

Mikrotomografia

μ CT popularnie

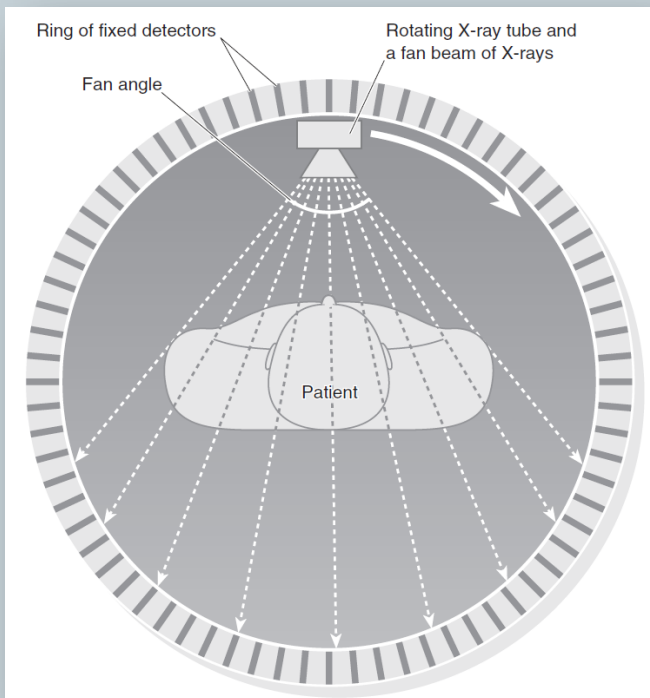


WYKŁAD OBIERALNY
JACEK TARASIUK

WYDZIAŁ FIZYKI I INFORMATYKI STOSOWANEJ
AGH, KRAKÓW

ver. 2014

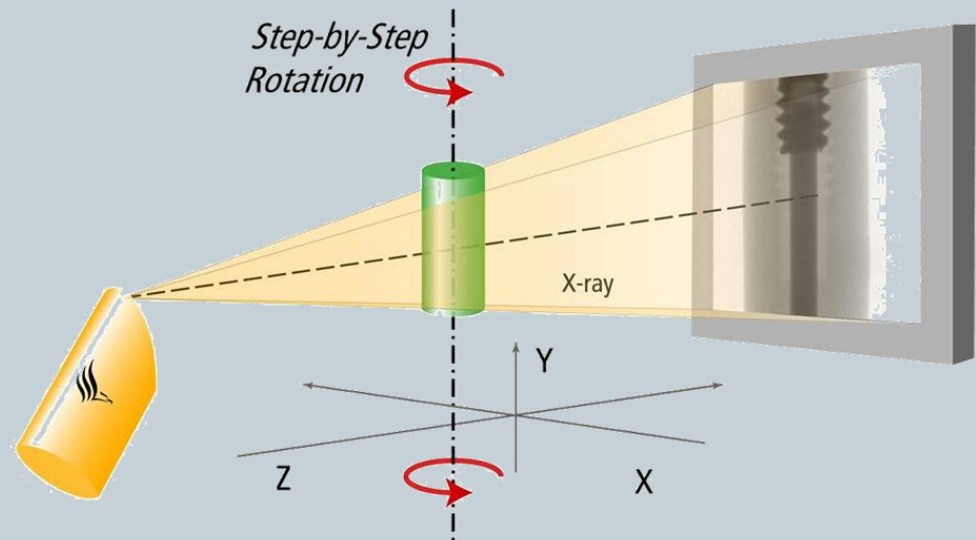
Zasada działania



X-ray Source

Sample

Detector



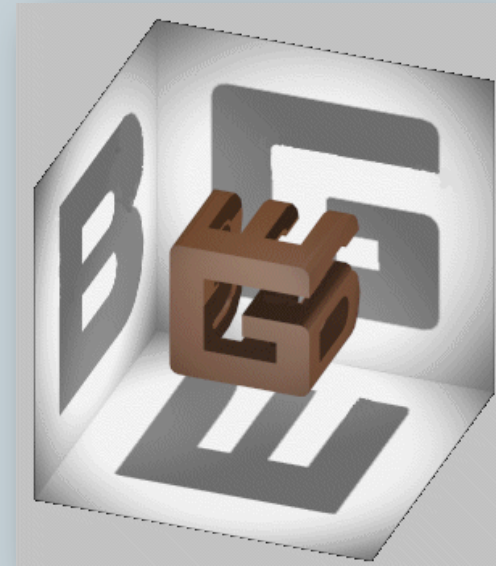
Tube Control

CNC object stage

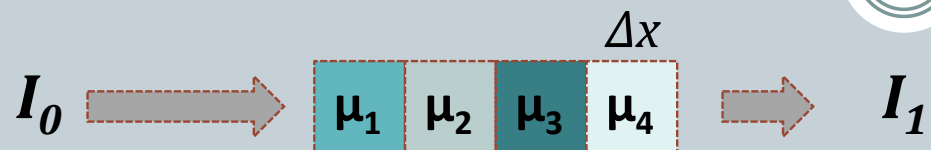
Data Acquisition

Computed Tomography / Volume Reconstruction

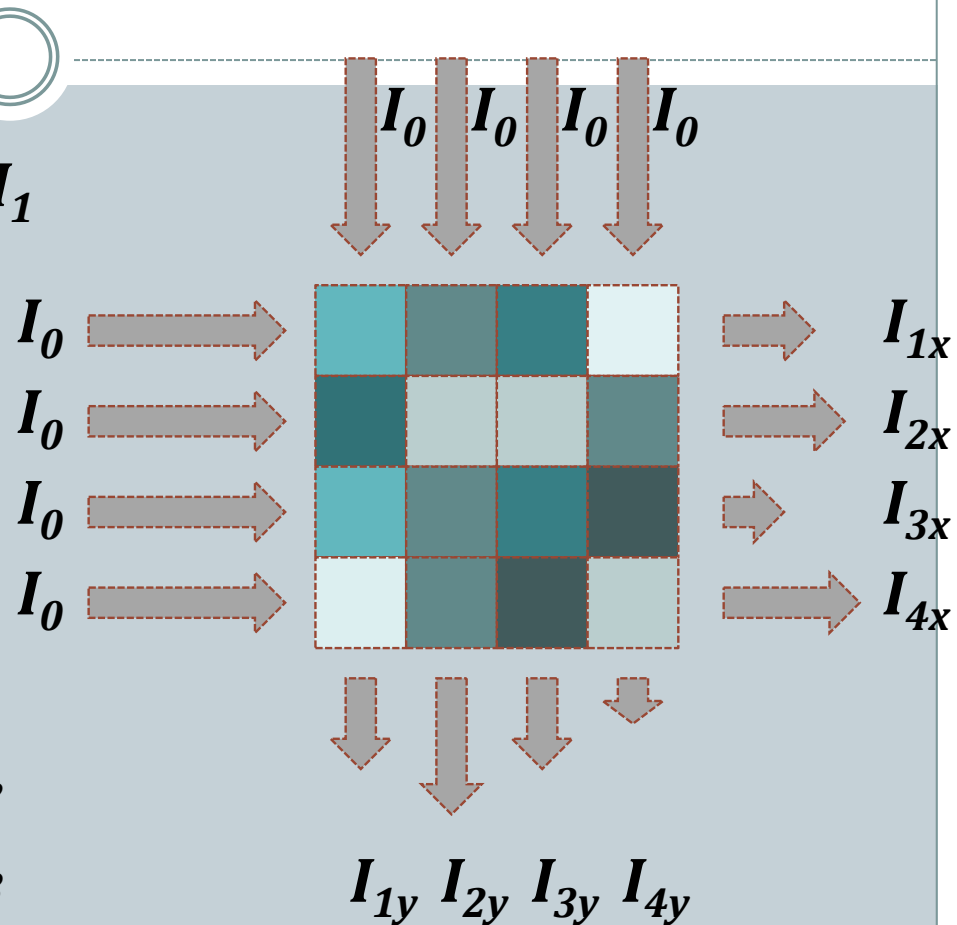
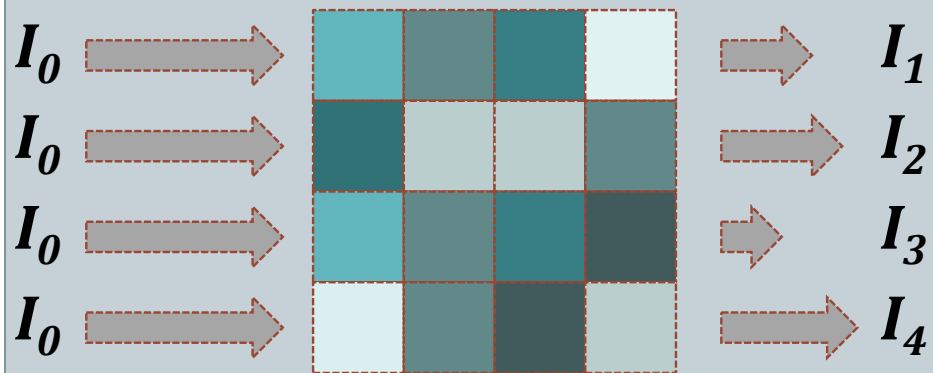
Zasada działania



