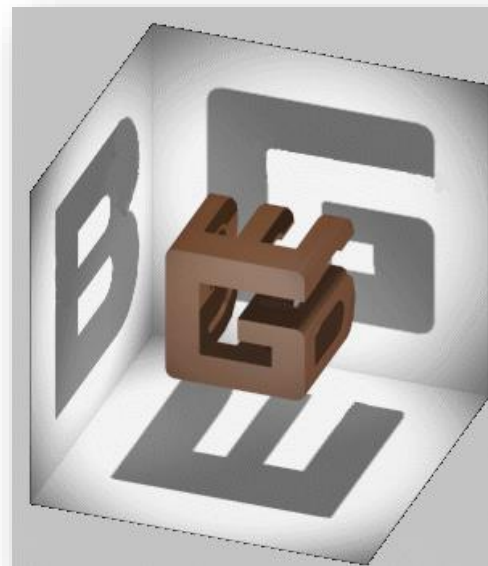
Wysuszuca łodyga paprotki. Voxel size 500nm

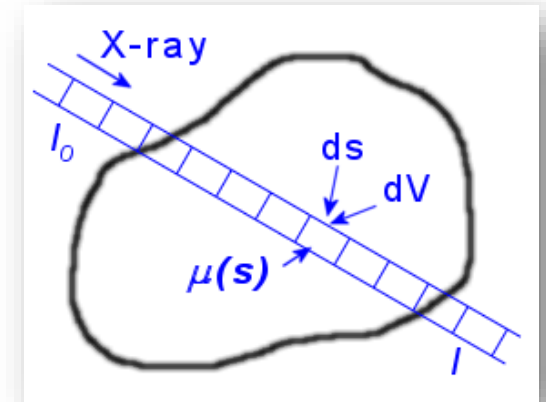
Wysokorozdzielczy nanotomograf komputerowy GE (Phoenix) nanotom S

- Lampa rtg max. 180kV / 57W
typu nano focus
- Dwa typy widma
 - molibden
 - wolfram
- Rozdzielczość:
 - do 300nm
 - typowo 1μm
- Maszyna wytrzymałościowa do testów ściskania i rozciągania próbek podczas pomiarów (max. 500N)
- Koszt tomografu (2.5mln zł) w 2012 roku został sfinansowany z Funduszu Nauki i Technologii Polskiej



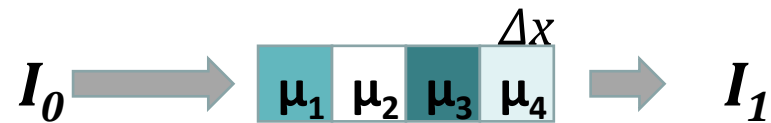




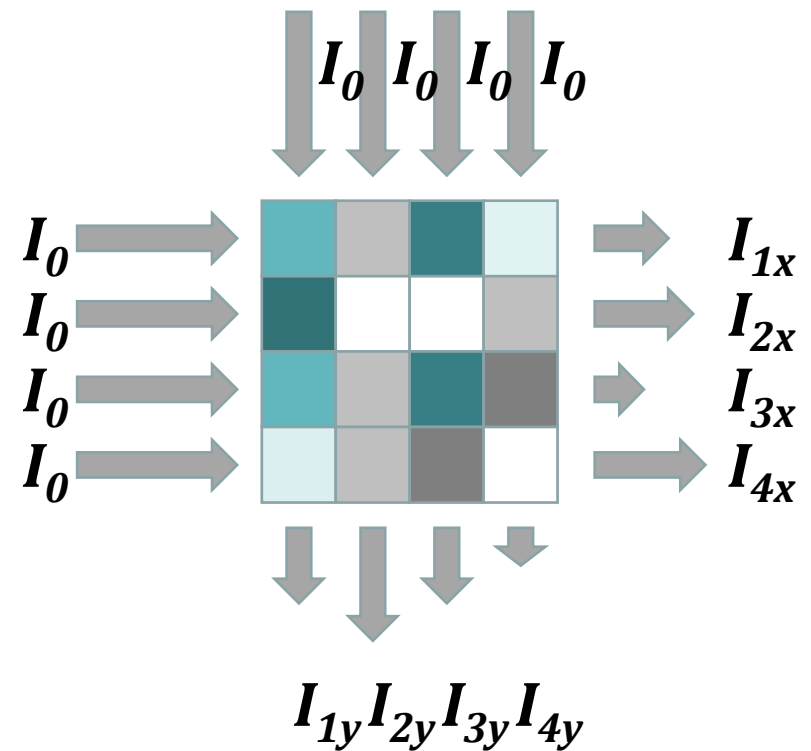
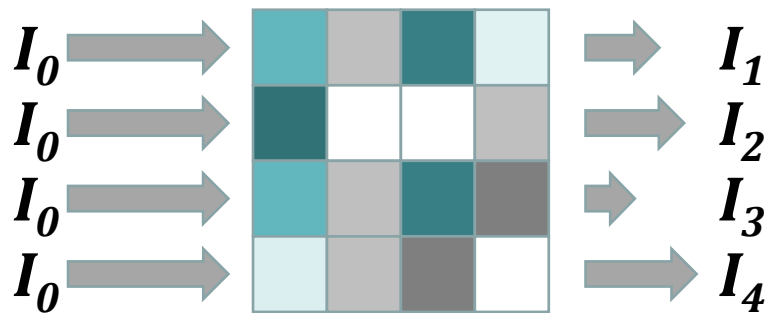


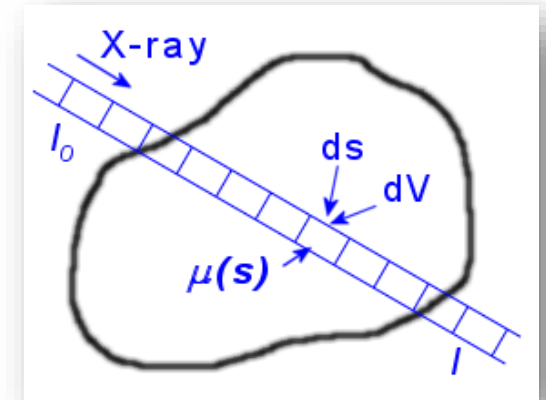
- Zaczynamy od równania na osłabienie wiązki:

$$I = I_0 e^{-\mu \cdot x}$$



$$I_1 = I_0 \cdot e^{-(\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \mu_4) \cdot \Delta x}$$





- Zaczynamy od równania na osłabienie wiązki: $I = I_0 e^{-\mu \cdot x}$

- Liczymy pochodną: $\frac{dI}{dx} = I_0 e^{-\mu \cdot x} \cdot (-\mu) = -\mu \cdot I$

- przepisujemy w postaci: $\frac{dI}{I} = -\mu \cdot dx$

- po scałkowaniu otrzymamy: $\ln|I| + C = -\int \mu(s) \cdot ds$

$$I = I_0 \cdot e^{-\int \mu(s) \cdot ds}$$

- Jedyne co znamy dla każdego wybranego promienia przenikającego przez próbkę to stosunek I_0/I . Znając ten stosunek, chcemy odtworzyć funkcję $\mu(s)$, która związana jest ze stosunkiem I_0/I niejednoznaczłą relacją:

$$\int \mu(s) \cdot ds = \ln\left(\frac{I_0}{I}\right)$$

- Matematycznie zagadnienie sprowadza się do problemu:
 - dana jest dwuwymiarowa funkcja f szybko gasnąca w nieskończoności
 - dla każdej prostej L znamy: $F_L = \int_L f(s) ds$
 - wyznaczyć nieznaną funkcję f
- Powyższy problem został sformułowany i w pełni rozwiązany w 1917 roku przez Johanna Radona
- W teorii rekonstrukcji istotną rolę odgrywa przekształcenie nazywane transformatą Radona
- Transformacja Radona przekształca funkcję $f(x,y)$ w $F(d,\theta)$ i zdefiniowana jest jako:

$$F(d, \theta) = (Rf)(d, \theta) = \int_{L_{d,\theta}} f(x, y) \cdot ds$$
- co można zapisać:

$$F(d, \theta) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) \cdot \delta(x \cos \theta + y \sin \theta - d) \cdot dx dy$$
- Istnieje transformata odwrotna do transformaty Radona:

$$f(x, y) = (R^{-1}F)(x, y) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\frac{\partial F(d, \theta)}{\partial d}}{x \cos \theta + y \sin \theta - d} dd \cdot d\theta$$

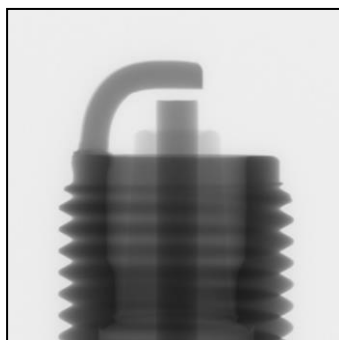
Jednym z pierwszych podejść do problemu było przedstawienie funkcji f w postaci szeregu wielomianów Hermite'a:

$$\psi_{k,l}(x, y) = H_k(x)H_l(y)e^{-x^2-y^2}$$

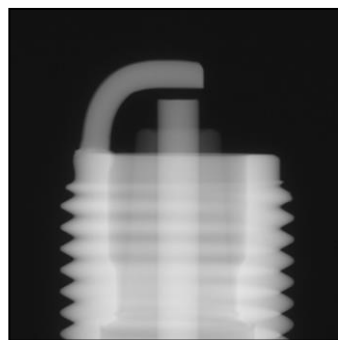
$$f(x, y) = \sum_{k,l=0} a_{k,l} \psi_{k,l}(x, y) \qquad (Rf)(d, \theta) = \sum_{k,l=0} a_{k,l} (R\psi_{k,l})(d, \theta)$$

Inne podejścia:

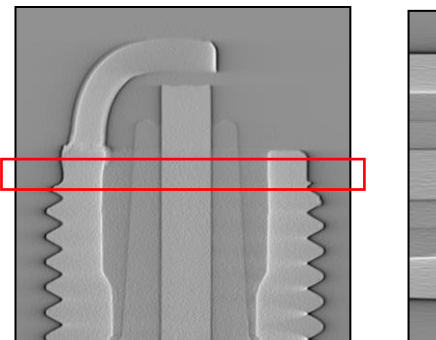
- Metoda algebraiczna
- Metoda algebraiczna iteracyjna
- Metoda projekcji wstecznej
- Metoda filtrowanej projekcji wstecznej



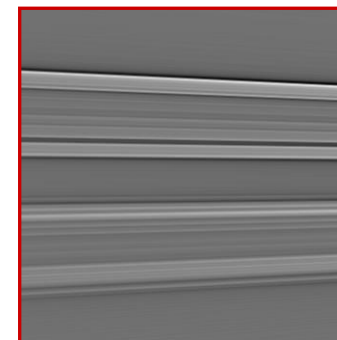
Transmisja



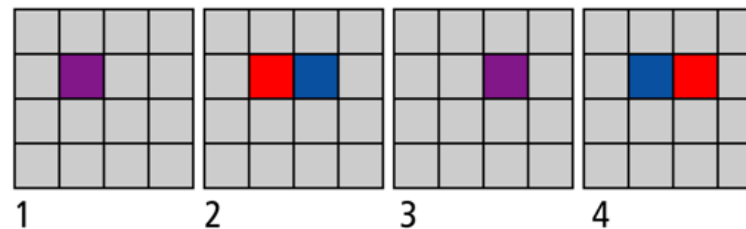
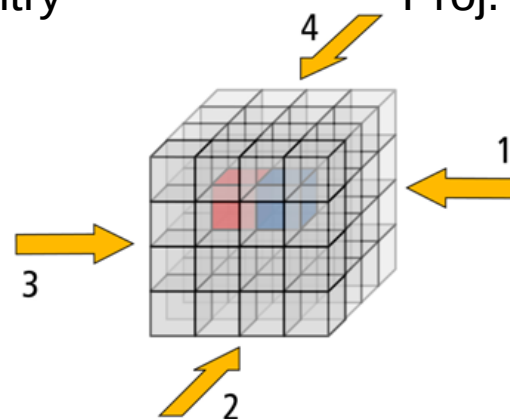
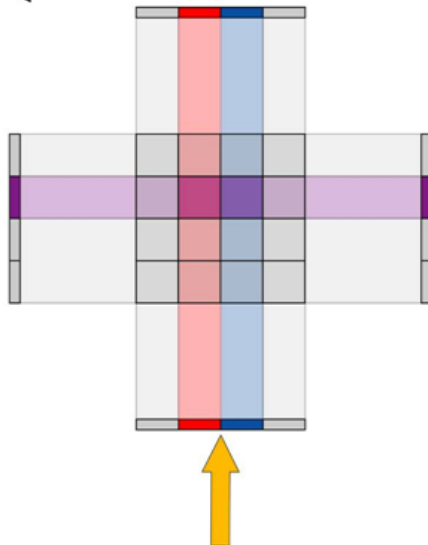
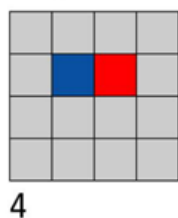
Absorpcja

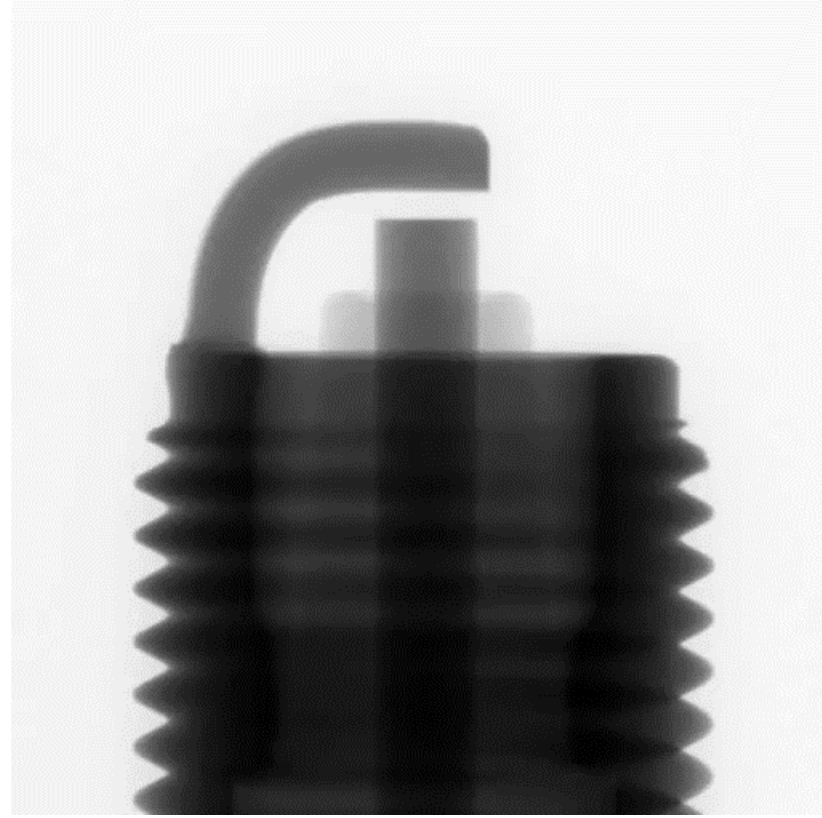
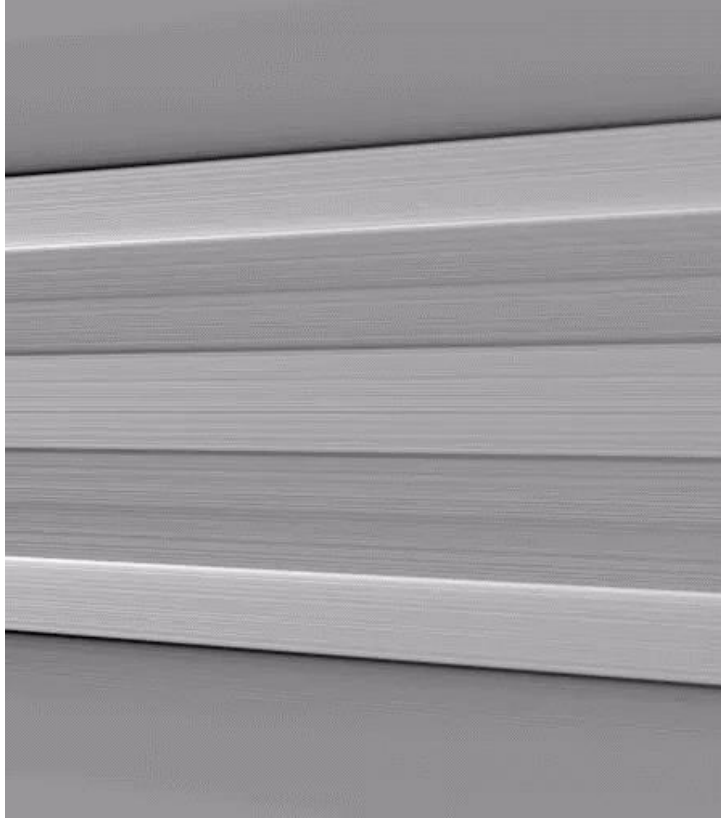