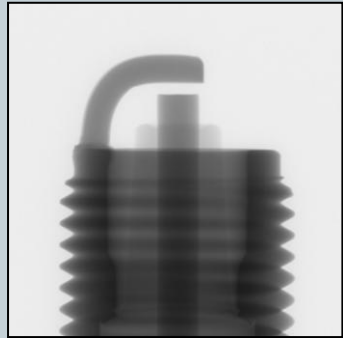
Zasada działania



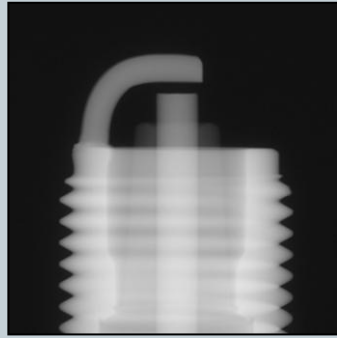
$$I_1 = I_0 \cdot e^{-(\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \mu_4) \cdot \Delta x}$$



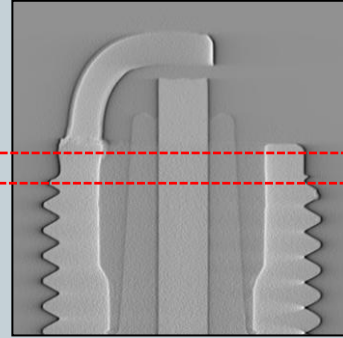
Projekcja wsteczna



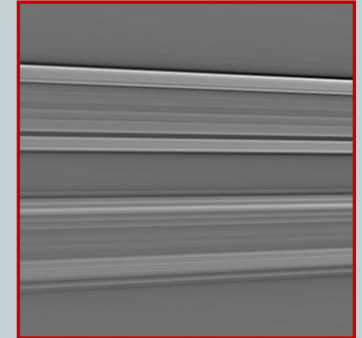
Transmisja



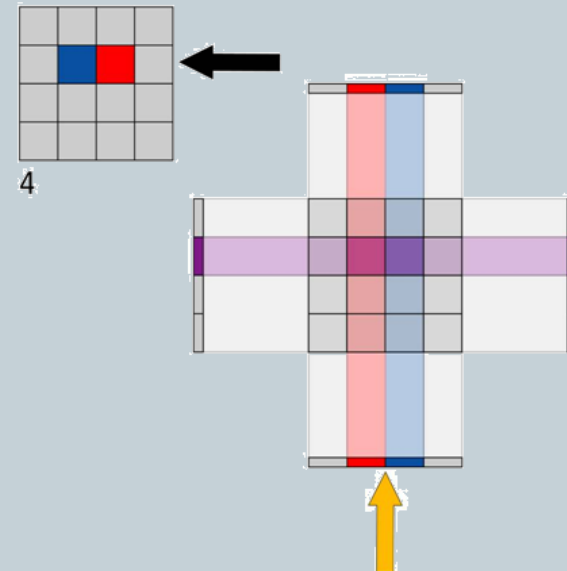
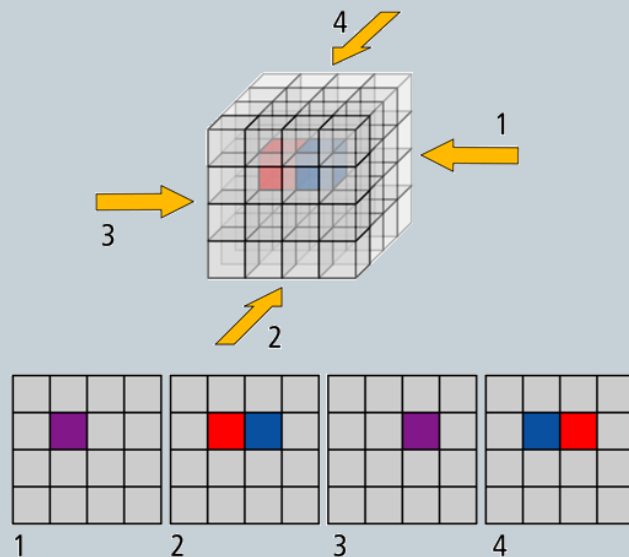
Absorpcja



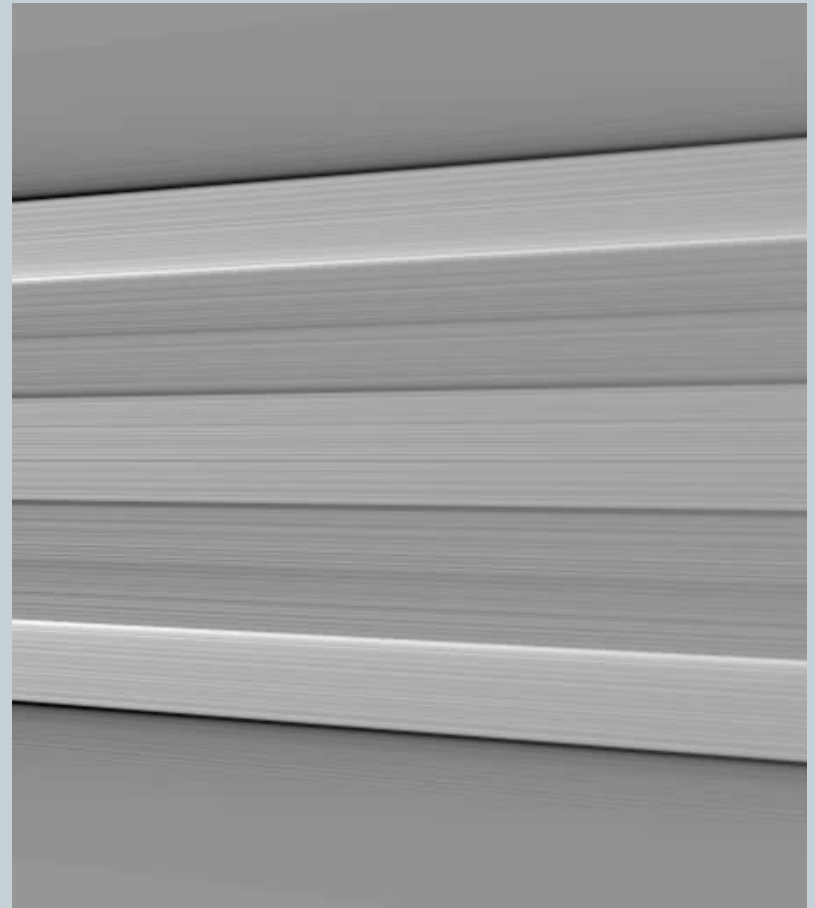
Log + filtry



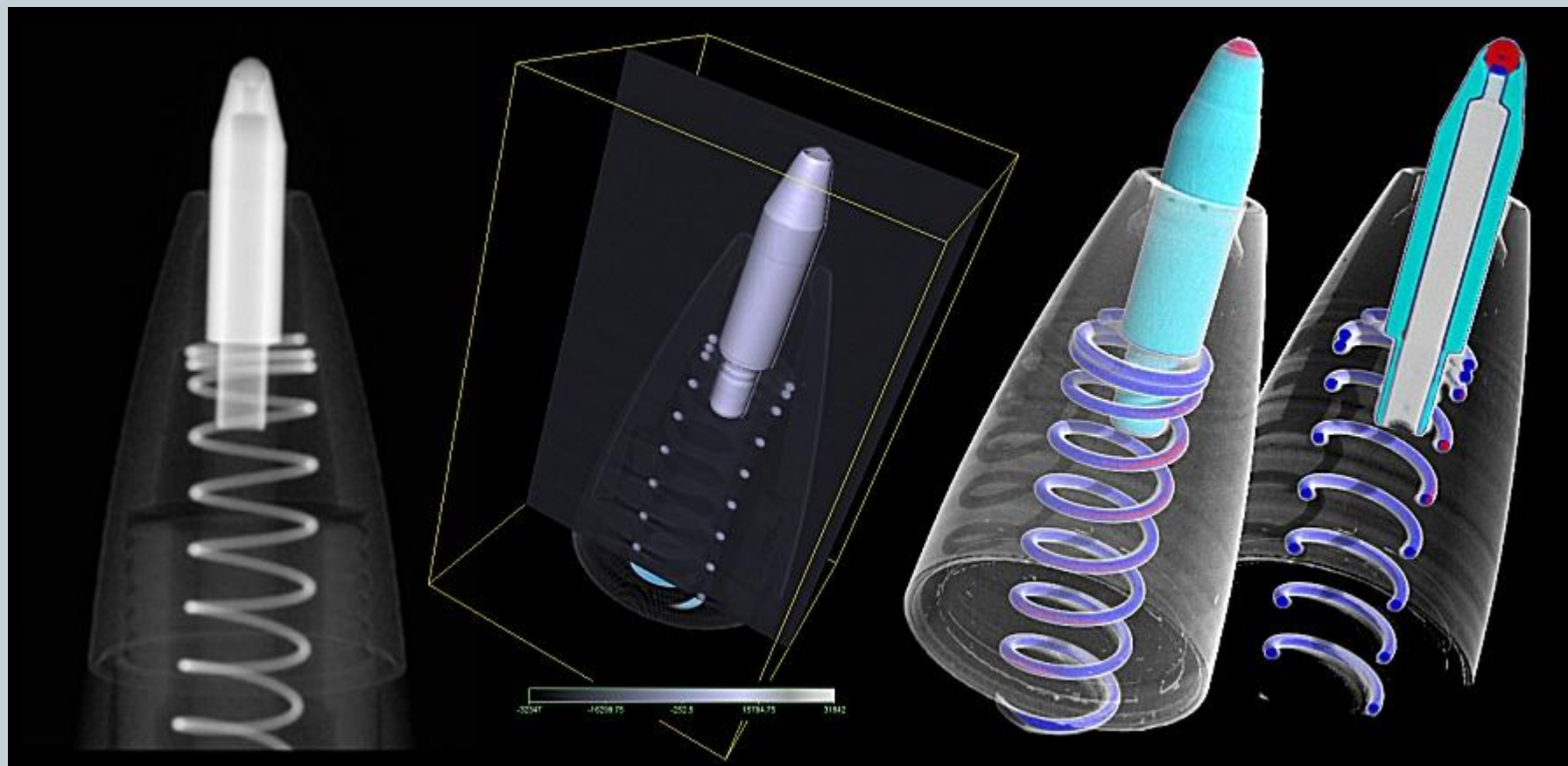
Proj. wsteczna



Projekcja wsteczna



Możliwości obrazowania



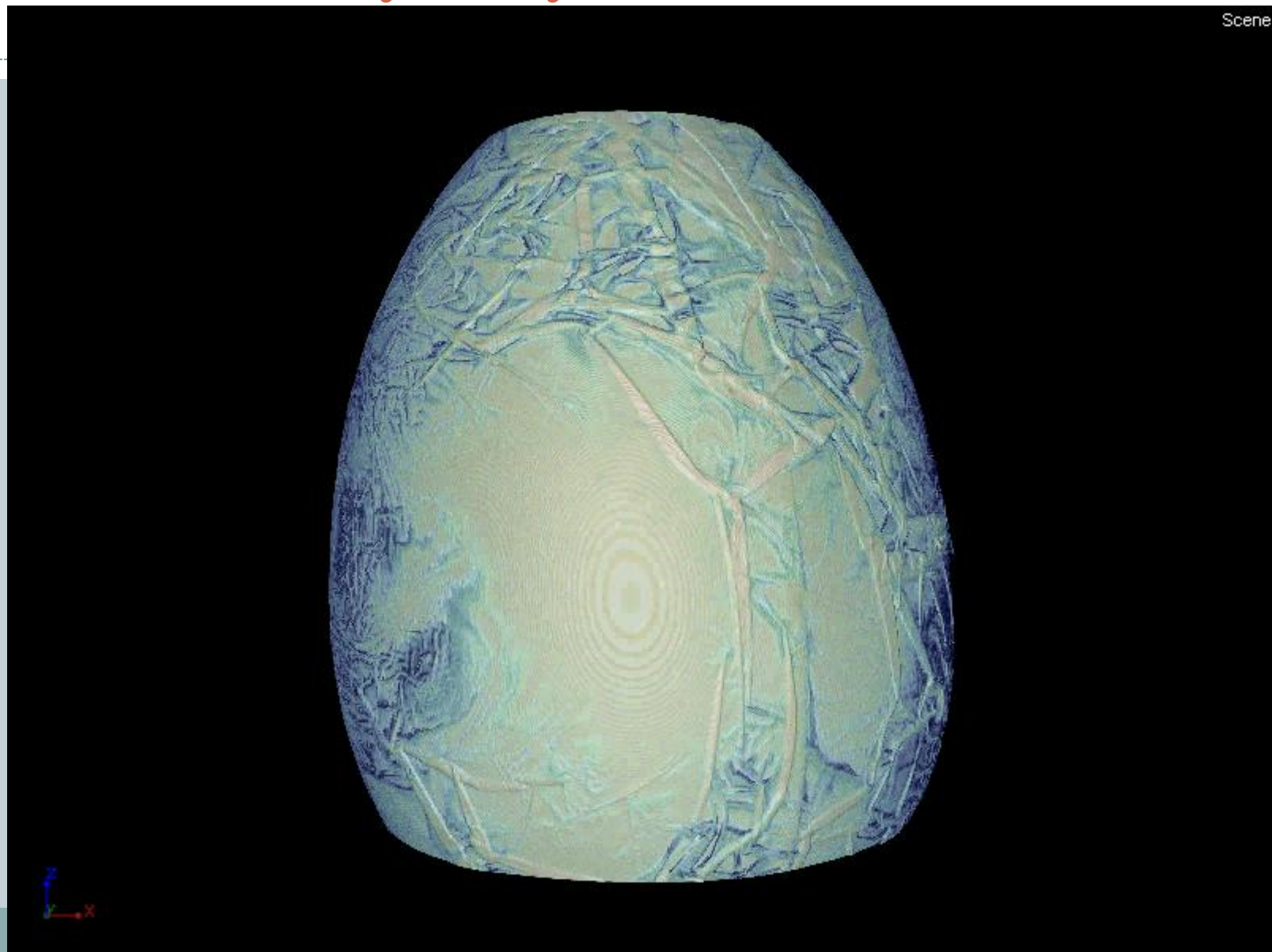
Radiogram

Rekonstrukcja 3D

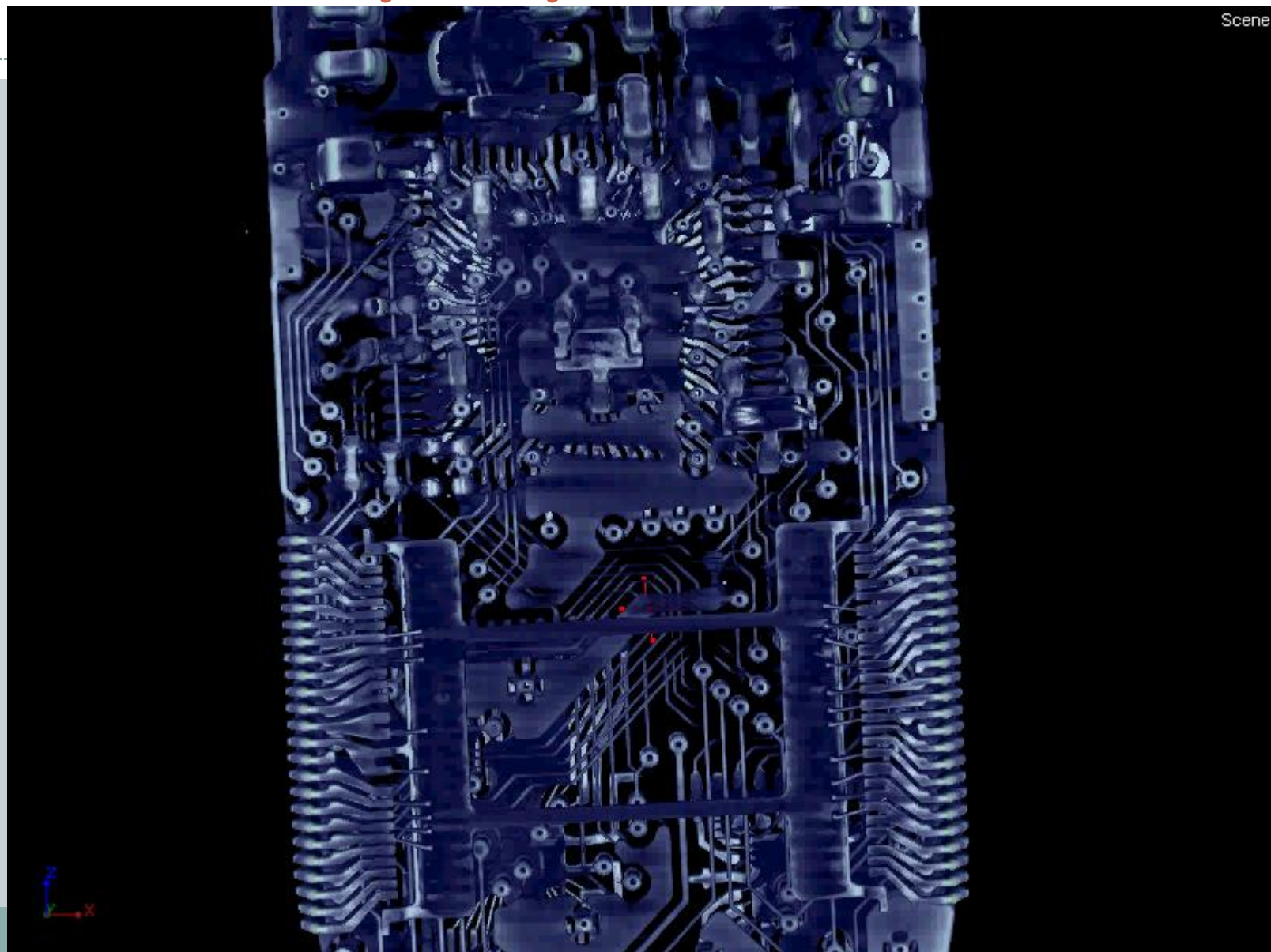
Wyseparowane obiekty