Log + filtry

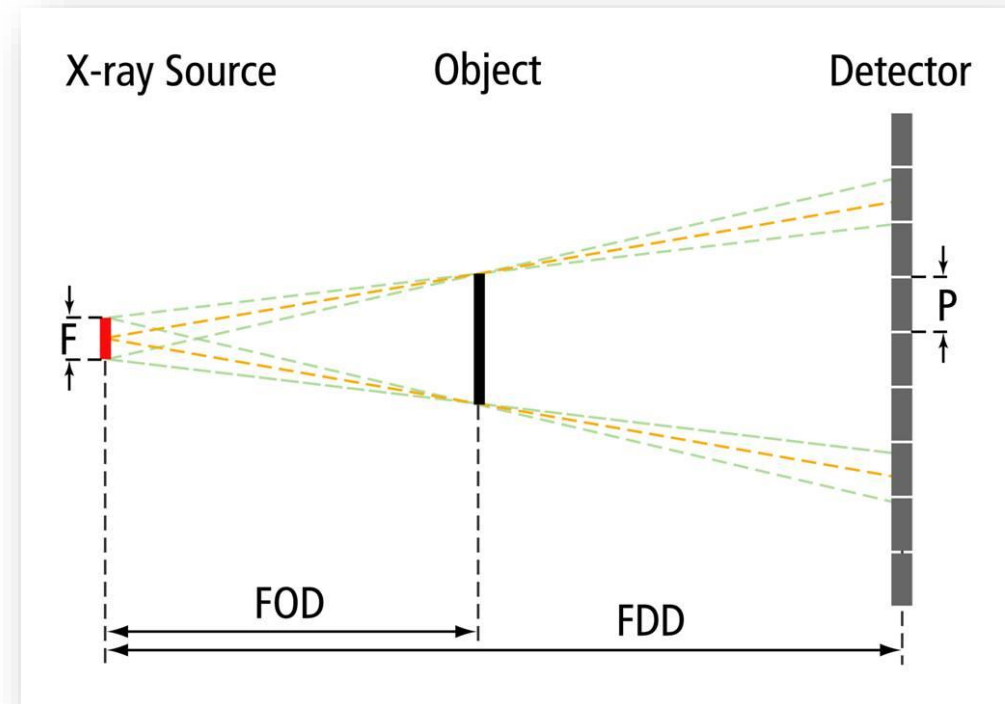
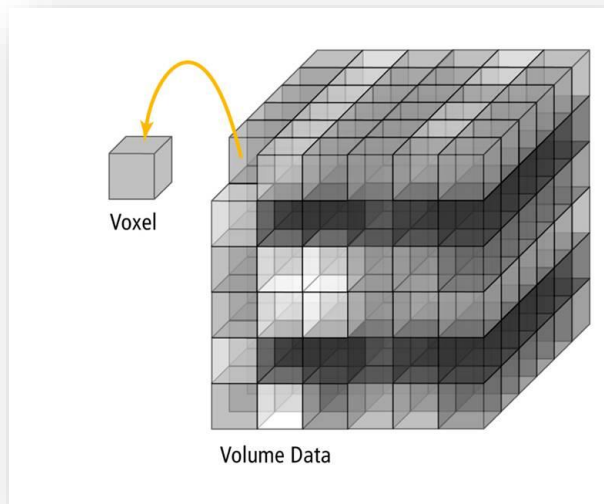


Proj. wsteczna





- Rozmiar piksela na detektorze jest stały
- Rozmiar voxela po rekonstrukcji zależy od powiększenia



$$M = \frac{FDD}{FOD}$$

$$VS = P \cdot \frac{FOD}{FDD} = \frac{P}{M}$$

FOD – *focus – object distance*

FDD – *focus – detector distance*

F – rozmiar ogniska (*focal spot size*)

P – rozmiar piksela (*długość boku*)

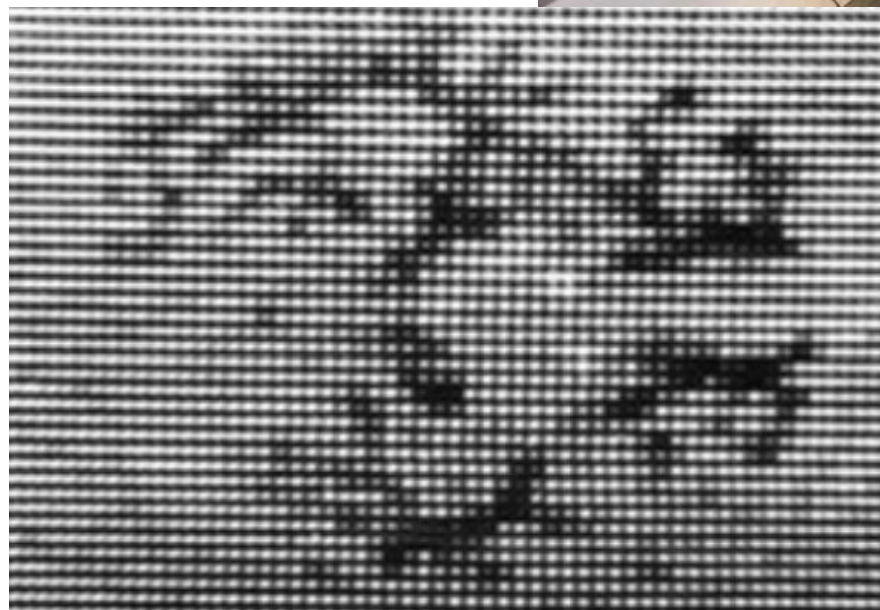
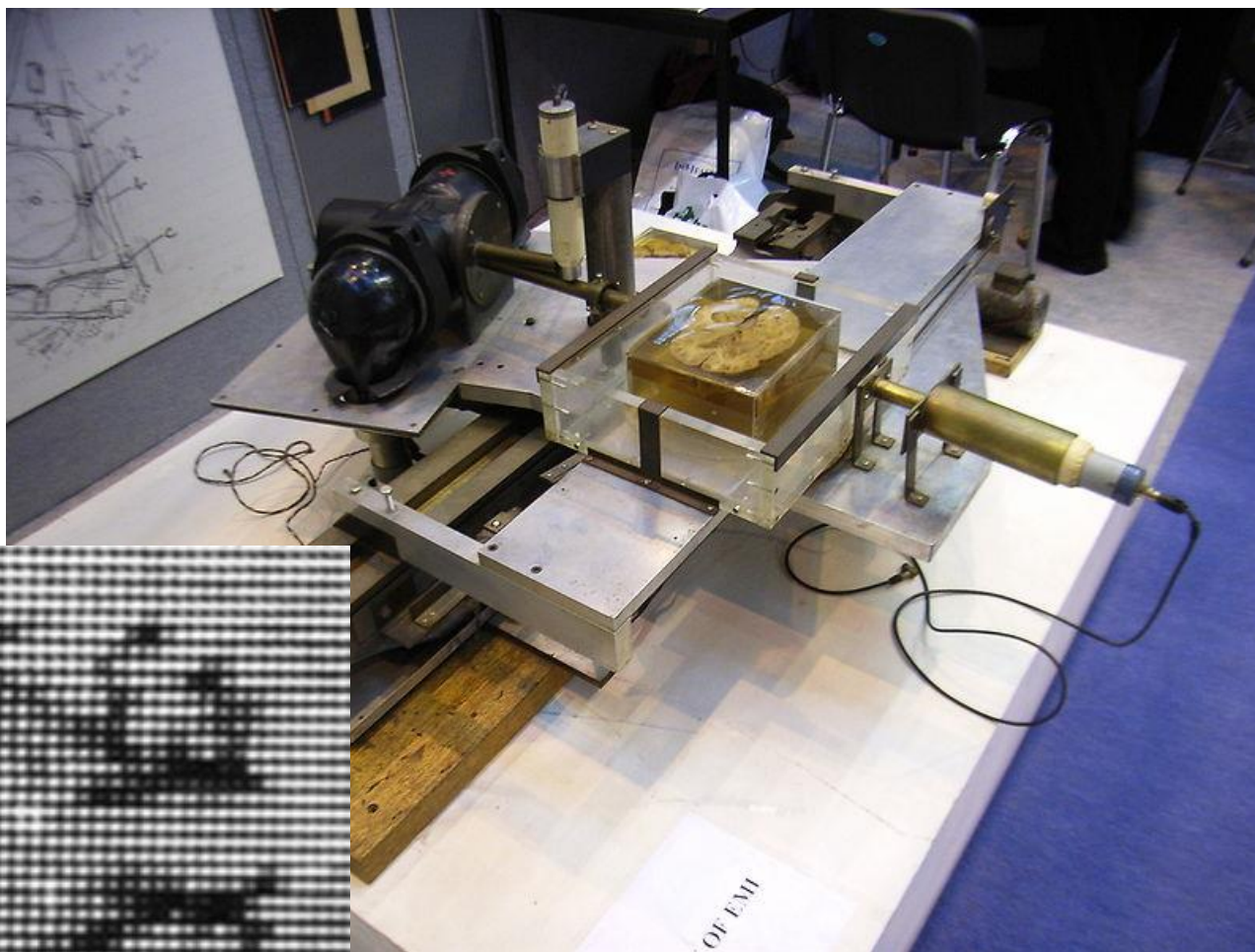
M – powiększenie

VS – rozmiar voxela (*długość boku*)

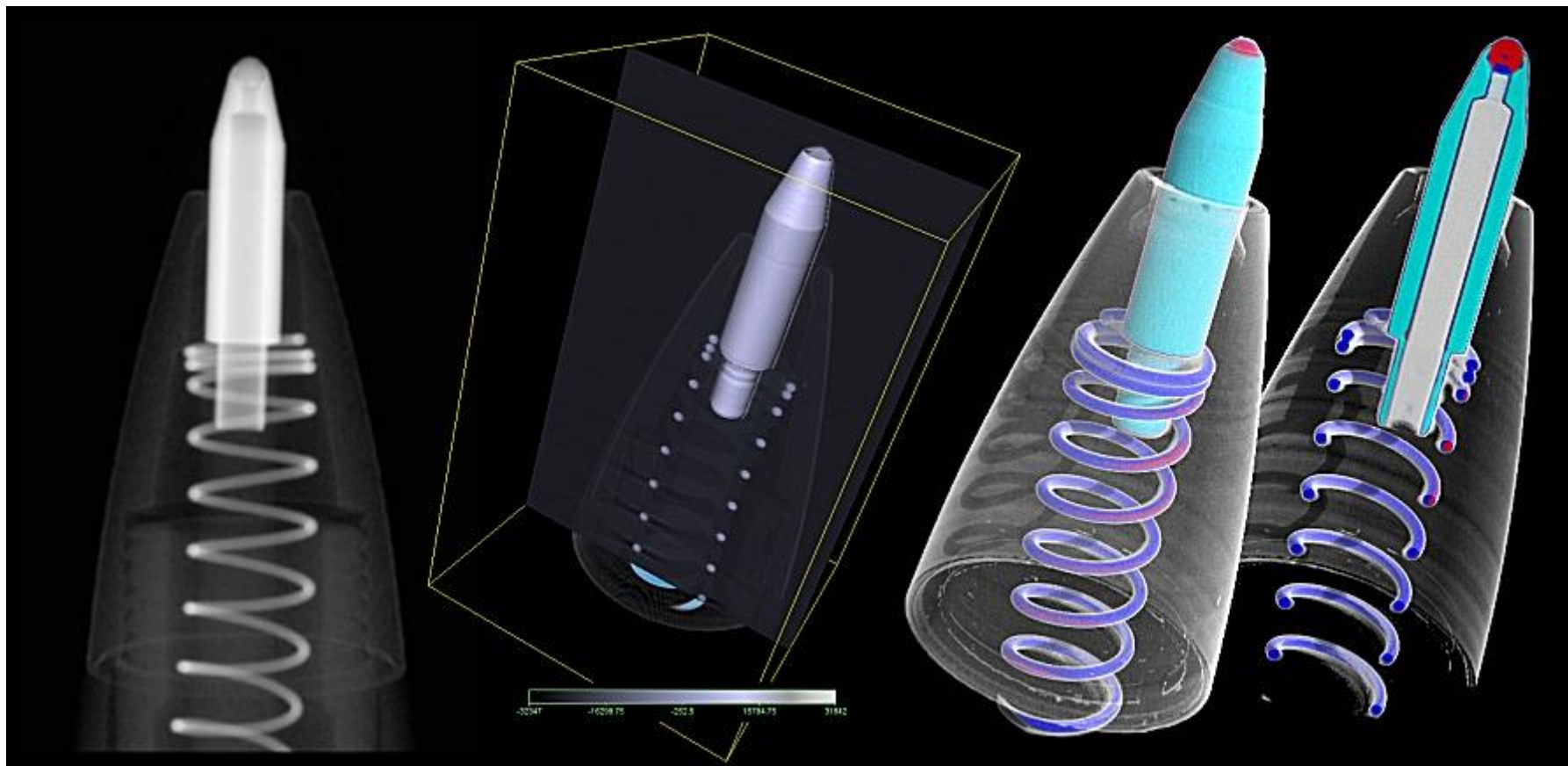


- Promieniowanie X – Wilhelm Röntgen – Nobel 1901
- Podstawy matematyczne – Johann Radon – 1917
- Pierwszy tomograf – Godfrey Hounsfielda – 1968 (Nobel 1979)
- Pierwszy przebadany pacjent – 1972
 - badanie 25 minut
 - obraz 80 x 80 pikseli (27cm x 16cm), 320 skanów
 - rekonstrukcja 37 godzin
- Obecnie
 - czas badania 5 razy krótszy
 - rozdzielczość wzrosła 5 razy
 - rozmiary badanego obszaru wzrosły 25 razy
 - rekonstrukcja skróciła się 250 razy





Oryginalny obraz mózgu uzyskany przez Hounsfielda w 1968 roku

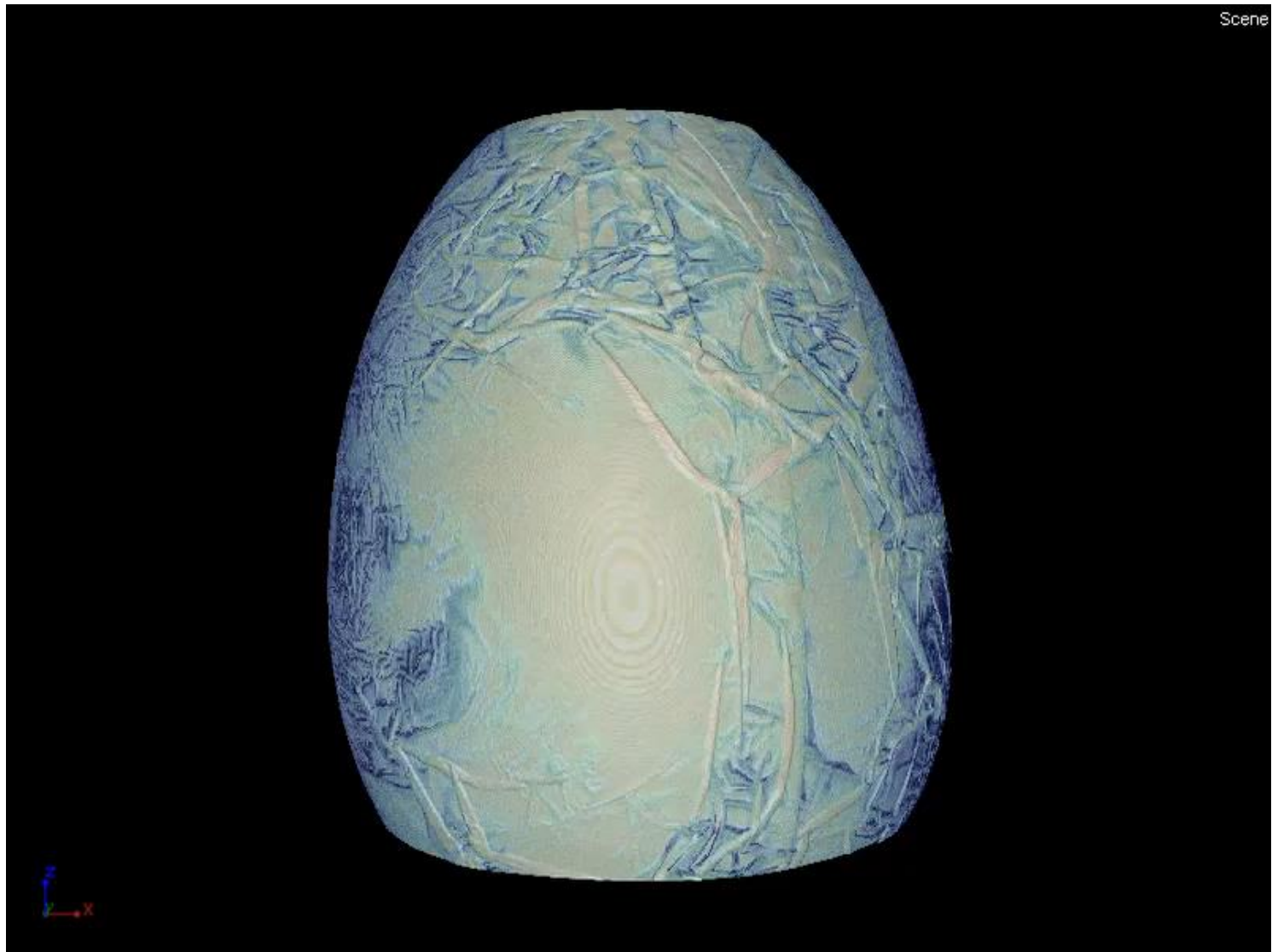


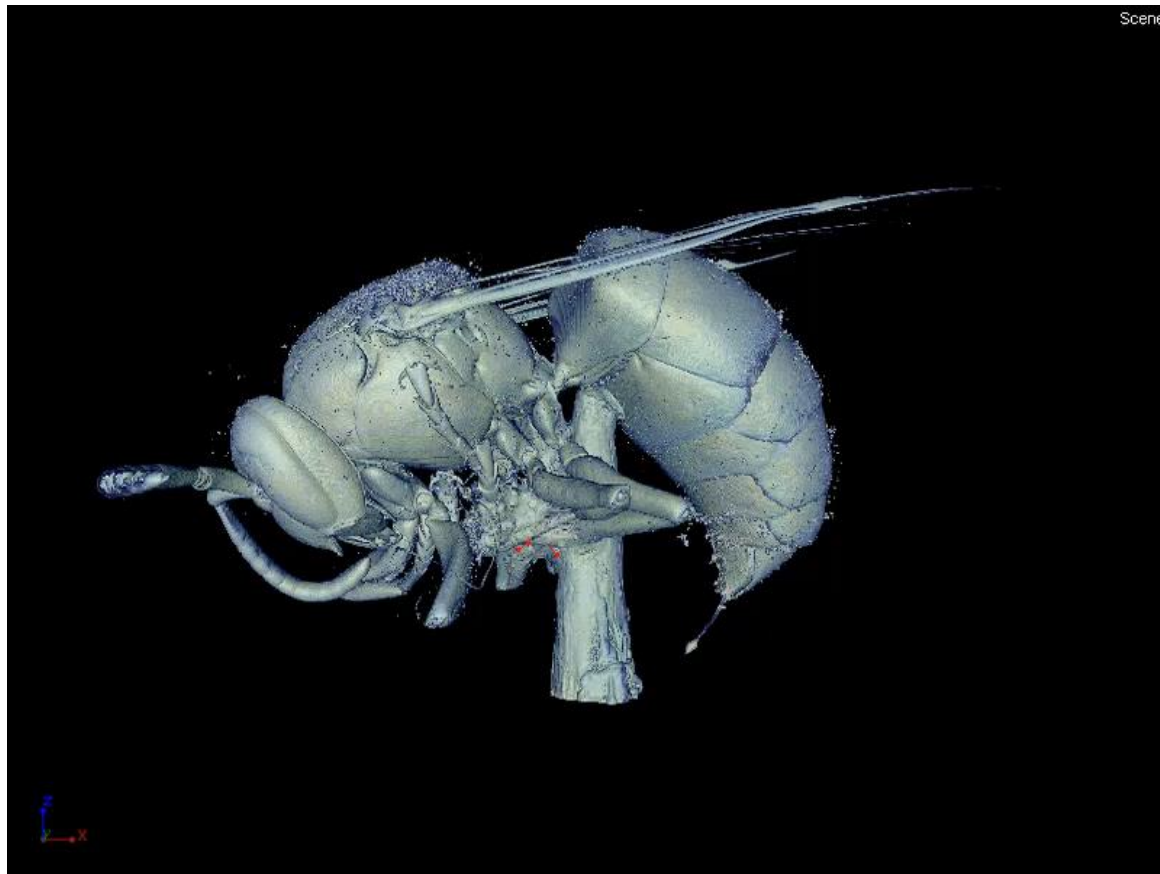
Radiogram

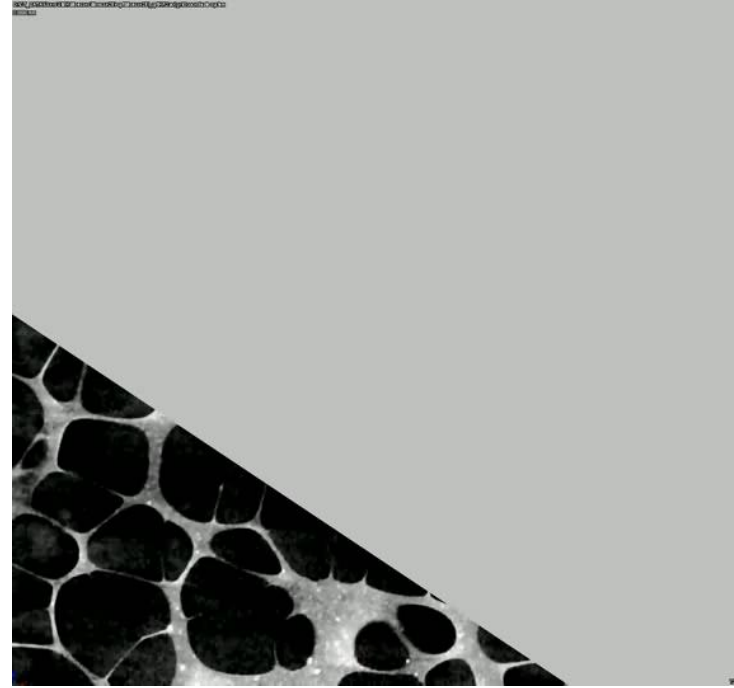
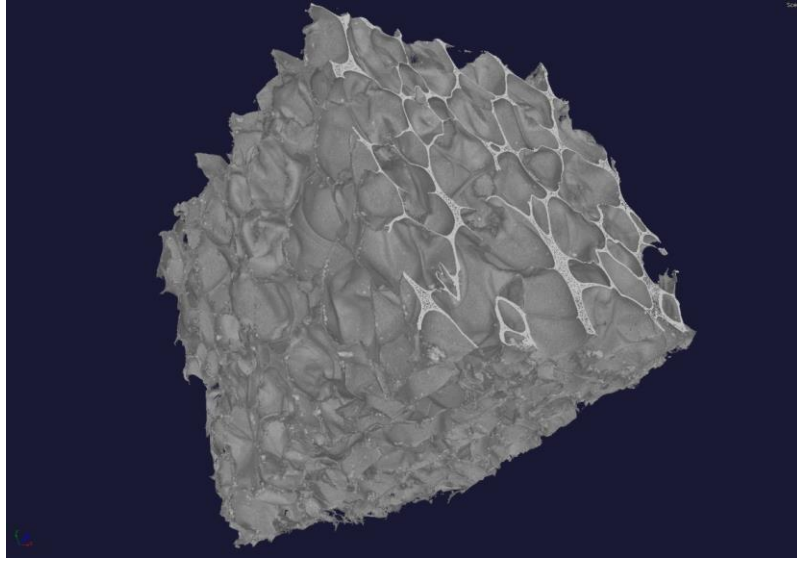
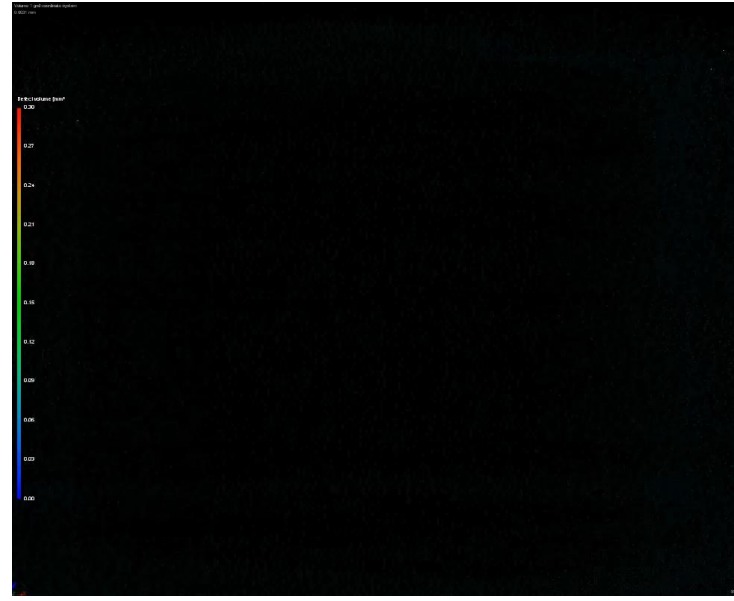
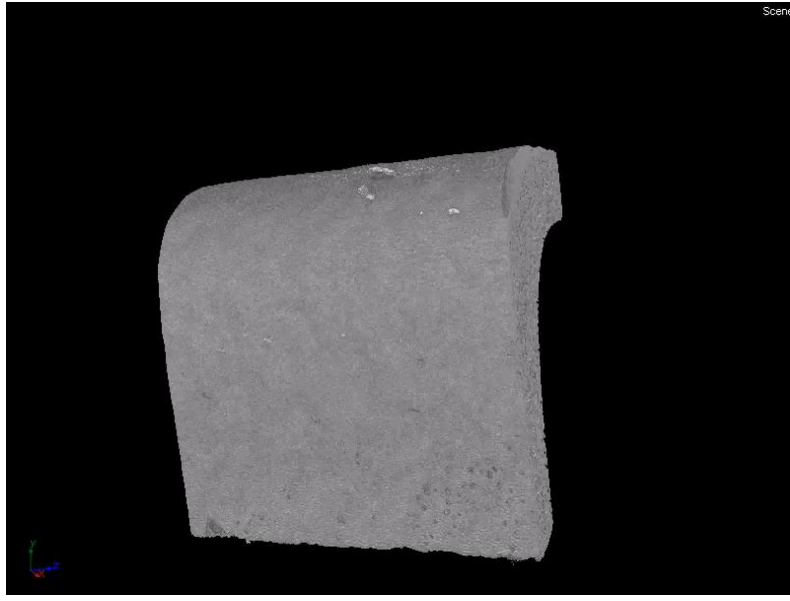
Rekonstrukcja 3D

Wyseparowane obiekty

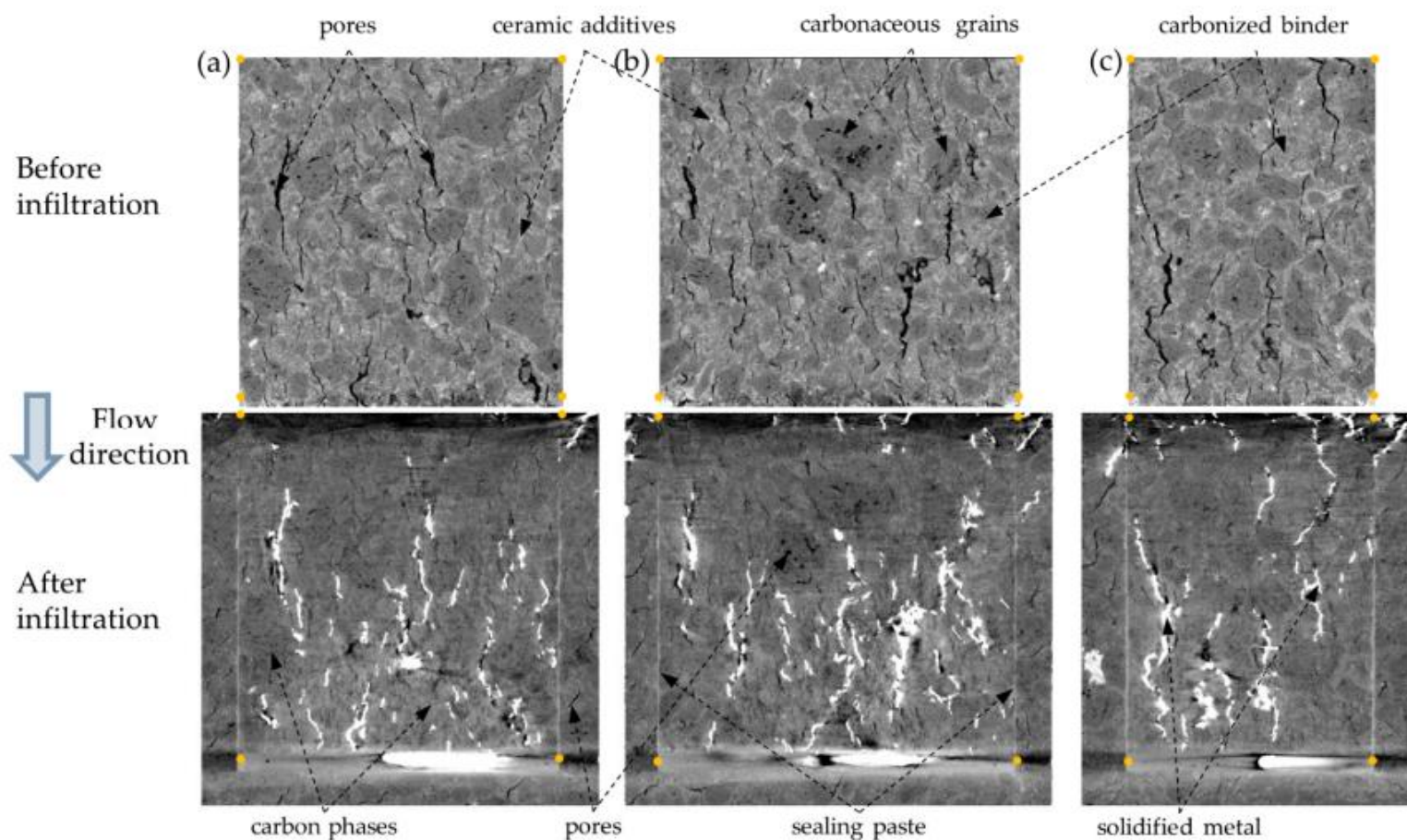
Przekroje







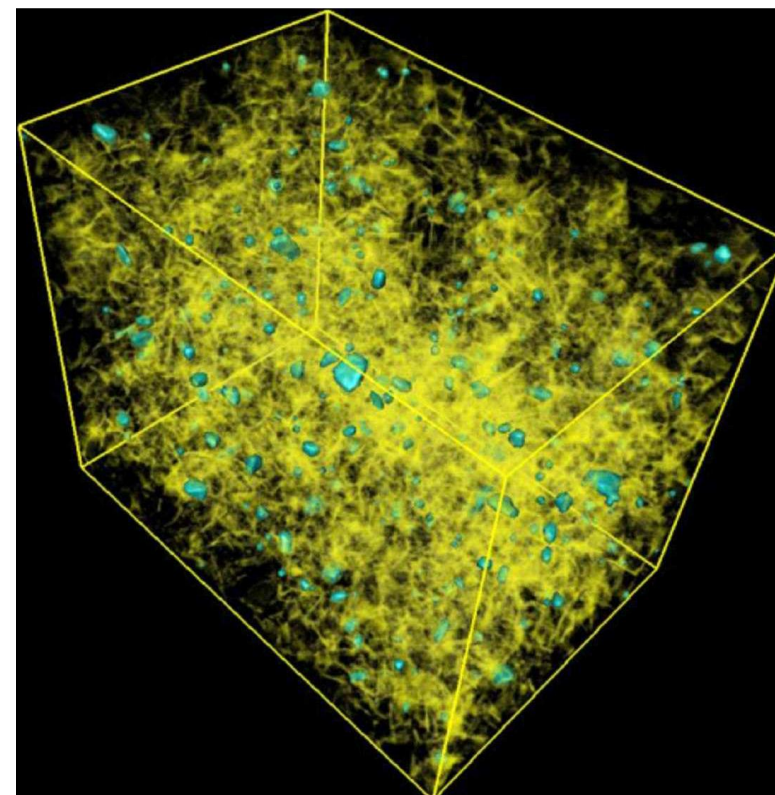
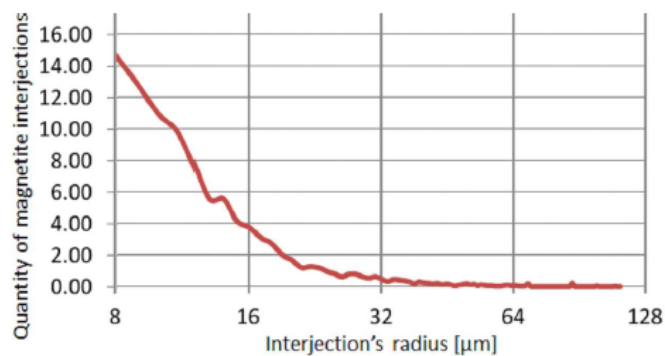
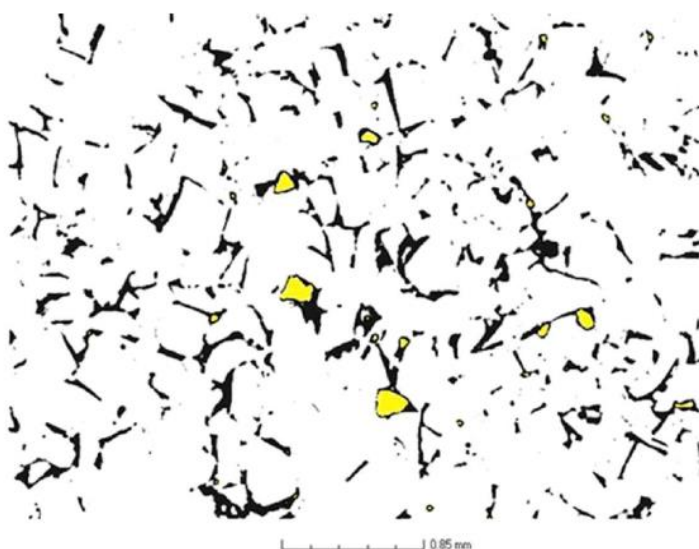
Przykłady badań i pomiarów prowadzonych w laboratorium LMiNT AGH



Investigation of molten metal infiltration into micropore carbon refractory materials using X-ray computed tomography / Jakub STEC, Jacek TARASIUK, Sebastian WRÓŃSKI, Piotr Kubica, Janusz Tomala, Robert FILIPEK // Materials [Dokument elektroniczny]. — Czasopismo elektroniczne ; ISSN 1996-1944. — 2021 vol. 14 iss. 12 art. no. 3148, s. 1–14.