Przekroje

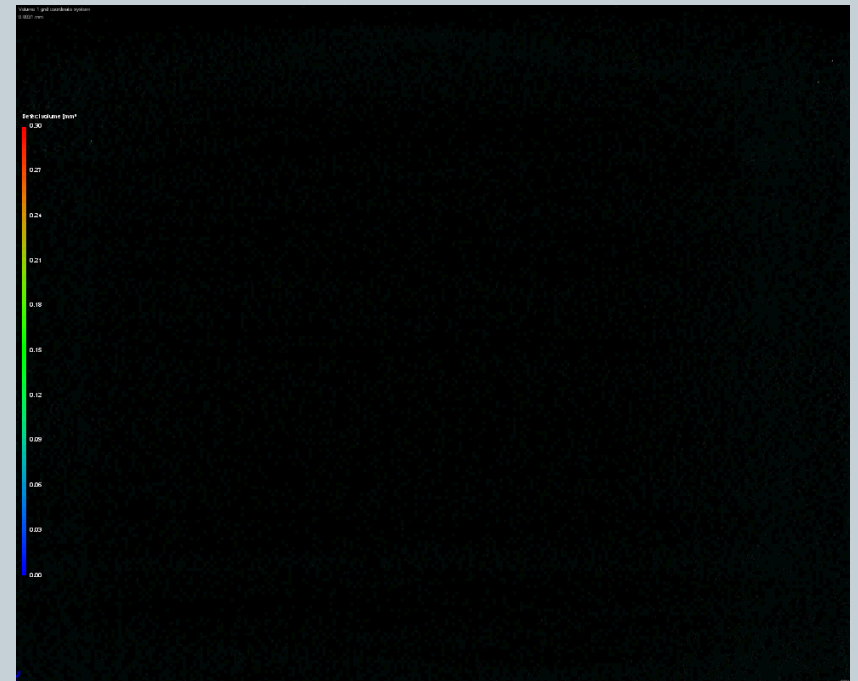
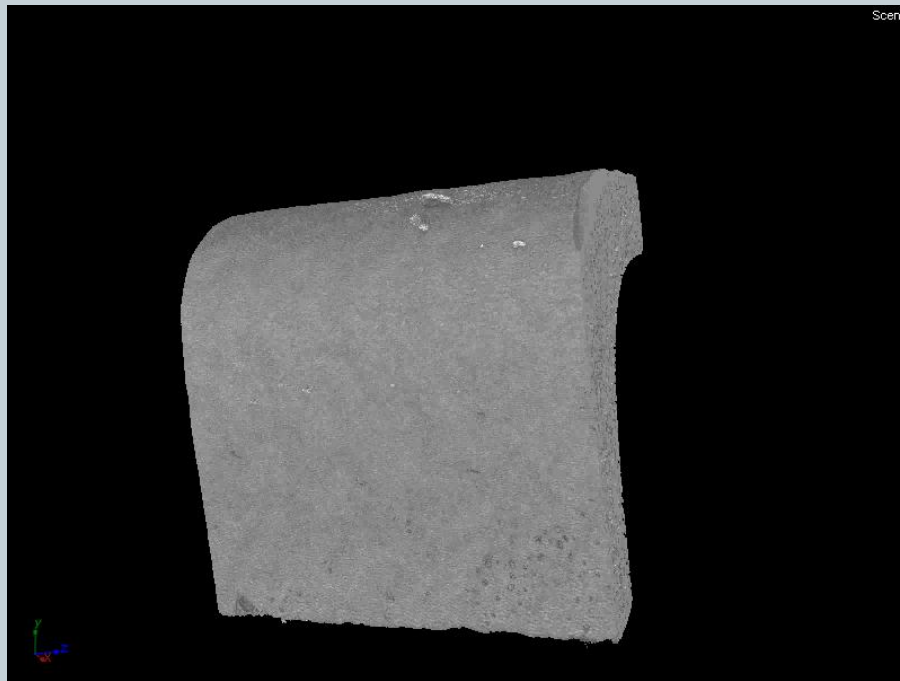
Przykłady zastosowania



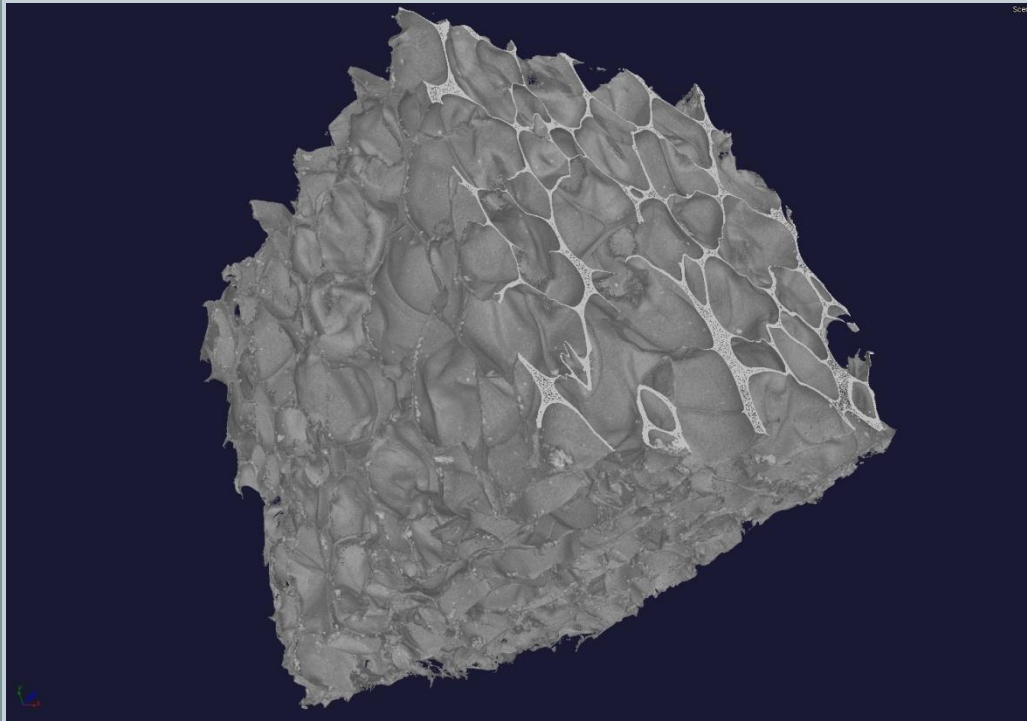
Przykłady zastosowania



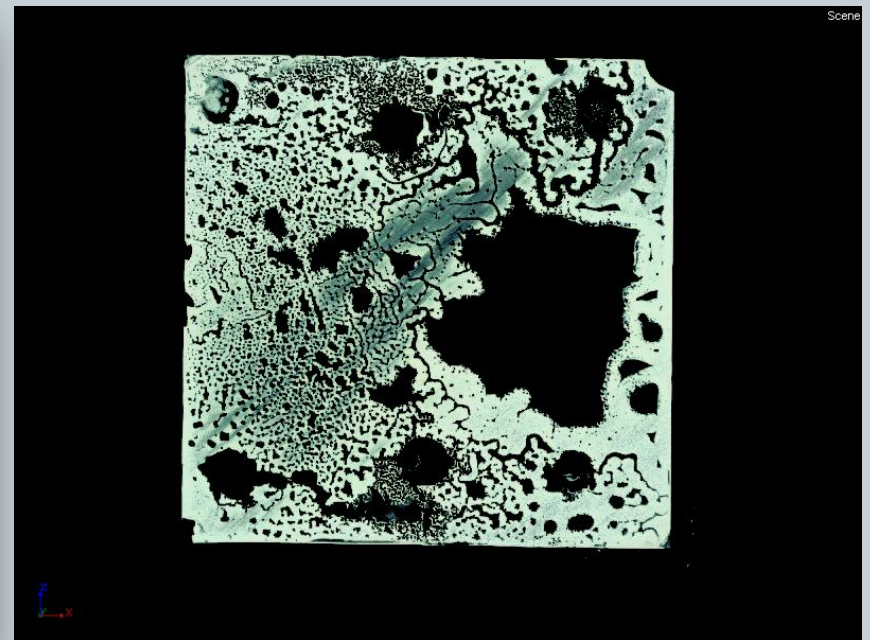
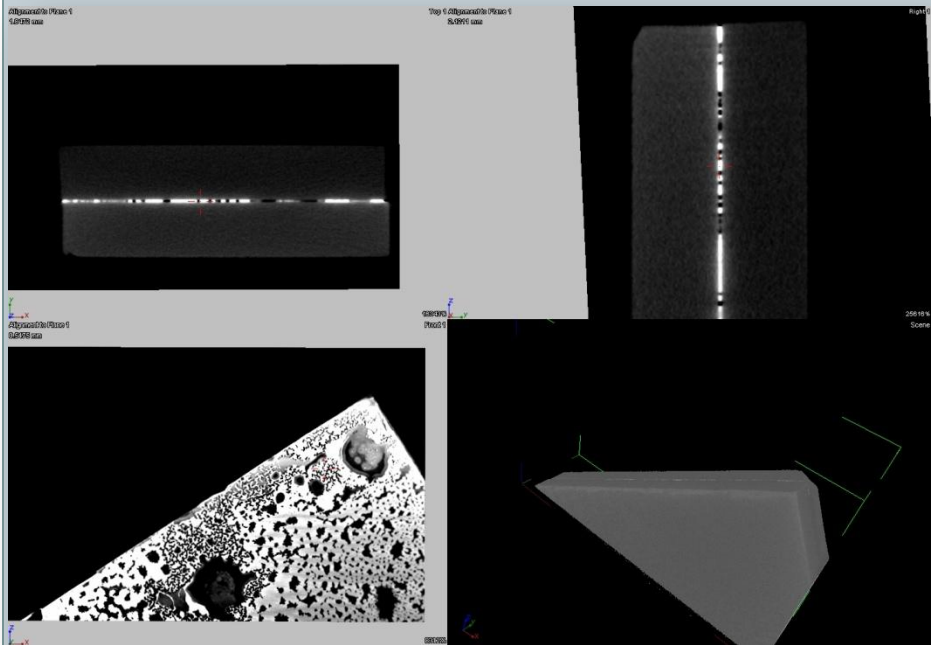
Przykłady zastosowania