Polimerowe rusztowania (scaffolds) do uzupełniania ubytków kostnych

Iron(II,II) oxide (magnetite) nanopowder of grain size below 50 nm, and polycaprolactone (PCL)



Obserwacje polimerowych rusztowań po zaimplantowaniu w zwierzętach doświadczalnych Połączenie techniki MRI z micro-CT



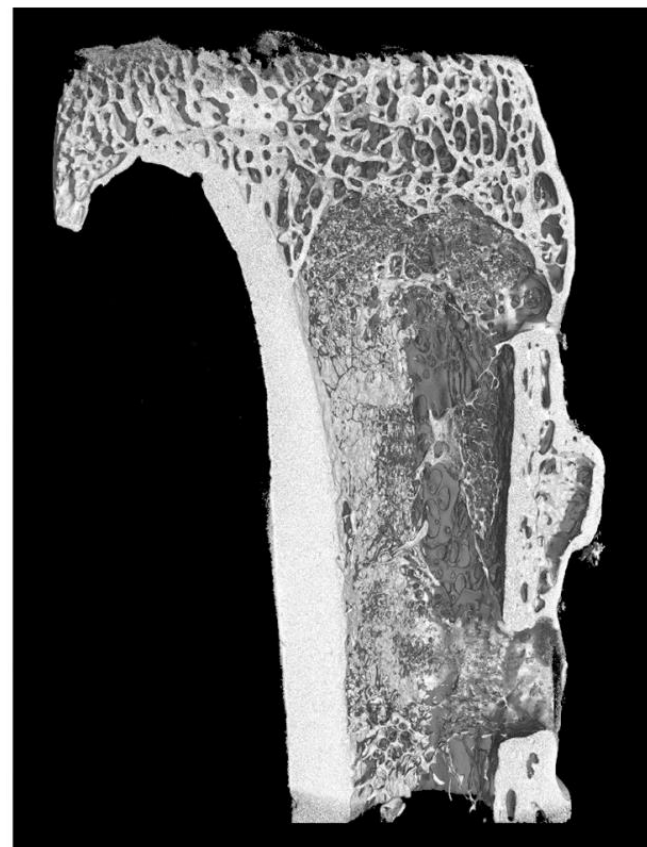
PLDL/nHAp scaffolds wyprodukowane przez WIMiC



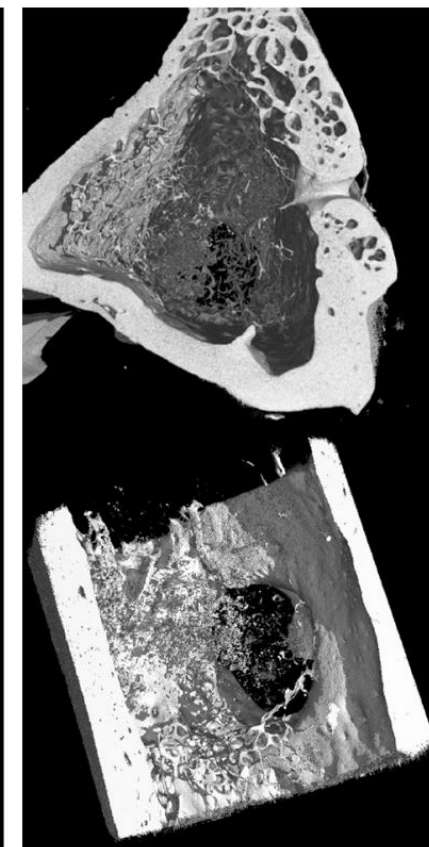
(c) SE T₂ – S_{1C}



(d) IR NF – S_{1C}



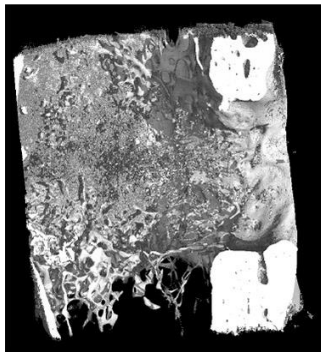
(d) S₃TB 10μm



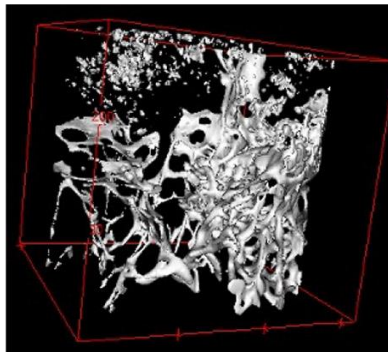
(e) S₃TB 3μm

Obserwacje polimerowych rusztowań po zaimplantowaniu w zwierzętach doświadczalnych Połączenie techniki MRI z micro-CT

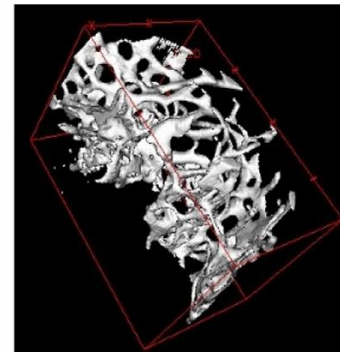
- Obrazowanie RTG
- Obrazowanie micro-CT
- Porównanie stopnia zarośnięcia otworów
- Analiza ilościowa zarośnięcia otworów
- Analiza pozostałości nie zresorbowanego implantu



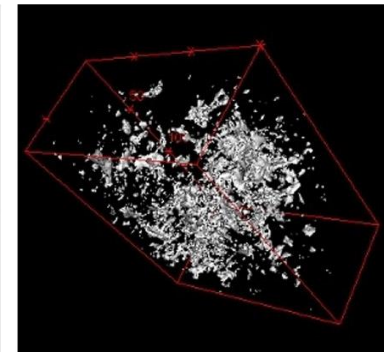
(a) μ CT reconstruction



(b) segmented VOI



(c) trabeculae

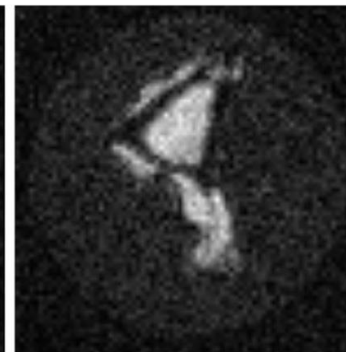


(d) remnants of scaffolds

- Analiza stanów zapalnych



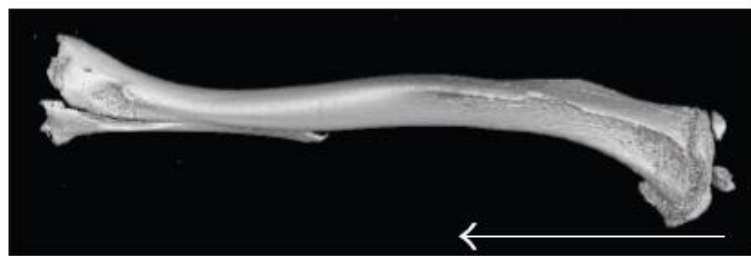
(a) SE T_2 - S_{2T}



(b) IR NF - S_{2T}

Wpływ metforminy na potencjał kościotwórczy komórek macierzystych

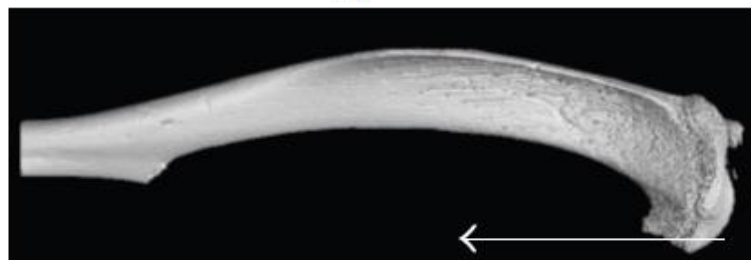
Metformina jest doustnym lekiem przeciwcukrzycowym, zmniejszającym stężenie glukozy we krwi. Mechanizm działania polega na pobudzaniu komórek beta wysp Langerhansa trzustki do zwiększenia wydzielania insuliny.



(I)



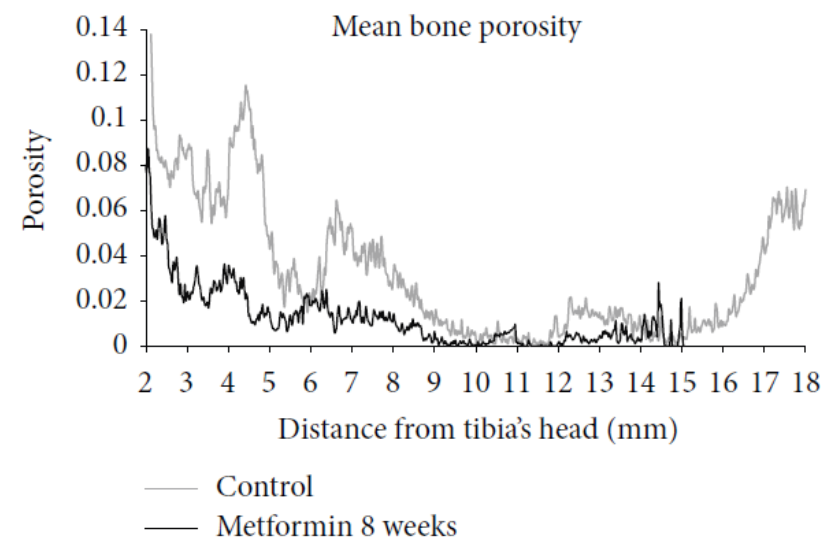
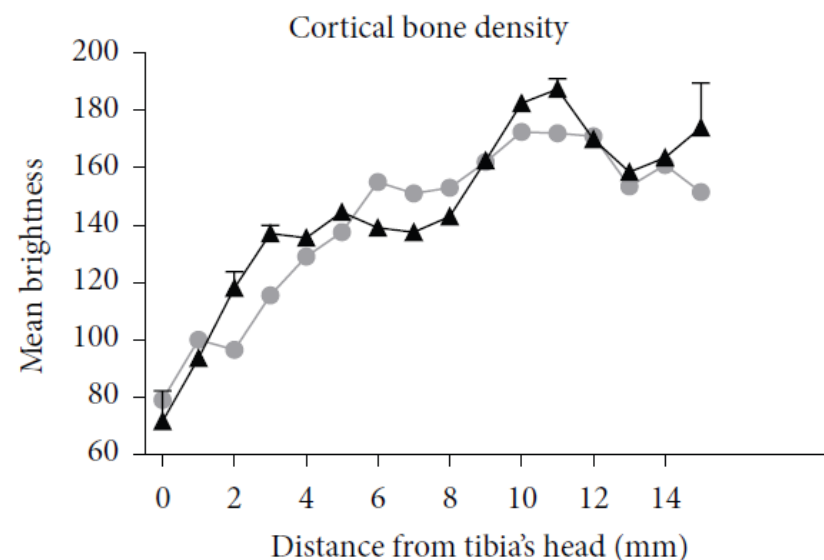
(II)



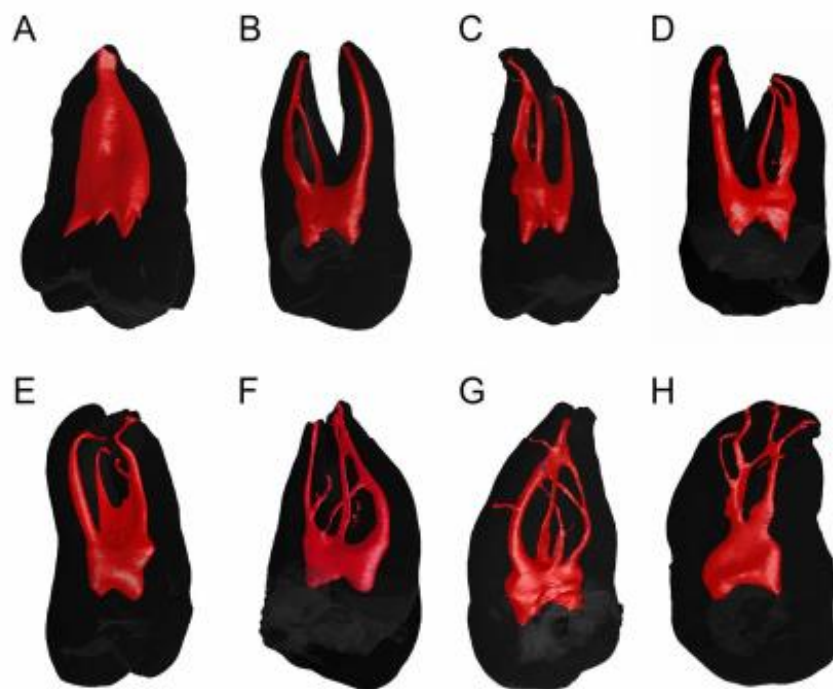
(III)



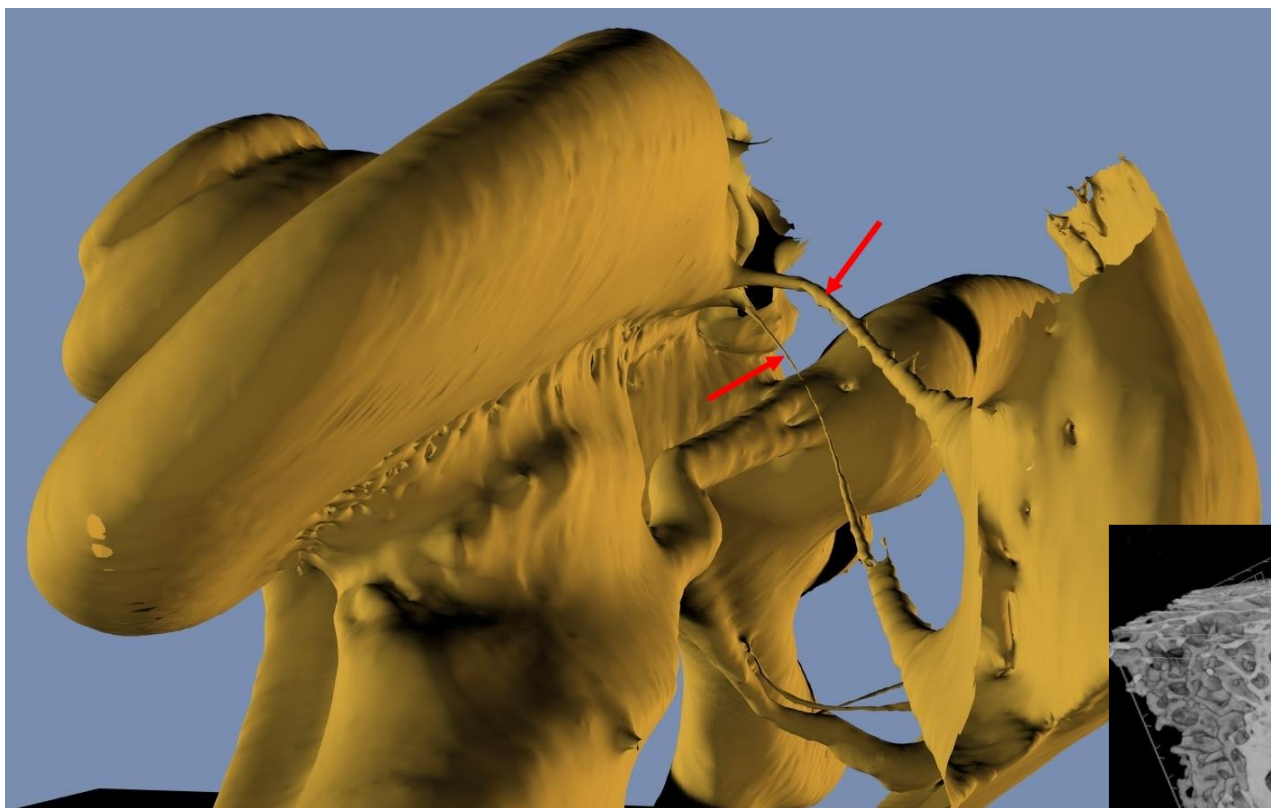
(IV)



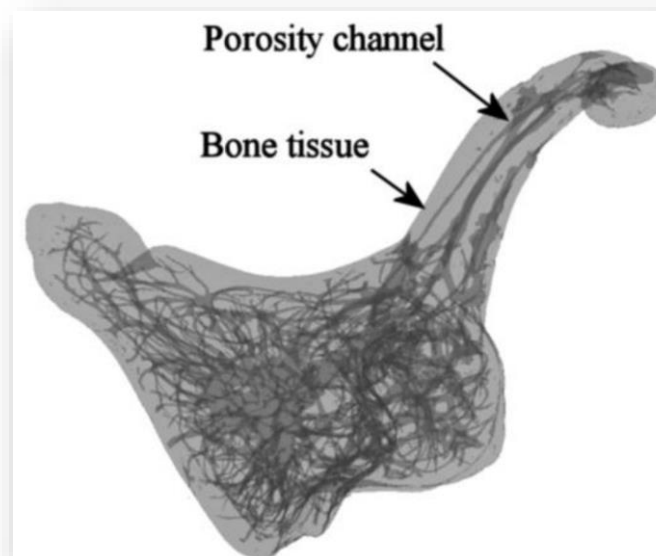
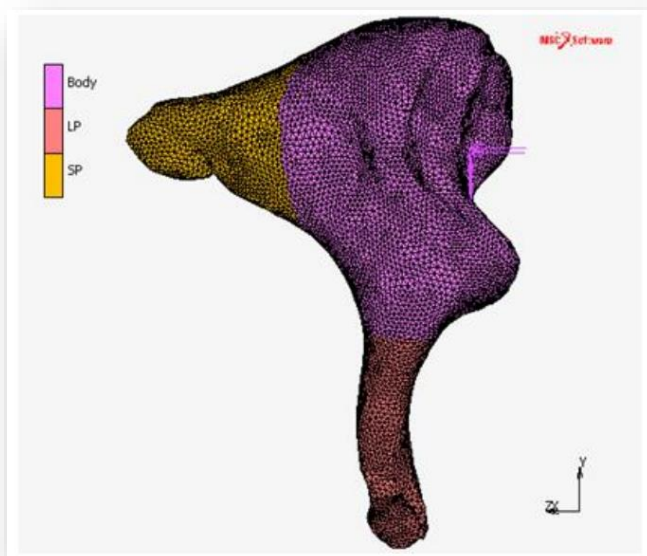
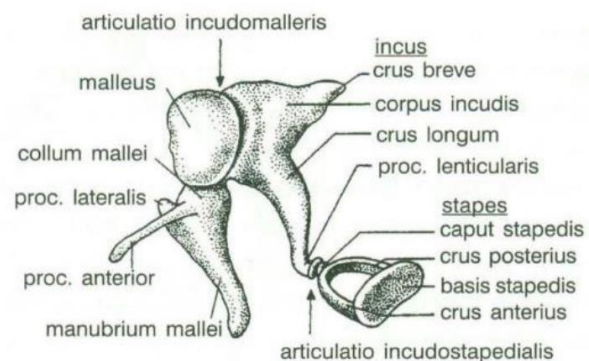
K. Marycz, K. A. Tomaszewski, K. Kornicka, B. M. Henry, **S. Wronski**, **J. Tarasiuk**, M. Maredziak, Metformin Decreases Reactive Oxygen Species, Enhances Osteogenic Properties of Adipose-Derived Multipotent Mesenchymal Stem Cells In Vitro, and Increases Bone Density In Vivo, Oxidative Medicine and Cellular Longevity Volume 2016, Article ID 9785890, p19



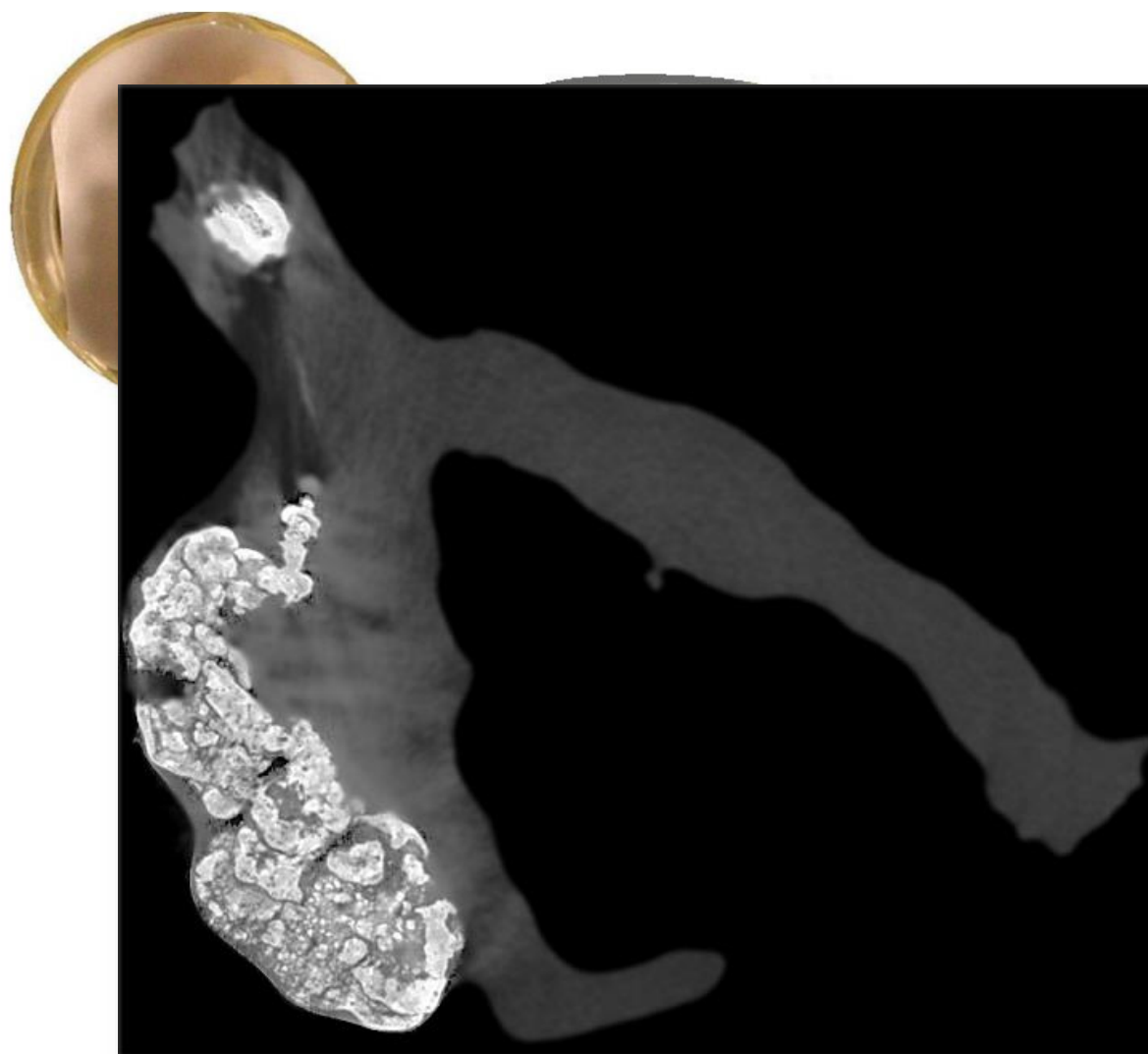
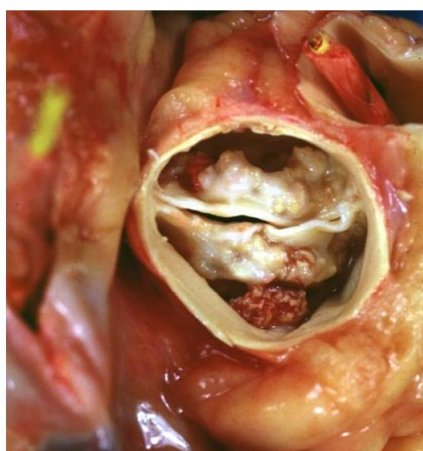
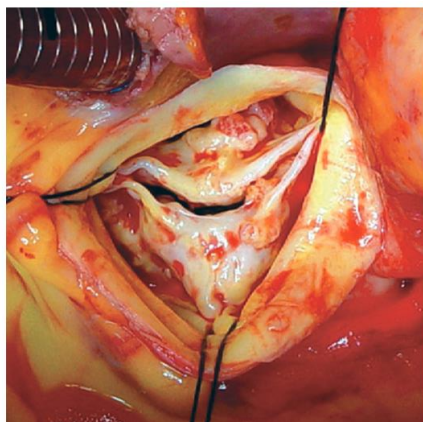
Internal and external morphology of mandibular molars: an original micro-CT study and meta-analysis with review of implications for endodontic therapy / Iwona M. Tomaszewska, Bendik Skinningsrud, Anna Jarzębska, Jakub R. Pękala, Jacek TARASIUK, Joe Iwanaga // *Clinical Anatomy* ; ISSN 0897-3806. — 2018 vol. 31 iss. 6, s. 797–811. — Bibliogr. s. 809–811.



Micro-CT study of the dehiscences of the tympanic segment of the facial canal / Magdalena Kozerska, Janusz Skrzat, Alexandru Spulber, Jerzy Walocha, Sebastian WRÓŃSKI, Jacek TARASIUK // *Surgical and Radiologic Anatomy* ; ISSN 0930-1038. — 2017 vol. 39 iss. 4, s. 375–382.



66 pacjentów

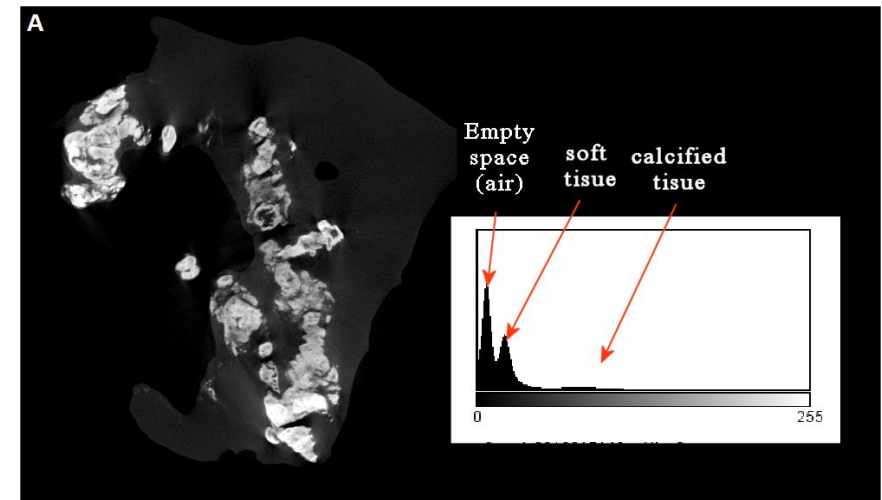


Autorskie parametry opisu:

- Średni rozmiar depozytów wapnia,
- Frakcja zwapnienia,
- Frakcja ciężka,
- Pofałdowanie frakcji ciężkiej,
- Mediana CT-value (odzwierciedla pochłanianie promieniowania, a więc pośrednio mineralizację zastawki).

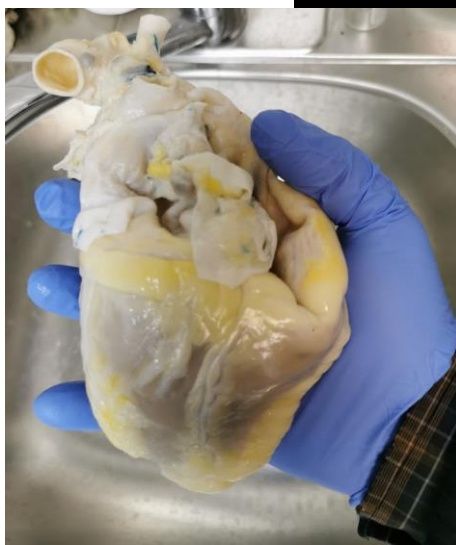
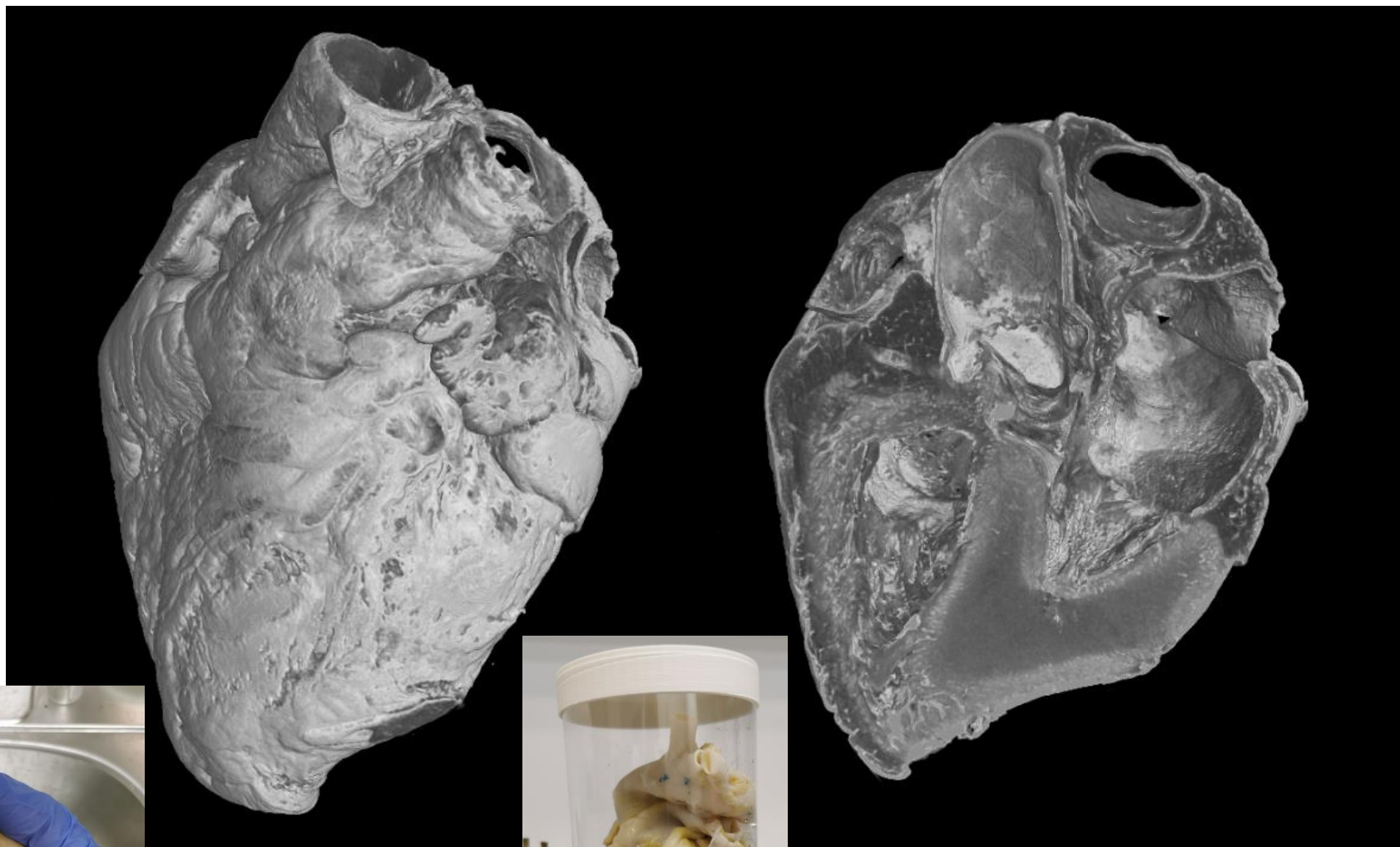
Wyniki:

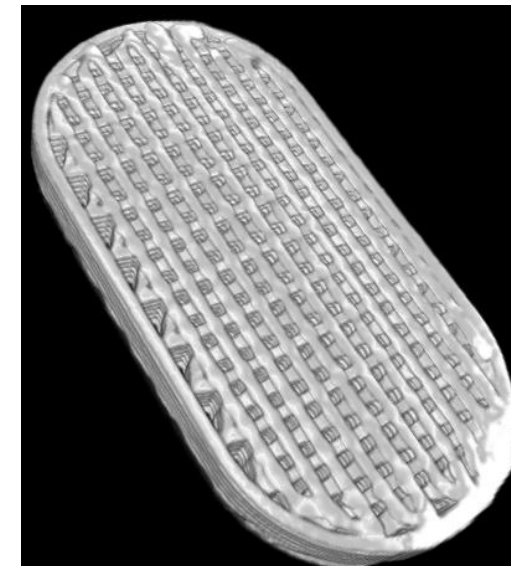
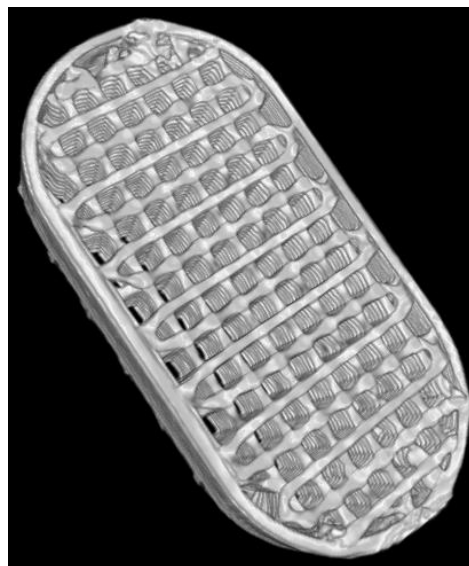
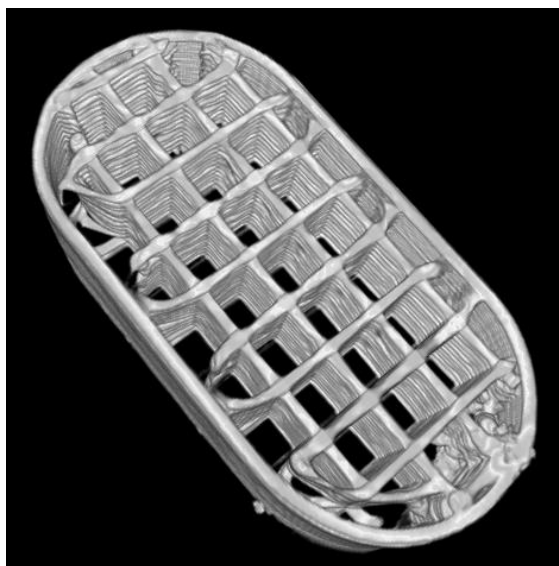
- Frakcja zwapnienia korelowała z ciężkością wady aortalnej
- Tylko u pacjentów z zastawką trójpłatkową ekspresja mRNA IBSP korelowała z frakcją zwapnienia, a ekspresja mRNA RANKL korelowała z pofałdowaniem frakcji ciężkiej.
- Zawartość wapnia w silnie zwapniałych fragmentach tkanki zastawkowej korelowała z mRNA BMP2.



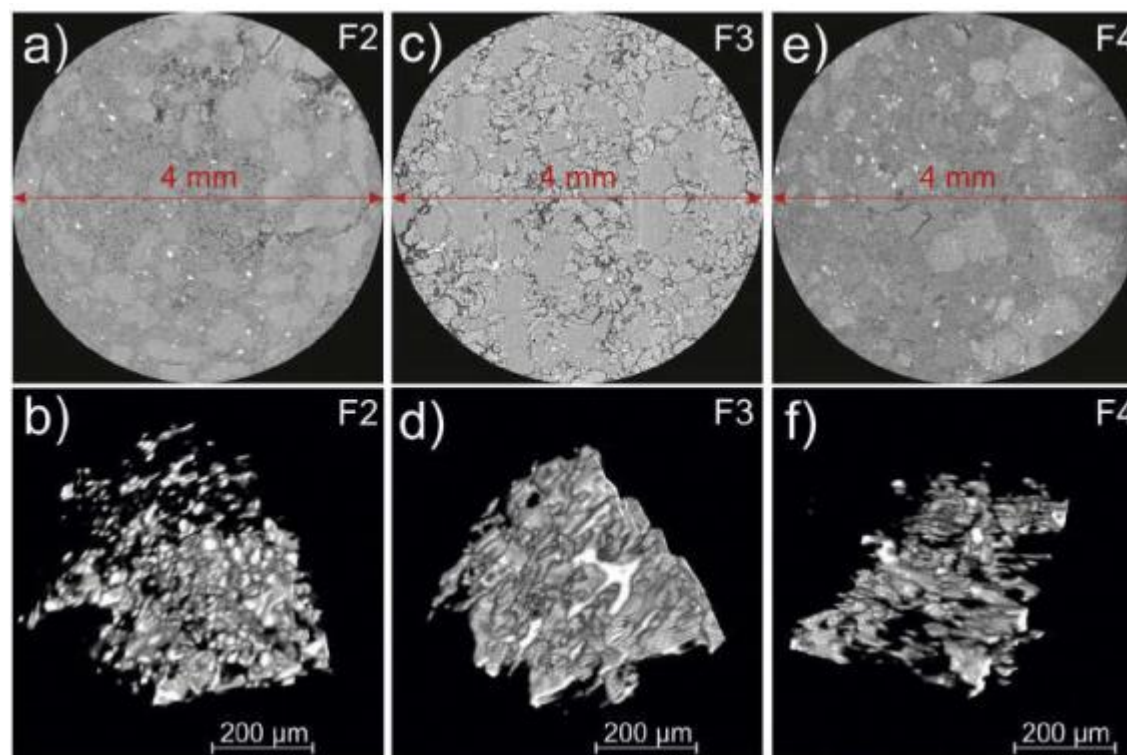
Osiągnięcia:

- Udokumentowane zostało po raz pierwszy, iż pomimo podobnej relatywnej objętości zwapnień w stenozie aortalnej w zastawce dwu- i trójpłatkowej, zastawki dwupłatkowe są mniej zmineralizowane.
- Stopień zwapnienia zastawki koreluje z ciężkością wady.
- Obserwowano związek parametrów oceniających mineralizację zastawek w micro-CT z ekspresją genów biorących udział w osteoblastogenezie tylko w grupie z zastawką trójpłatkową.