Przykłady zastosowania



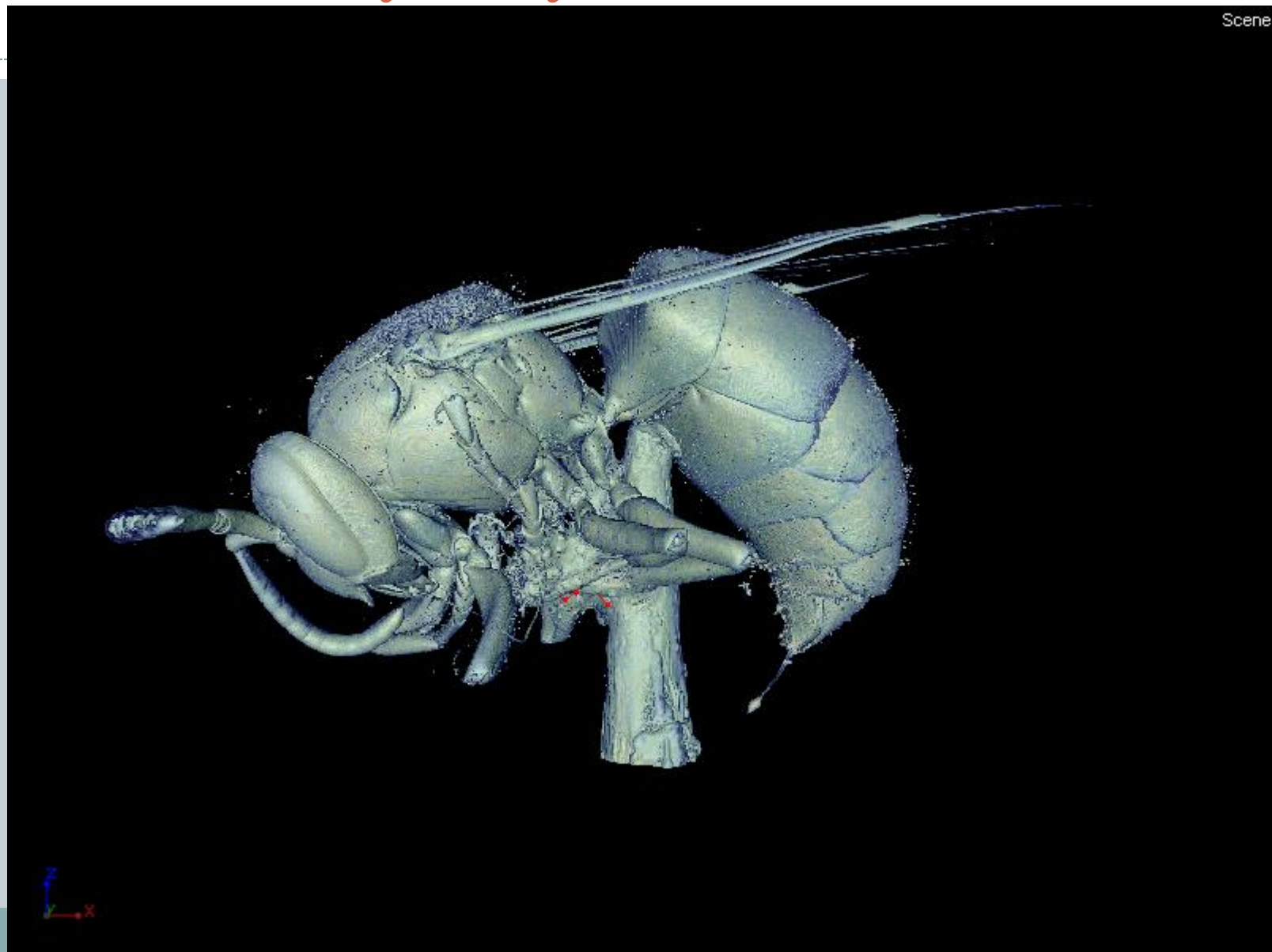
Przykłady zastosowania



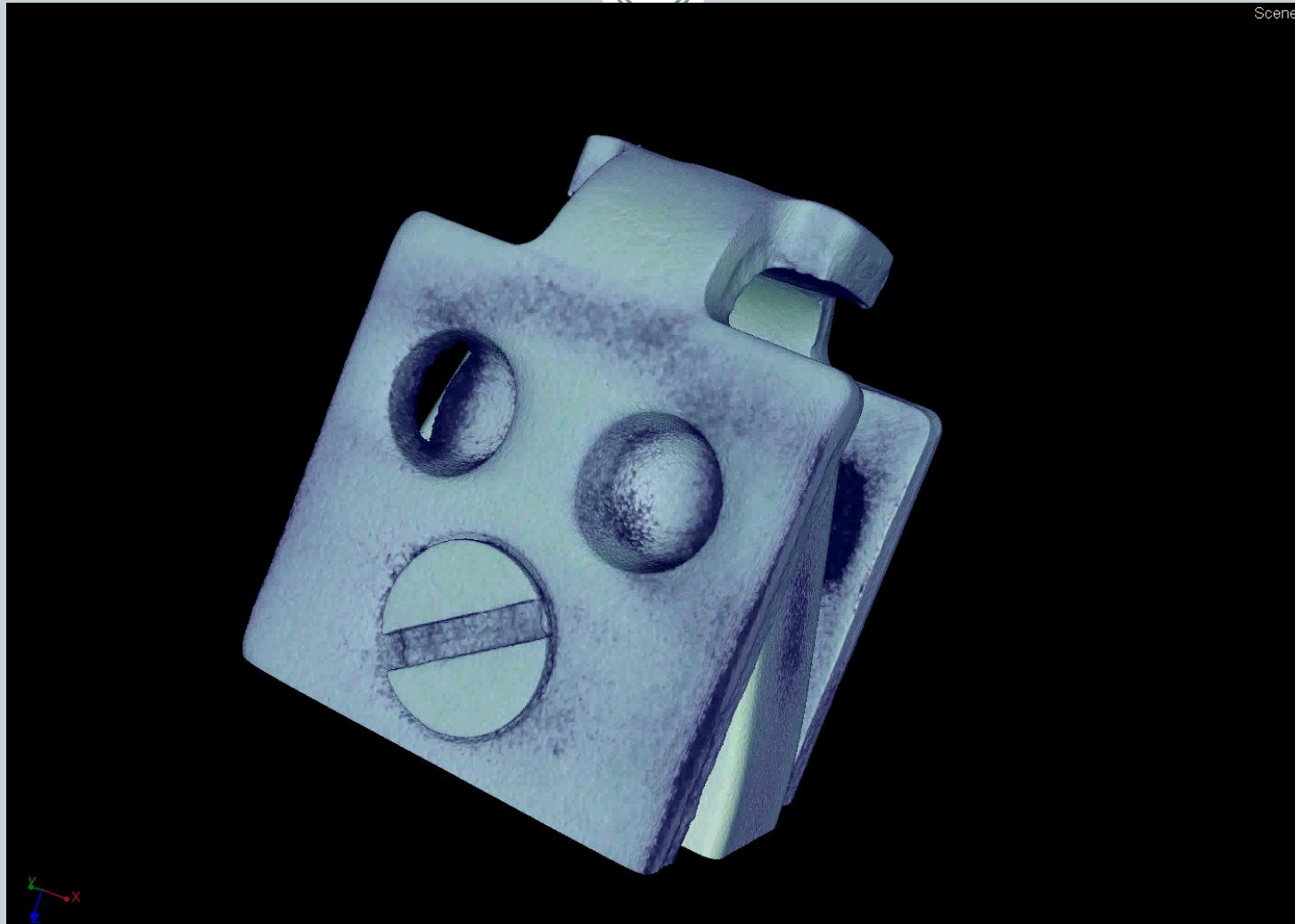
Przykłady zastosowania



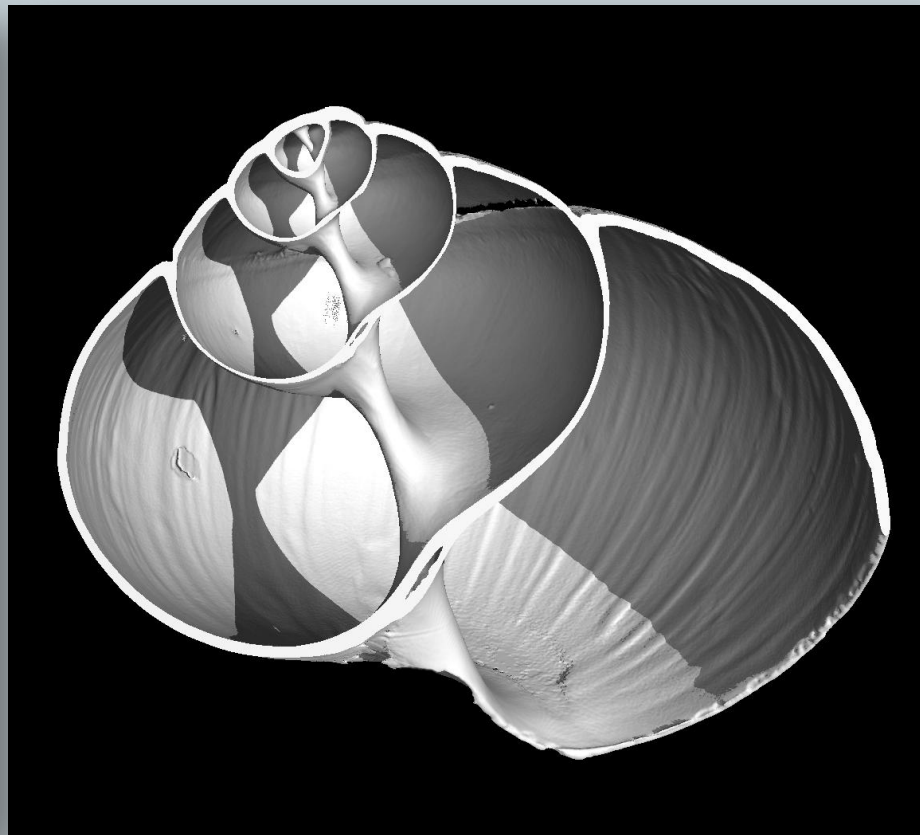
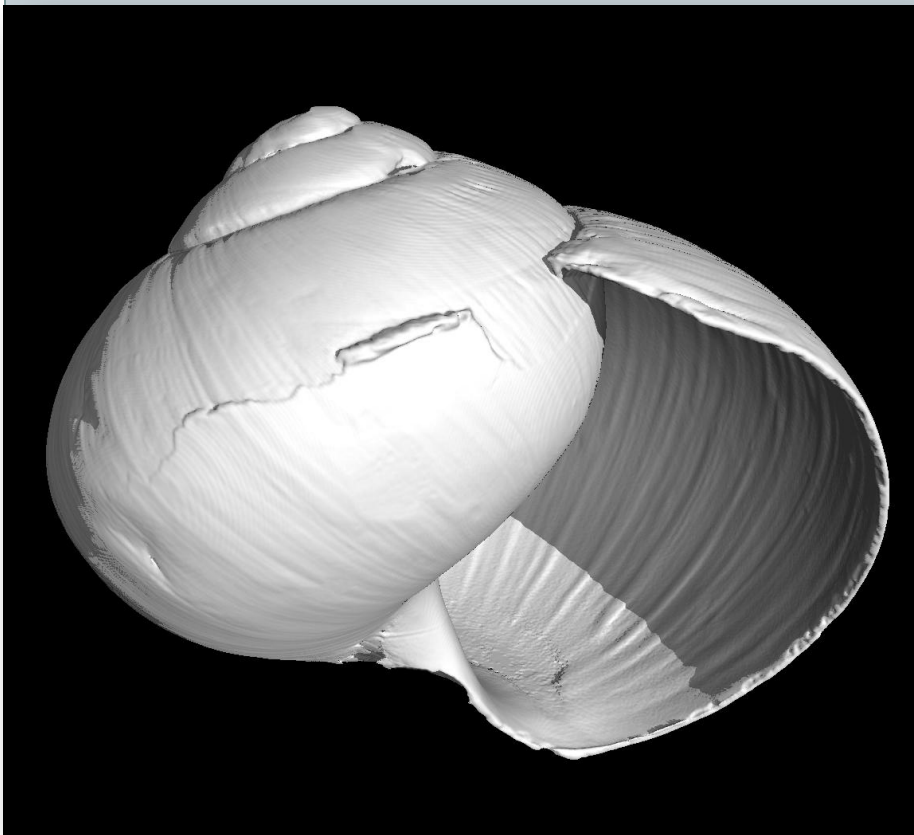