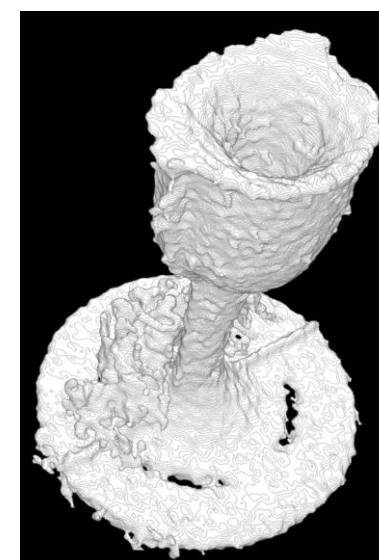
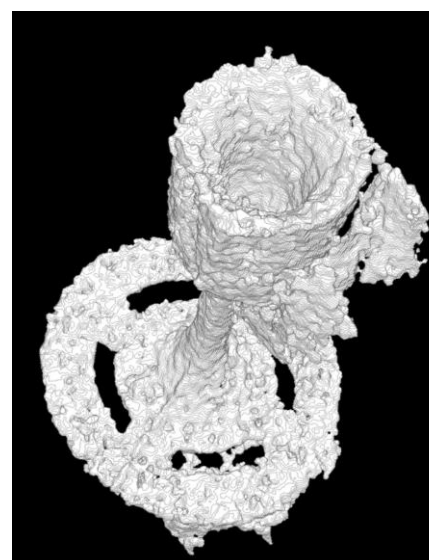
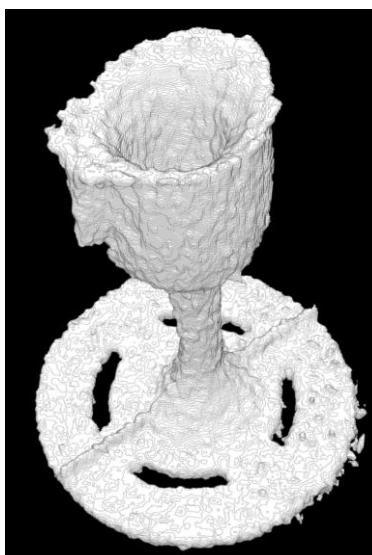
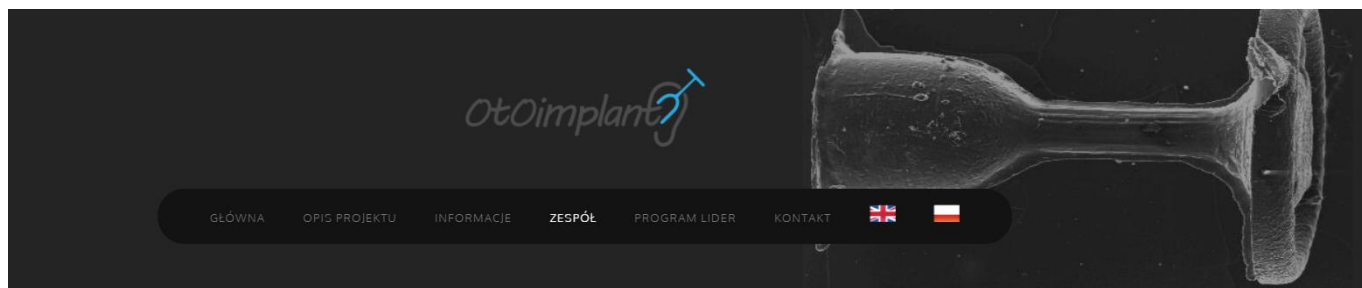




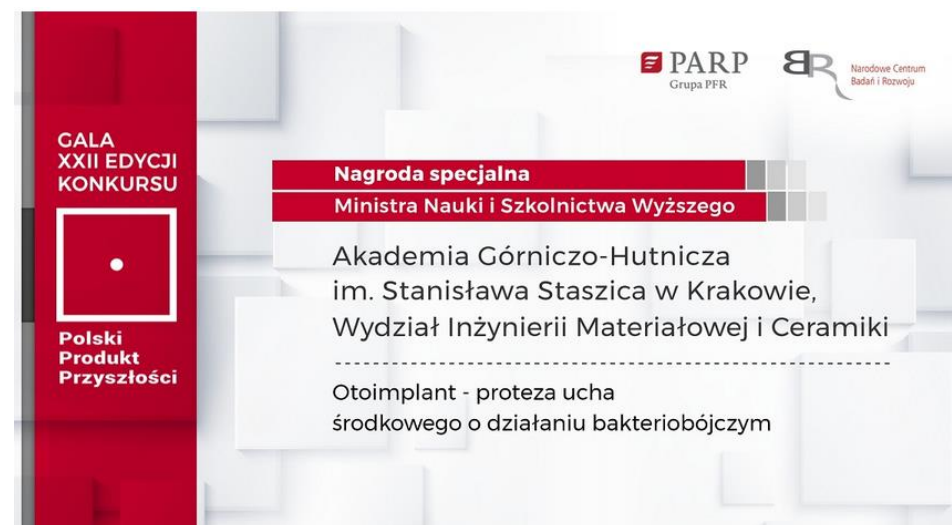
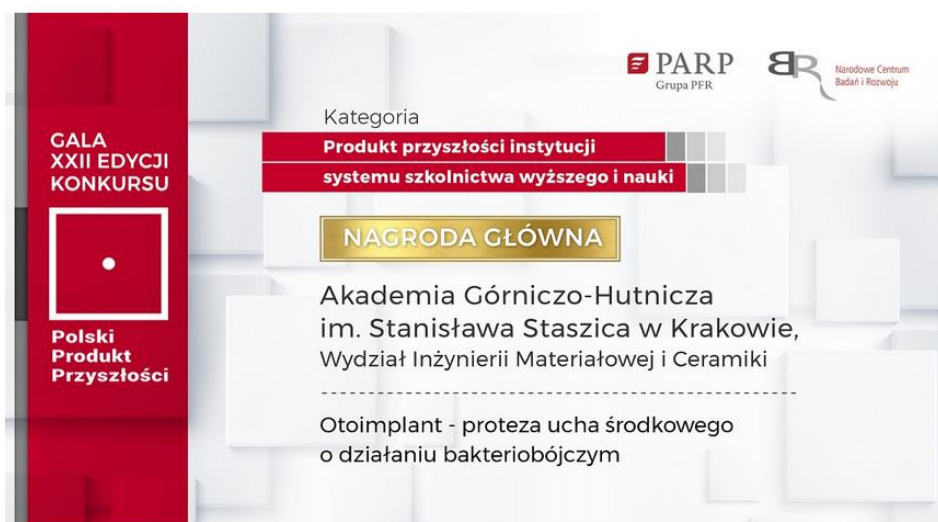
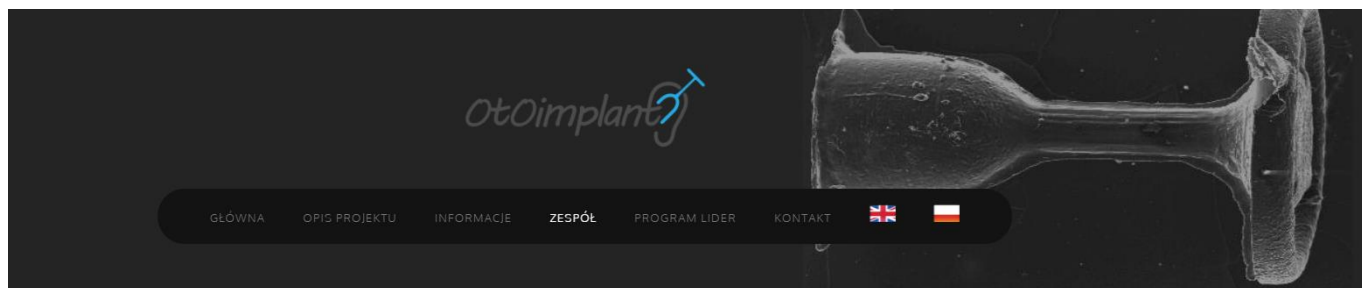
How to obtain the maximum properties flexibility of 3D printed ketoprofen tablets using only one drug-loaded filament? / Jolanta Pyteraf, [et al.], Jacek TARASIUK, Sebastian WROŃSKI, [et al.] // Molecules [Dokument elektroniczny]. — Czasopismo elektroniczne ; ISSN 1420-3049. — 2021 vol. 26 iss. 11 art. no. 3106, s. 1–22.



The impact of polymers on 3D microstructure and controlled release of sildenafil citrate from hydrophilic matrices / Anna Krupa, Zbysław Tabor, **Jacek TARASIUK**, Beata Strach, Krzysztof Pocięcha, Elżbieta Wyska, **Sebastian WROŃSKI**, Ewelina Łyszczarz, Renata Jachowicz // European Journal of Pharmaceutical Sciences ; ISSN 0928-0987. — 2018 vol. 119, s. 234–243.



Biocompatible nanocomposite implant with silver nanoparticles for otology - in vivo evaluation / Magdalena ZIĄBKA, Elżbieta Menaszek, **Jacek TARASIUK, Sebastian WROŃSKI** // Nanomaterials [Dokument elektroniczny]. — Czasopismo elektroniczne ; ISSN 2079-4991. — 2018 vol. 8 iss. 10 art. no. 764, s. 1–18. — Wymagania systemowe: Adobe Reader. — Bibliogr. s. 16–18,



Biocompatible nanocomposite implant with silver nanoparticles for otology - in vivo evaluation / Magdalena ZIĄBKA, Elżbieta Menaszek, **Jacek TARASIUK, Sebastian WROŃSKI** // Nanomaterials [Dokument elektroniczny]. — Czasopismo elektroniczne ; ISSN 2079-4991. — 2018 vol. 8 iss. 10 art. no. 764, s. 1–18. — Wymagania systemowe: Adobe Reader. — Bibliogr. s. 16–18,

Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni - L. Krzemień, M. Łukomski

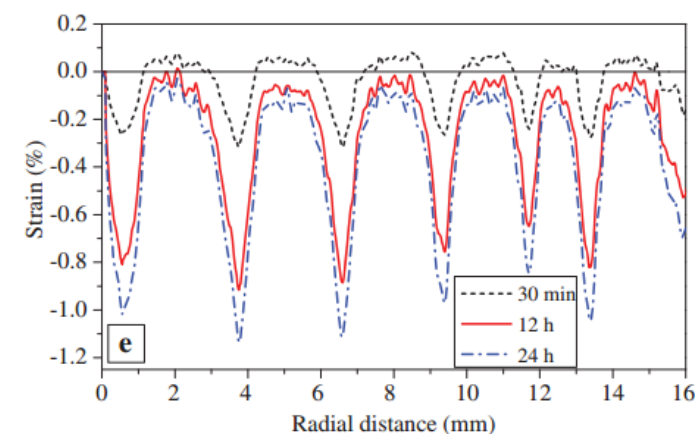
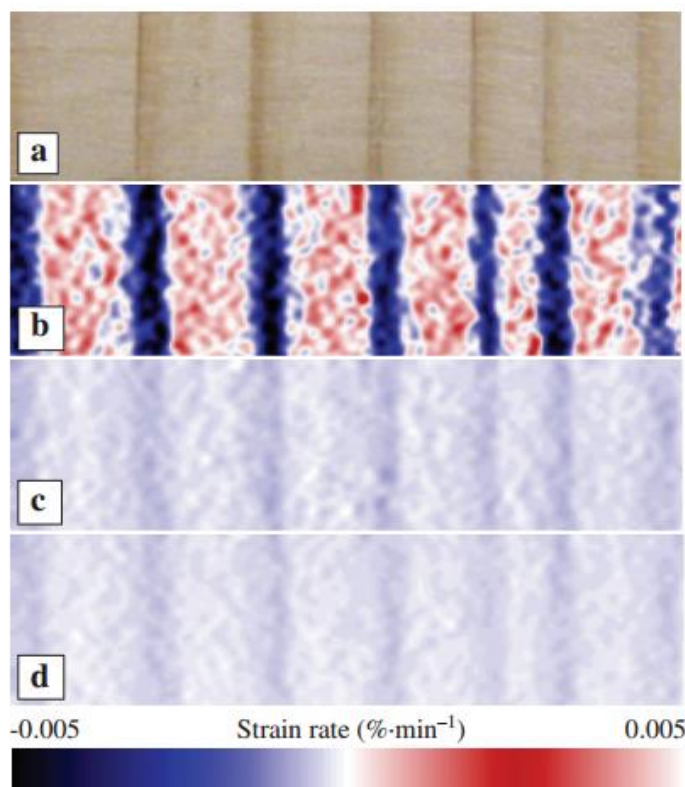
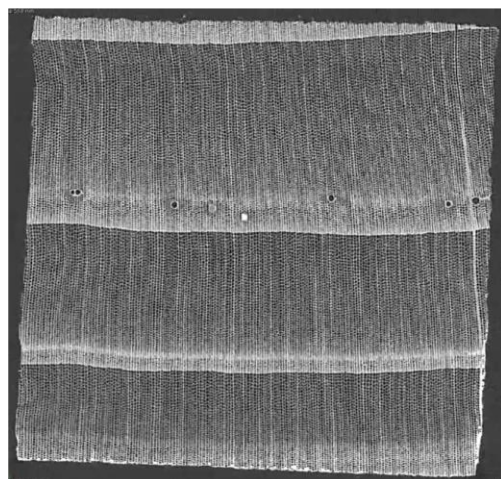
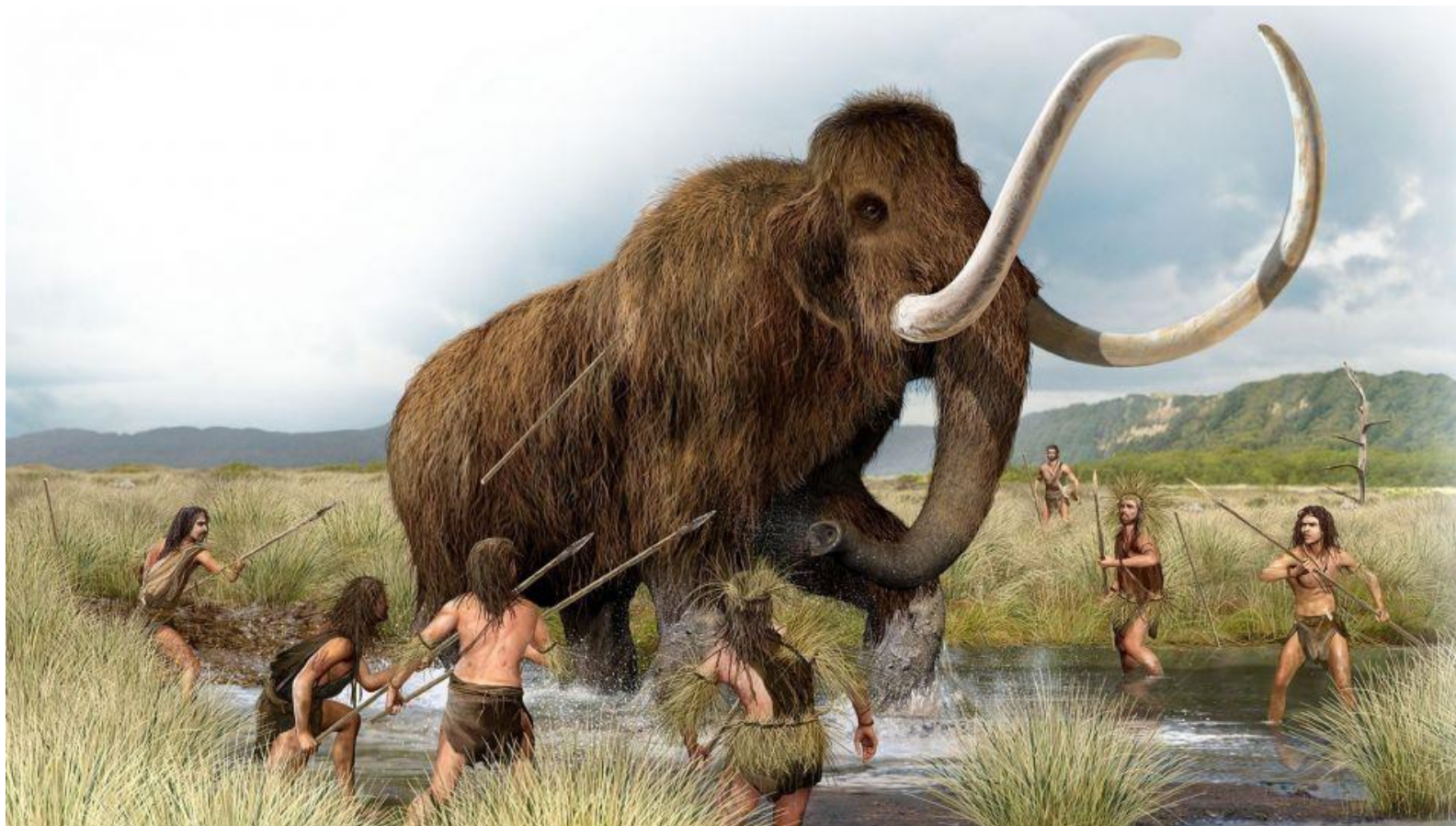
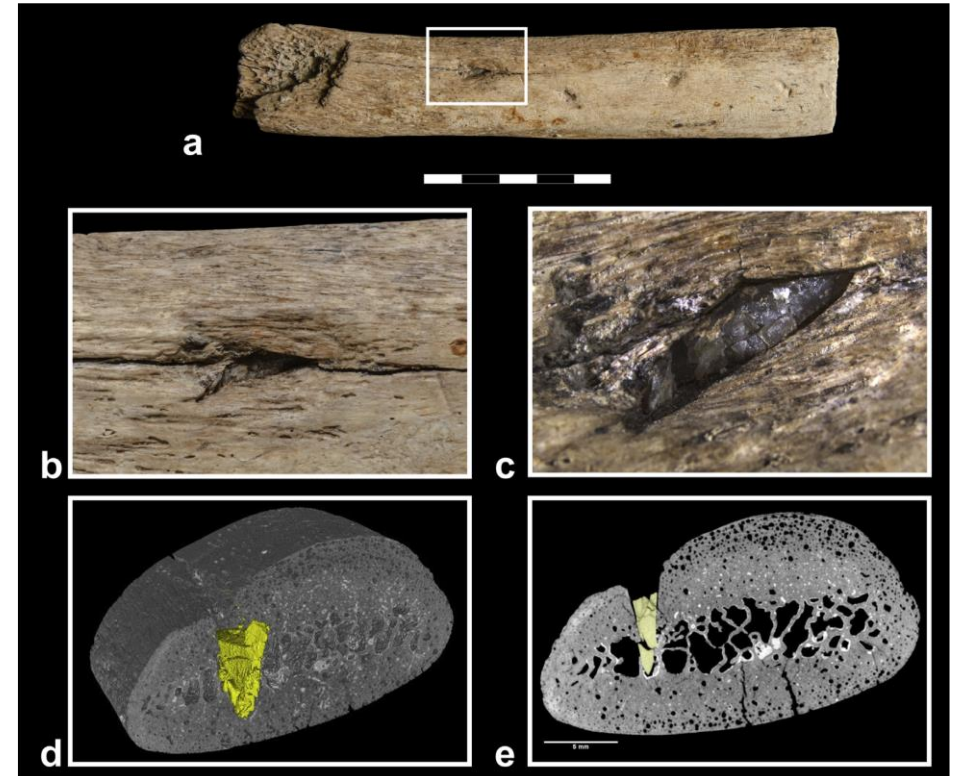
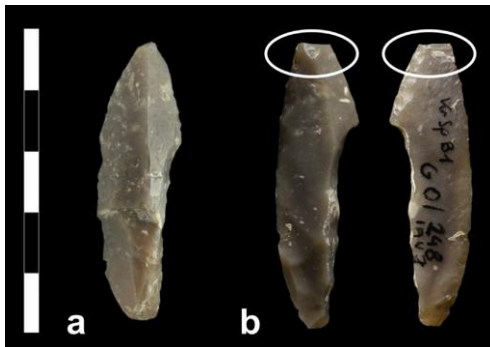