Przykłady zastosowania



Przykłady zastosowania

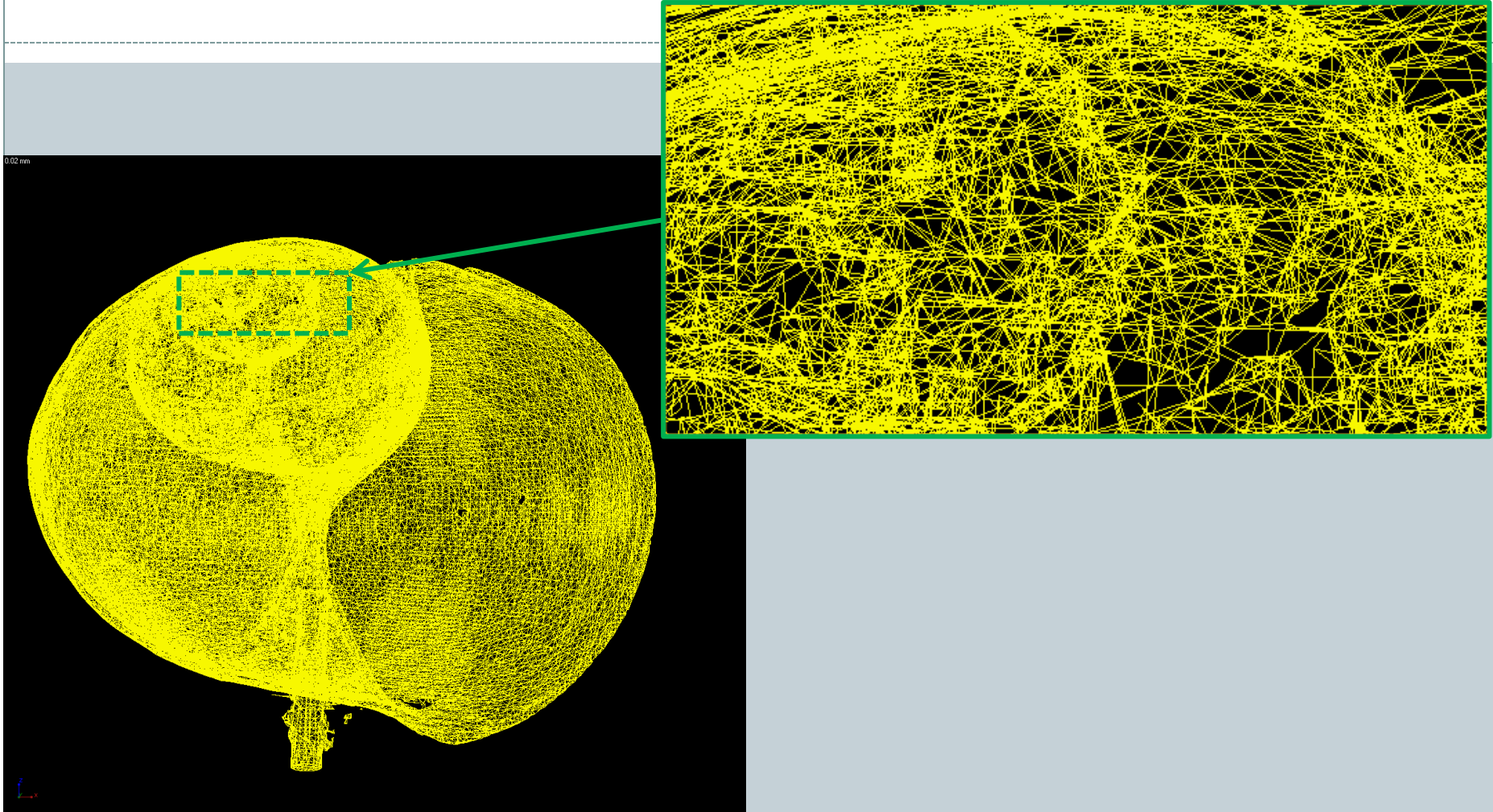


Przykłady zastosowania

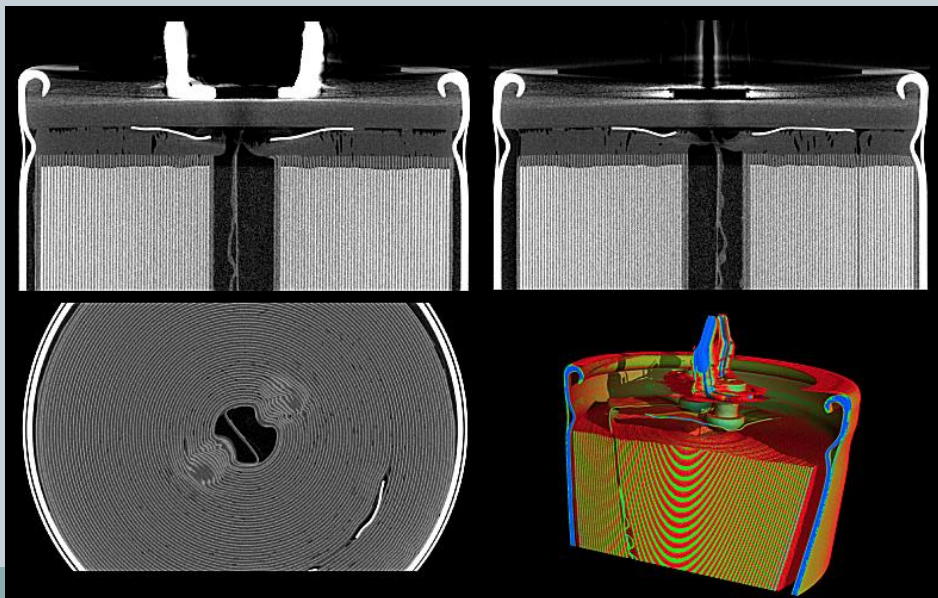
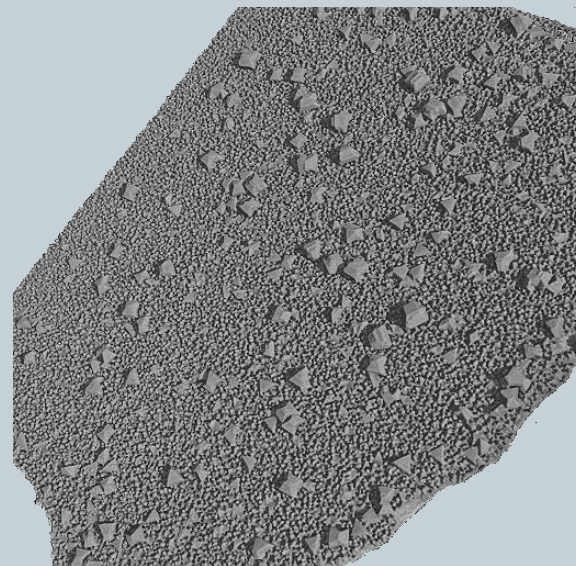
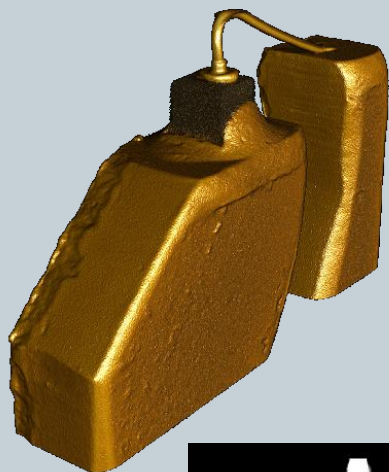