Figure 1 Radial strain distribution on the surface of a freely shrinking specimen 30 h after a 75–50% RH decrement; (a) picture of the specimen, (b), (c) and (d) strain distribution after 30 min, 12 h and 24 h, respectively, (e) strain after 30 min, 12 h and 24 h integrated parallel to the annual growth rings.

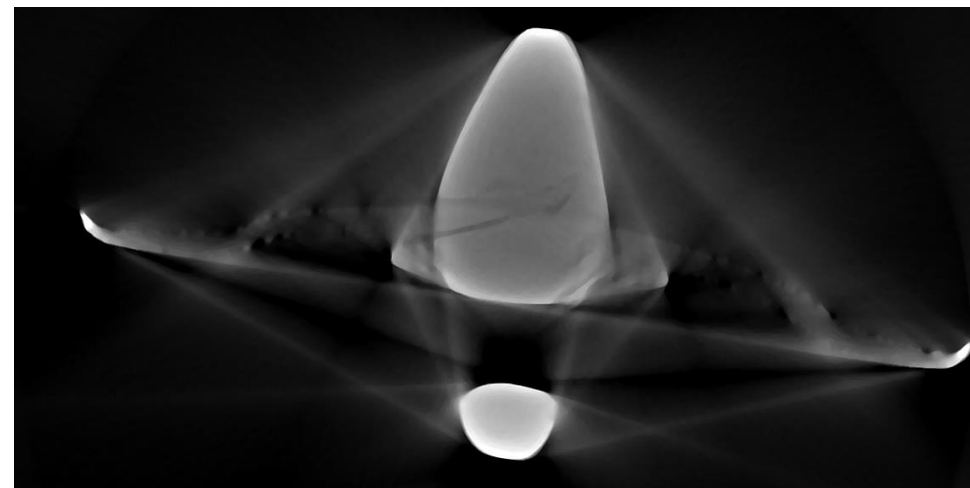


Stanowisko Kraków ulica Spadzista – odkryte przypadkowo 1967 roku. Datowania radiowęglowe potwierdziły, iż stanowisko to powstało około 24 tysiące lat temu.

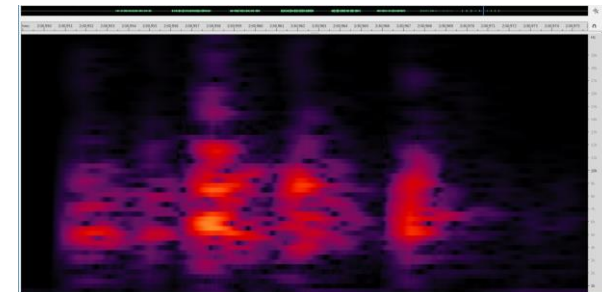
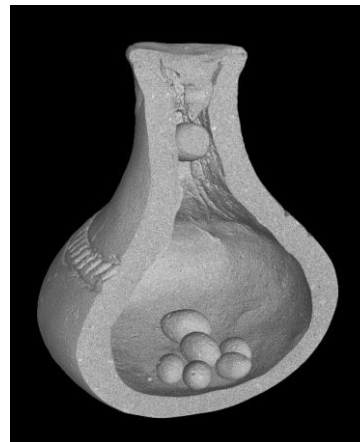
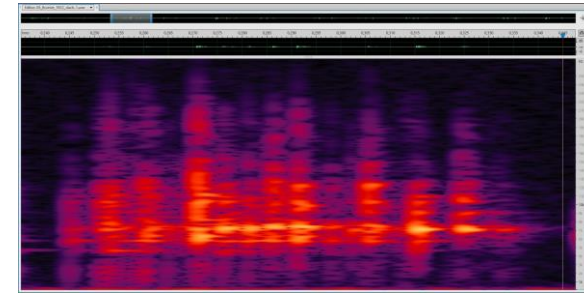


<https://wyborcza.pl/7,75400,24342149,lowcy-mamutow-spod-krakowa-z-dymiacym-pistoletem.html>

<https://audycje.tokfm.pl/podcast/71273,Polscy-naukowcy-udowodnili-ze-ludzie-pierwotni-polowali-na-mamuty>

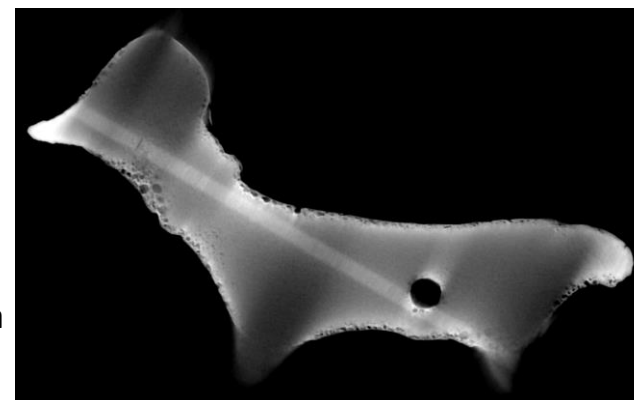
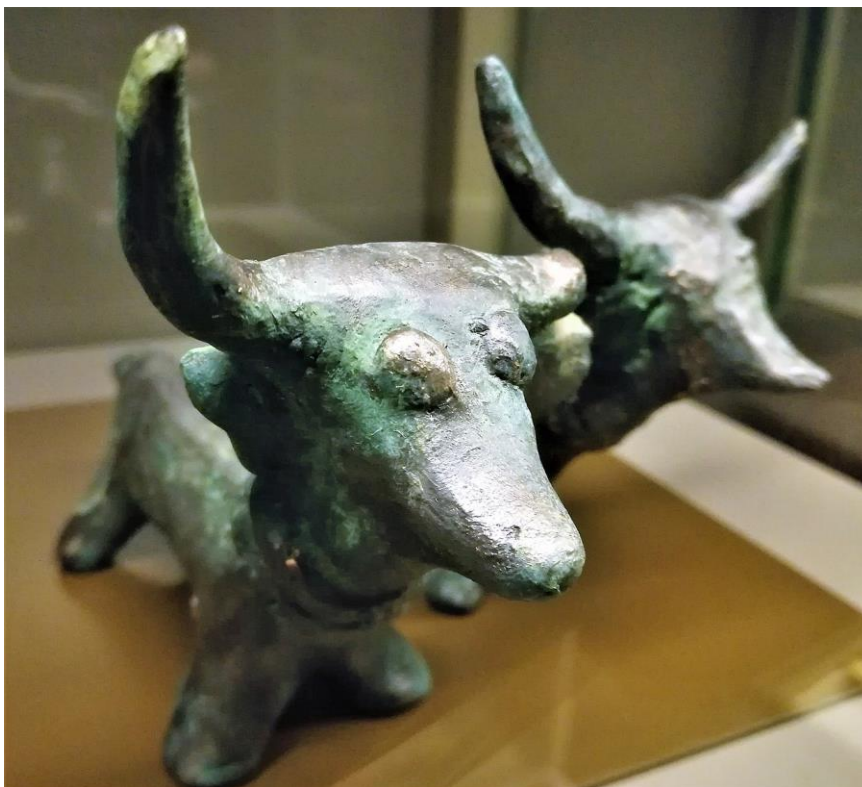


Metalworking: pragmatism or alienation? : a case of the Lusatian hoard from Lipienek (Poland, 600-450 BC) / Łukasz Kowalski, Jacek Gackowski, Aldona GARBACZ-KLEMPKA, Grażyna Szczepańska, Anna MIKOŁAJSKA, **Jacek TARASIUK**, **Sebastian WROŃSKI**, Małgorzata PEREK-NOWAK // Journal of Archaeological Science: Reports ; ISSN 2352-4103. — 2020 vol. 30 art. no. 102224, s. 1–14. — Bibliogr. s. 12–14

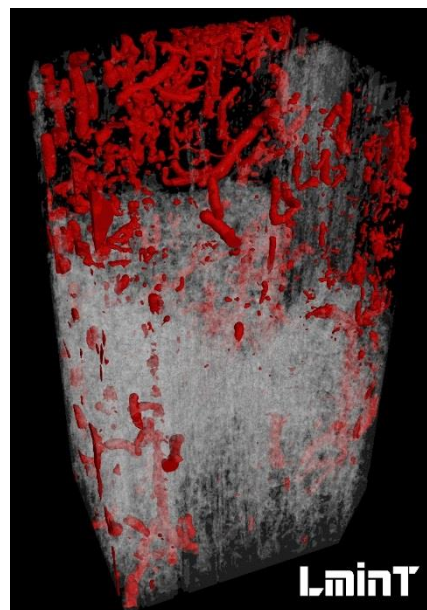
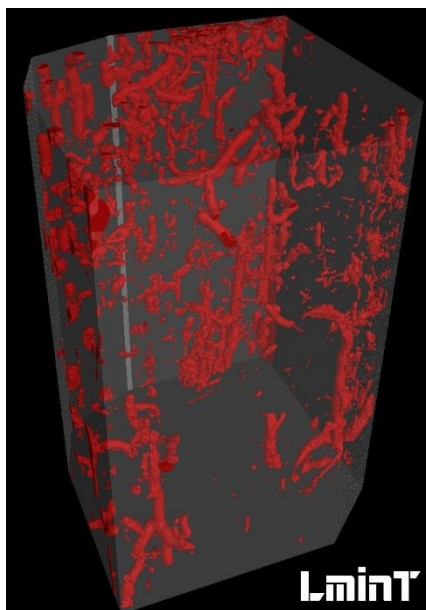


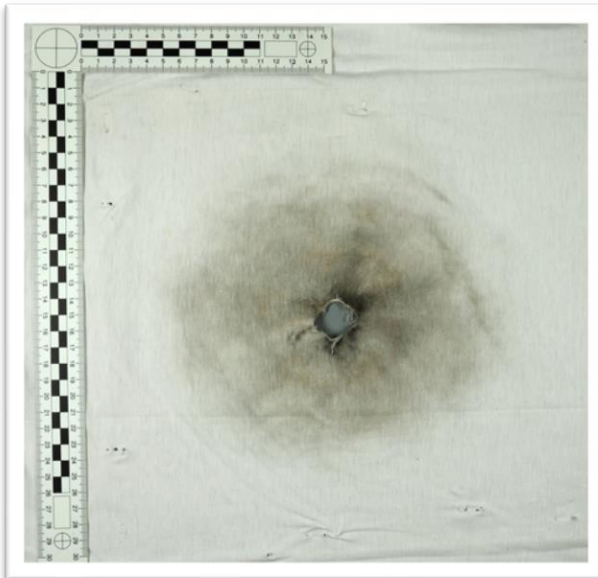
Prof. Dr hab. Anna Gruszczyńska-Ziółkowska

1. Ceramic Rattles as Ultrasound Tools Used in Mediaeval Poland – European Association of Archaeologists, 25th Annual Meeting, 4-7 września 2018. w Bernie, sesja From Landscape Archaeology to Soundscape Archaeology: Themes, Approaches, and Perspective
2. Zagadnienie horyzontu pejzażu dźwiękowego w świetle zabytków archeologicznych – III Ogólnopolska Konferencja Instrumentologiczna, 16-18 września 2018. w Ostromecku, sesja Archeomuzykologia
3. Sound preserved in the instrument. Ceramics as a perfect material for musicological studies on ancient cultures – Czwarte Międzynarodowe Sympozjum Ceramiki i Szkła OSTRAKON, pt.: Ceramika i szkło jako źródło do badań nad przeszłością 26-28 września 2018. we Wrocławiu, organizator: Ośrodek Badań nad Kulturą Późnego Antyku i Wczesnego Średniowiecza IAE PAN oraz Katedra Konserwacji i Restauracji Ceramiki i Szkła Akademii Sztuk Pięknych we Wrocławiu

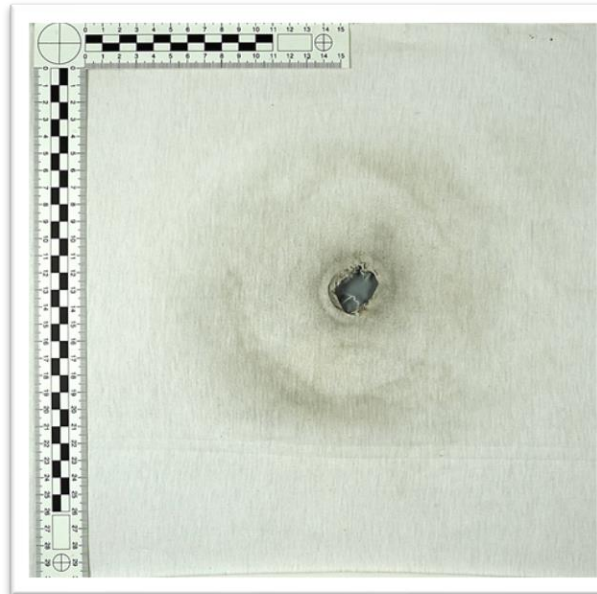


Wołki z Bytnia – para miniaturowych wołków wyrzeźbionych z miedzi (spatynowanych i częściowo skorodowanych) odnaleziona wraz z czterema siekierkami w miejscowości Bytnia (w granicach folwarku Witkowice) w 1873 lub 1874[1]. Pozostają w zbiorach Muzeum Archeologicznego w Poznaniu
Czas powstania: 2300 – 1600 p.n.e.





Strzał z odległości **10 cm.**



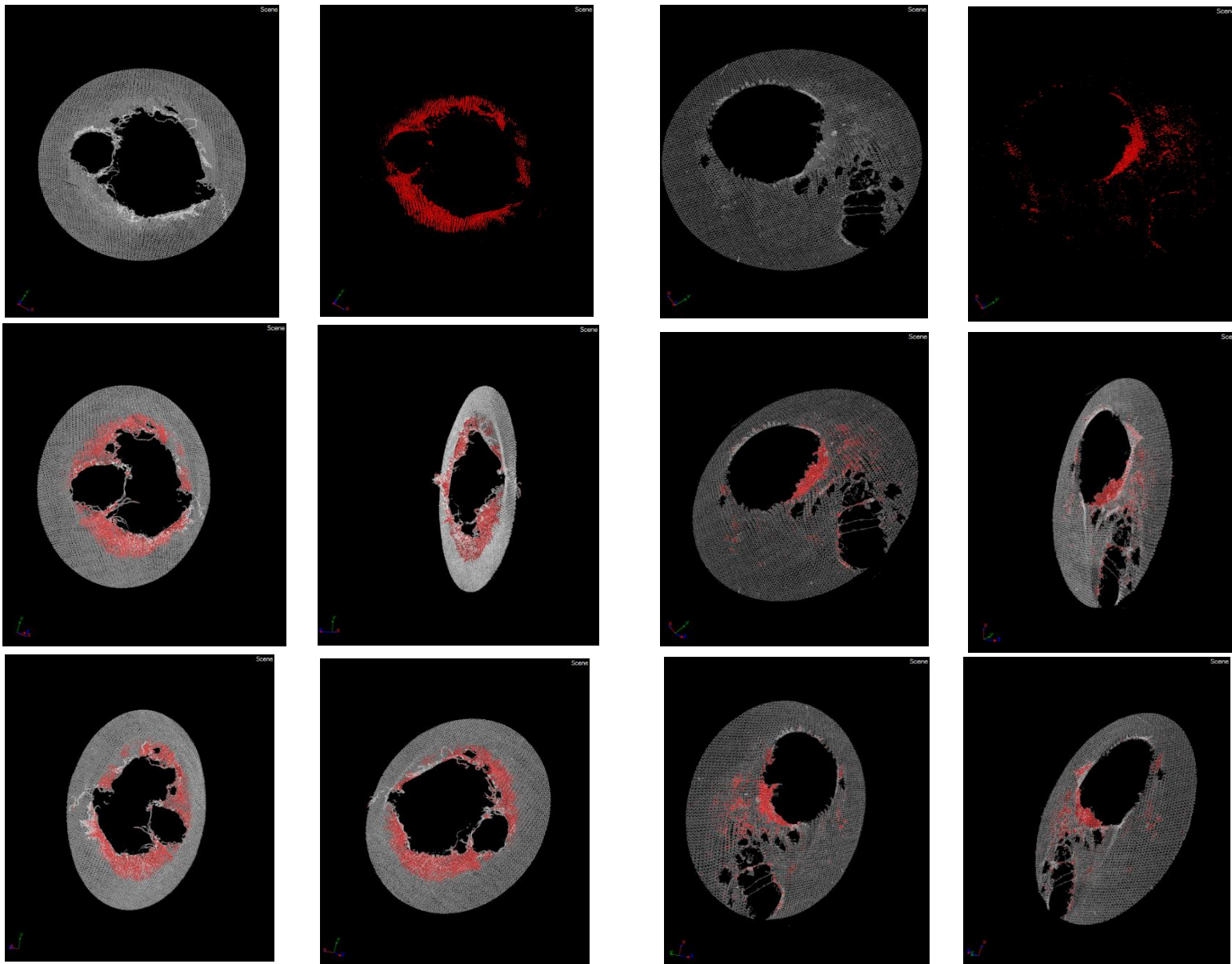
Strzał z odległości **30 cm.**



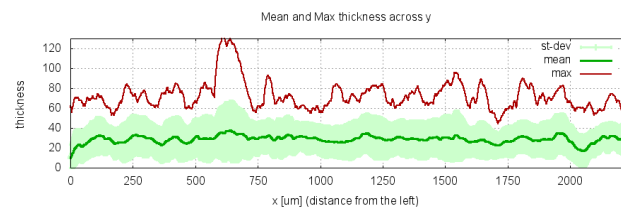
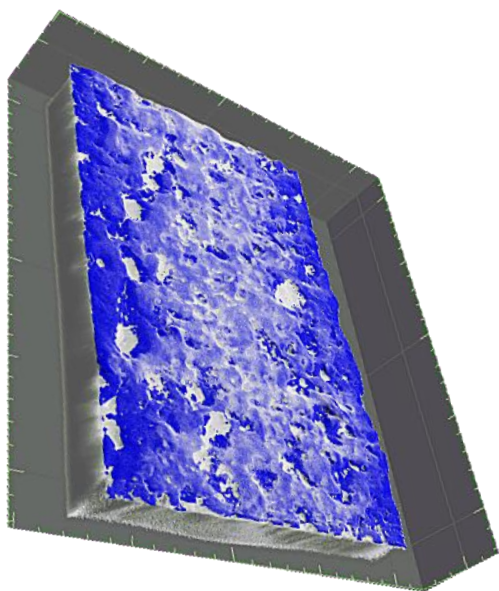
Strzał z odległości **70 cm.**

$D = 0\text{cm}$

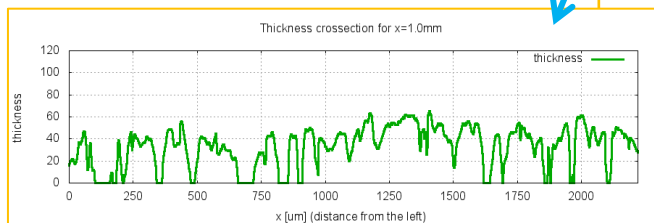
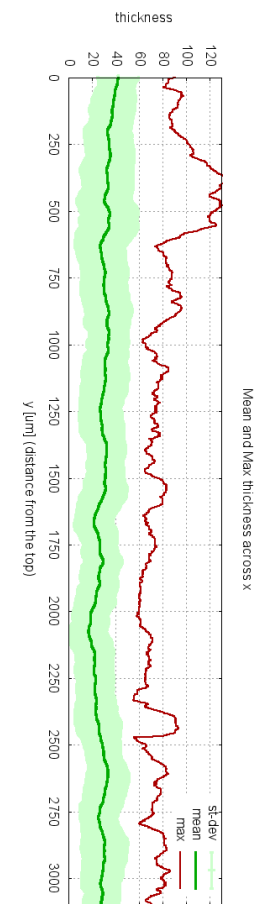
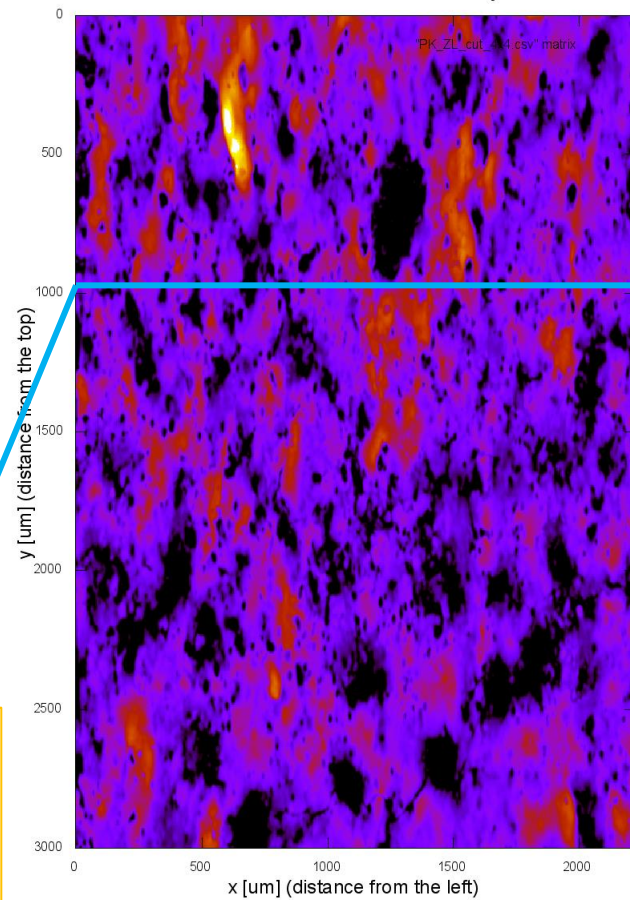
$D = 70\text{cm}$

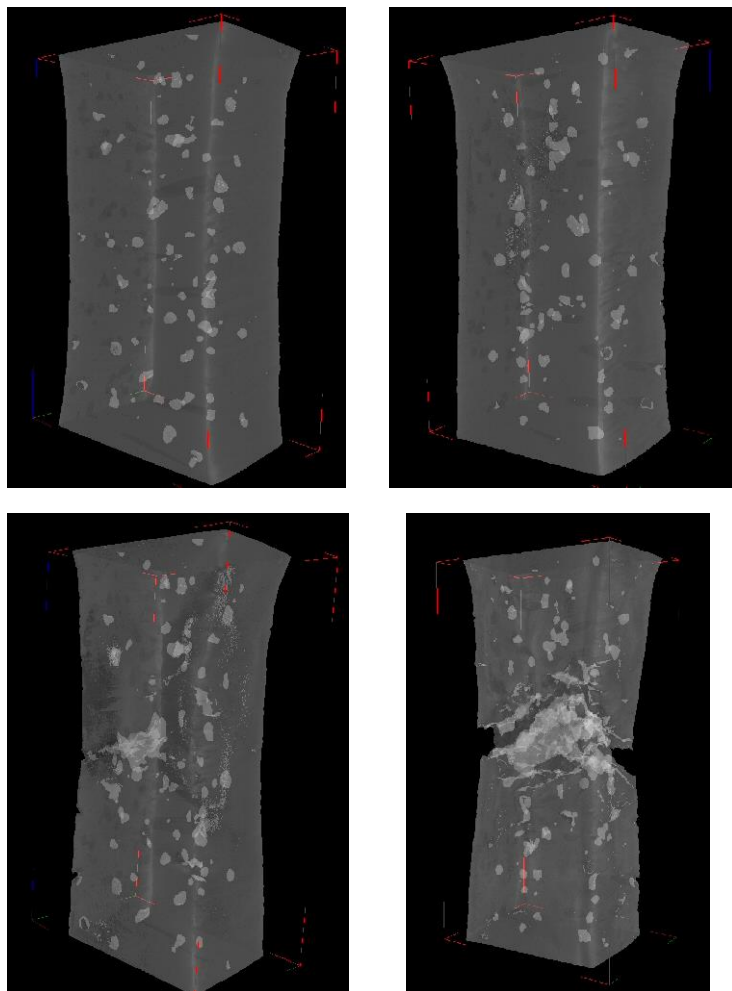


Przykłady rozwoju własnych metod i technik pomiarowych w laboratorium LMiNT AGH



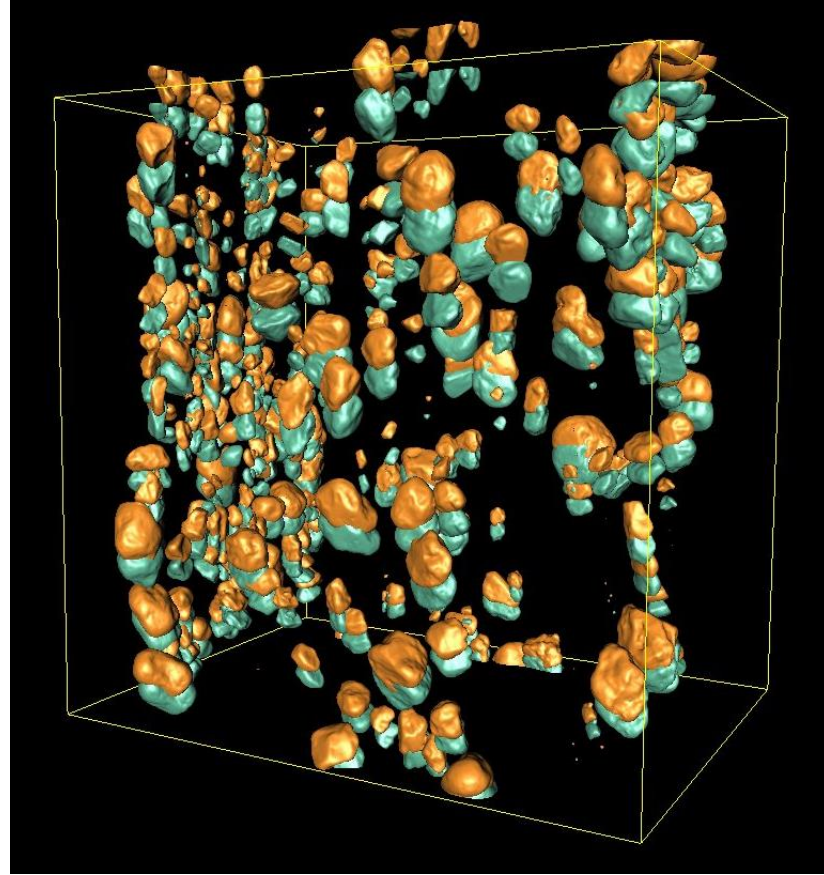
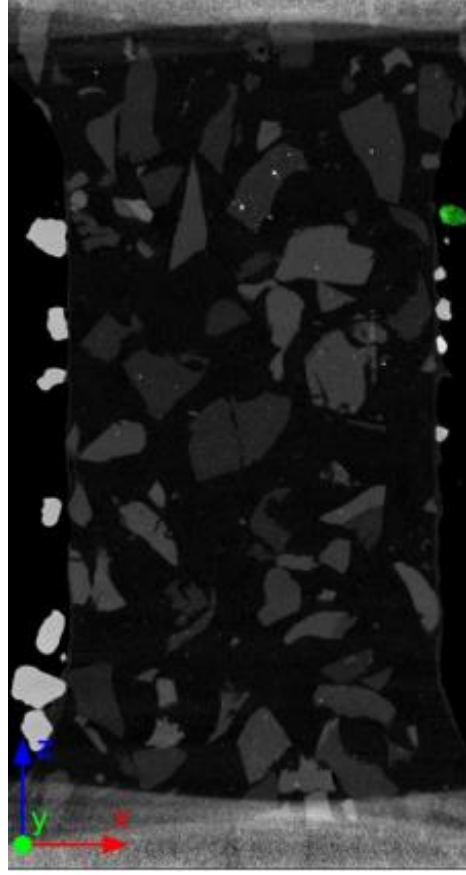
Thickness of the surface layer





Rozciąganie miedzi porowatej in-situ







PODSUMOWANIE

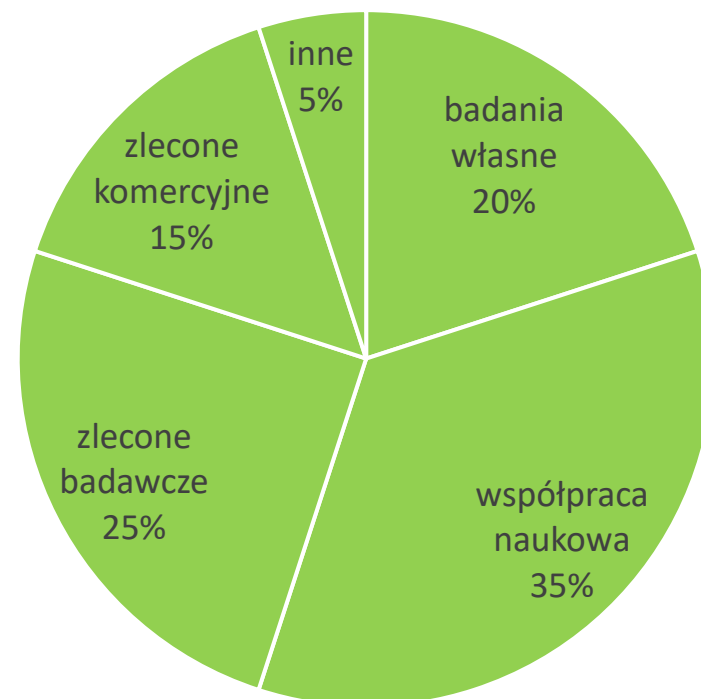
*Ponad **23000 godzin** pracy lampy
od początku eksploatacji
urządzenia.*

*Ponad **6 godzin dziennie, przez 10 lat** wliczając niedziele, święta i wakacje.*

*Ponad **75 publikacji**.*

*Ponad **40 zleceń** na kwotę kilkuset tysięcy.*

pomiary wykonywane w LMINT



*Laboratorium prowadzi,
serwisuje i obsługuje dwie
osoby.*

Laboratorium powstało w maju 2012 r. Czynnie funkcjonuje od stycznia 2014 r.



Dydaktyka

- Przedmiot kursowy dla MiNwB, obieralny dla reszty:
Mikrotomografia
- Przedmiot kursowy dla FT:
Laboratorium nowoczesnych materiałów i technologii

Prace doktorskie

- Obronione: 1
- W trakcie: 2

Prace magisterskie

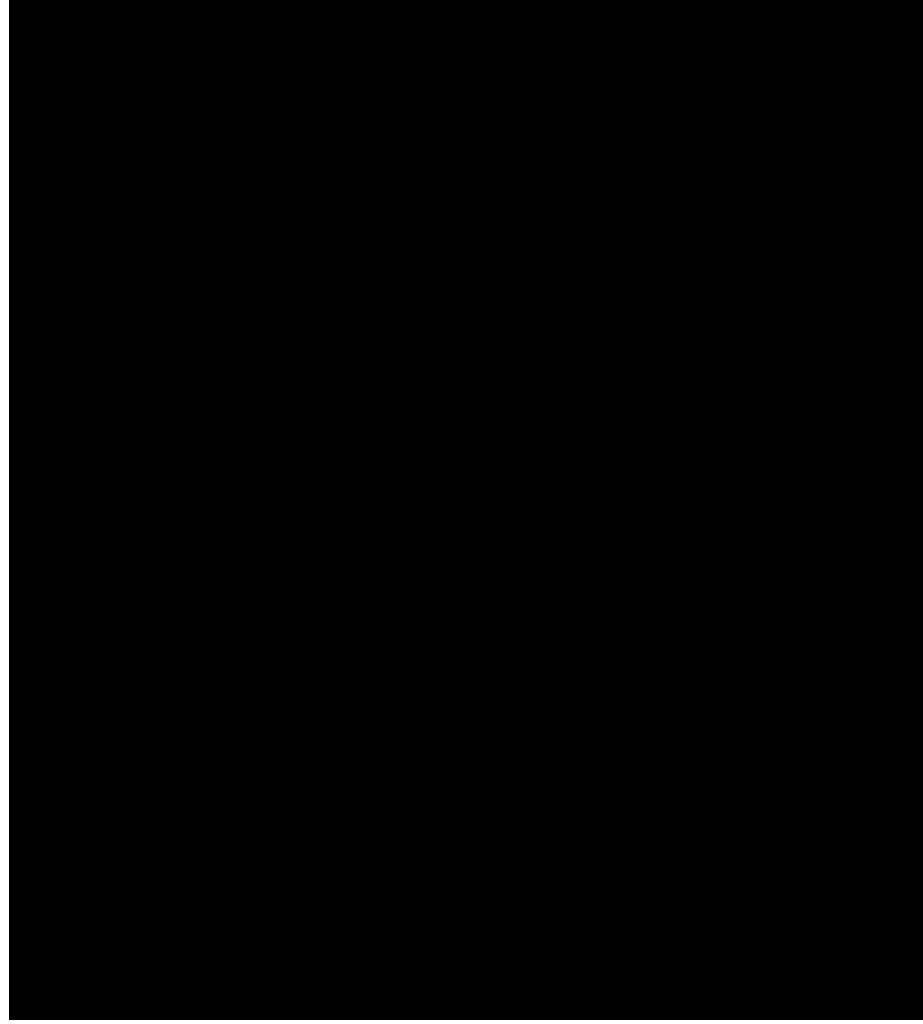
- Obronione: 17
- W trakcie: 0

Prace inżynierskie

- Obronione: 26
- W trakcie: 2

Praktyki studenckie

- Współpraca z Instytutem Odlewnictwa w Krakowie



*Dziękuję za uwagę,
Pytania, komentarze ...*