Przykłady zastosowania

0.02 mm



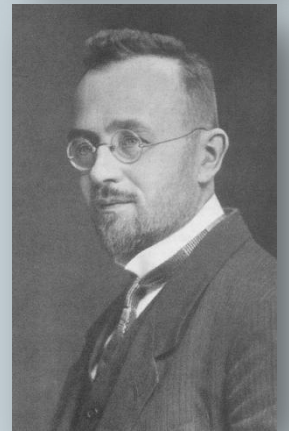
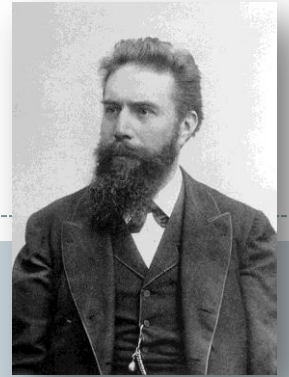
Przykłady zastosowania



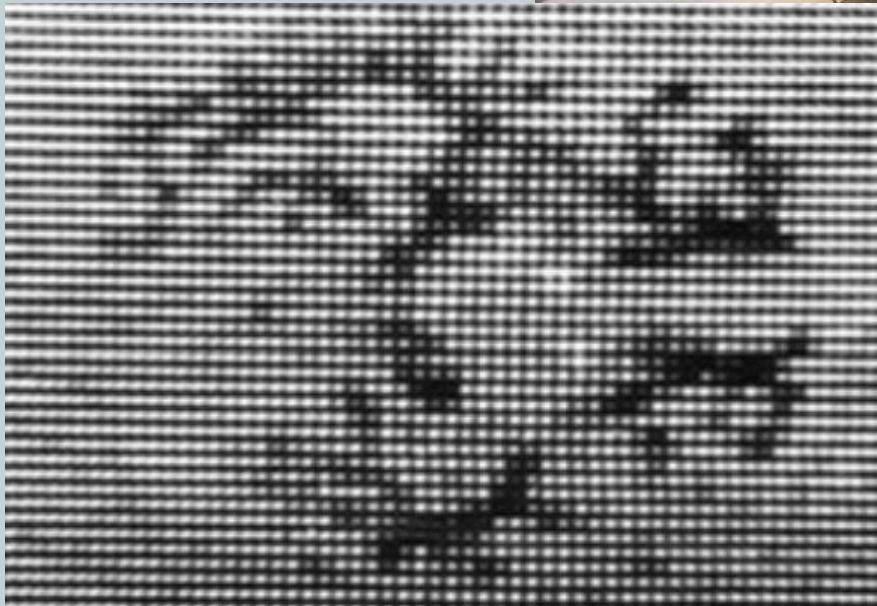
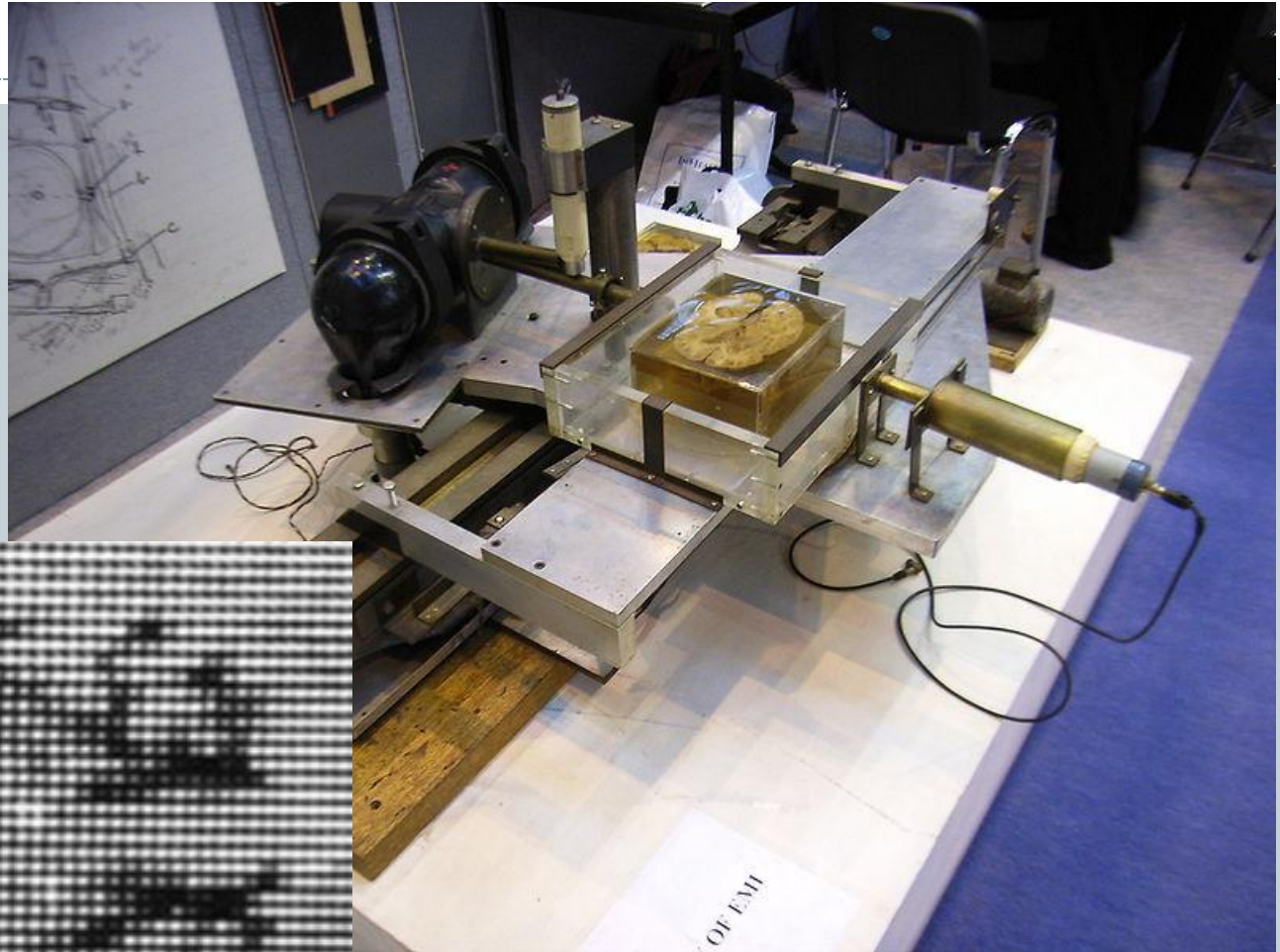
Historia



- ❑ 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



Historia



Oryginalny obraz mózgu uzyskany przez Hounsfielda w 1968 roku

Wykład 1

TiN Laboratorium



UPS



PC Wizualizacja i
obróbka



PC Sterowanie i
akwizycja



Osuszacz

Klastry do
rekonstrukcji



Nanotom S



Kompresor

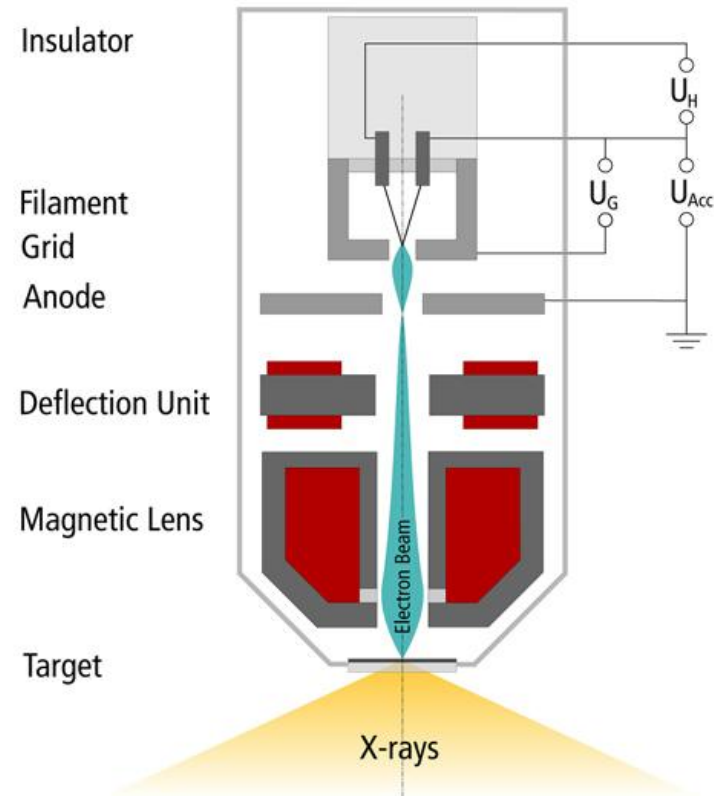


LMiNT



Lampa:

- ☐ 180kV / 57W/15W
- ☐ typu otwartego
- (z pompą turbomolekularną 6nb)
- ☐ wymienna katoda i target
- ☐ okno z diamentu syntetycznego
- ☐ rozmiar ogniska poniżej 800nm
- ☐ wyjątkowo stabilne źródło
- ☐ kąt promieniowania niemal 2π (FOD \sim 0.3mm)



LMiNT



Próbka:

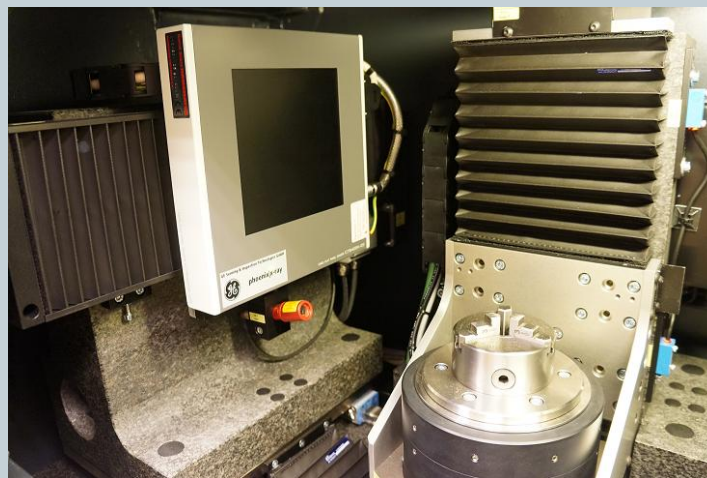
- ❑ max. 150mm wysokości i 120mm średnicy
- ❑ max. 2kg
- ❑ stolik do mikropozycjonowania

Oprogramowanie:

- ❑ datos|x
- ❑ VG Studio Max firmy Volume Graphics

Detektor:

- ❑ producent Hamamatsu
 - ❑ 2300 x 2300 pikseli
- ❑ rozmiar piksela $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$
 - ❑ dynamika 12 bitów
- ❑ przetwarzanie 16 bitów



HAM C 7942CA-02

LMiNT



- ❑ Komputer sterujący
- ❑ Stacja robocza HP Z800



- 2 procesory Intel Xenon X5660@2.8GHz
 - 2 procesory x 6 rdzeni x 2 wątki
 - 2 x 70GFlopów
- 96GB RAM
 - DDR3
- GeForce GTX 570
 - Technologia CUDA
 - Liczba rdzeni: 480
 - Szyna 320 bitowa
 - Przepustowość pamięci: 152 GB/s
 - Moc obliczeniowa 1400 GFlopów
 - Wymagania wobec zasilania: 550W
- HDD 5 TB

LMiNT



- ❑ Komputer sterujący
- ❑ Stacja robocza HP Z800
- ❑ Serwery obliczeniowe HP



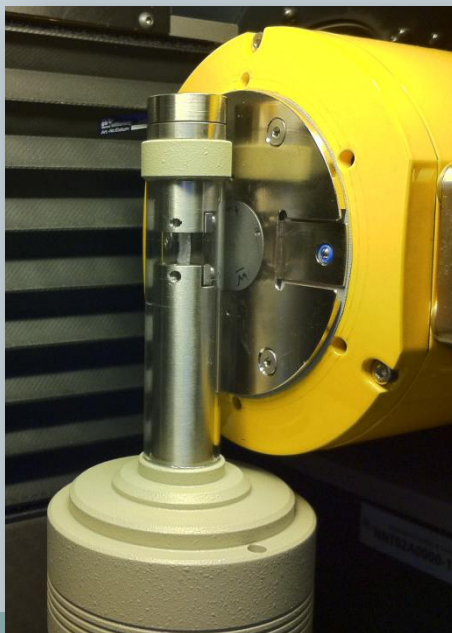
4 serwery, każdy zawiera:

- Intel Core i7 950@3.07GHz
 - 4 rdzeni x 2 wątki
- 16GB RAM
 - DDR3
- GeForce GTX 570
 - Technologia CUDA
 - Liczba rdzeni: 480
 - Szyna 320 bitowa
 - Przepustowość pamięci: 152 GB/s
 - Moc obliczeniowa 1400 GFlopów
 - Wymagania wobec zasilania: 550W
- HDD 1 TB

LMiNT



- ❑ Komputer sterujący
- ❑ Stacja robocza HP Z800
- ❑ Serwery obliczeniowe HP
- ❑ Przystawka do testów mechanicznych firmy Deben



- Max. zmiana rozmiarów 10mm
- Max. średnica 12mm
- Max. wysokość 14mm
- Max. siła 500N (1%)
- Regulacja siły z krokiem 5N
- Tensometry:
 - rozdzielczość: 3μm
 - dokładność: 10μm
- Tempo rozciągania/ściskania:
 - 0.2mm/min – 2.0mm/min



LMiNT



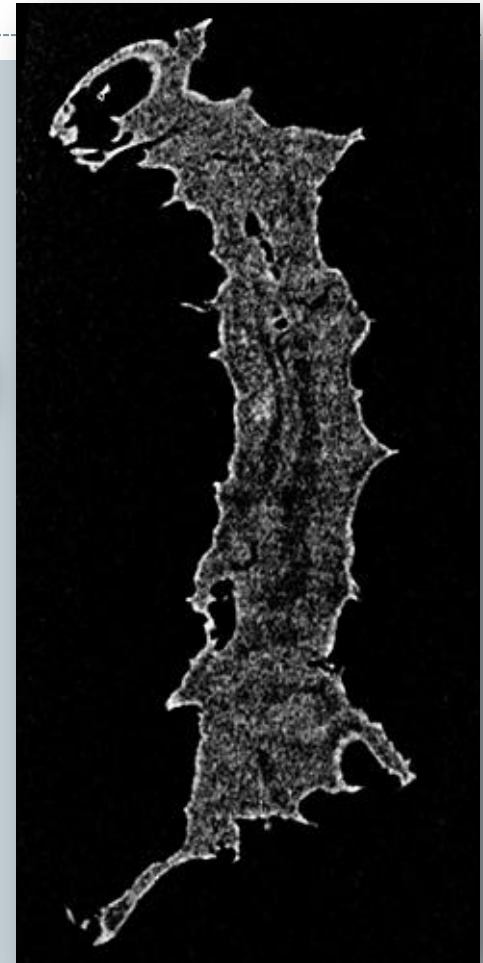
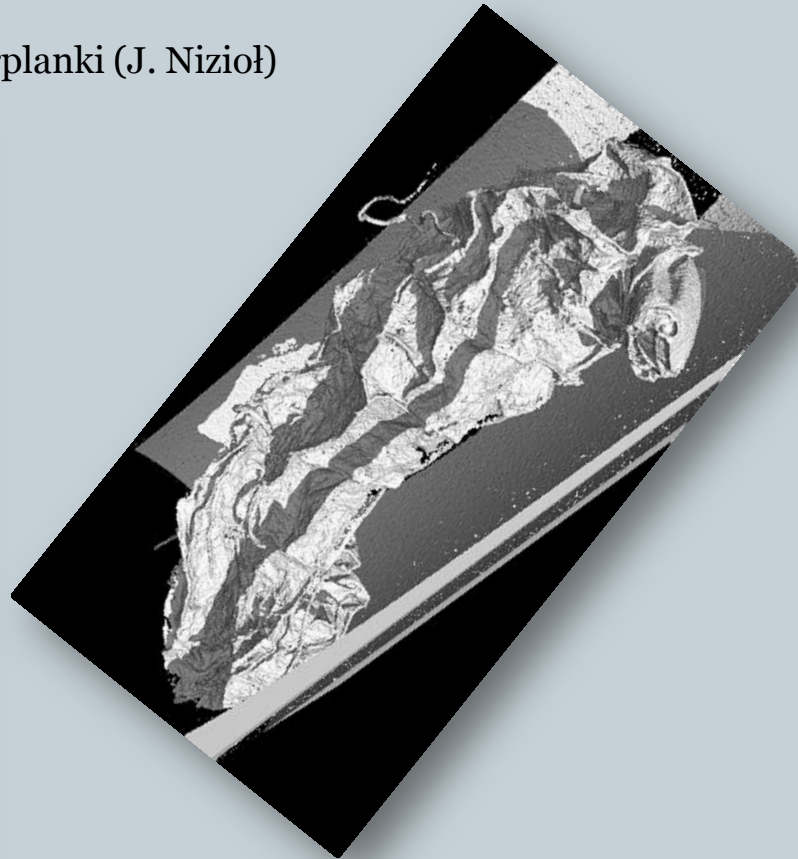
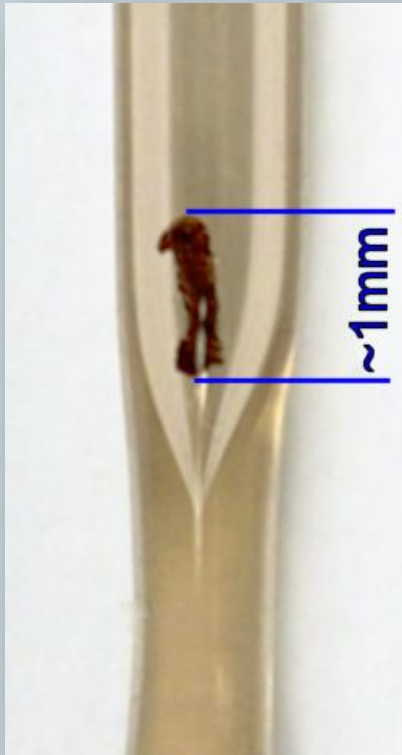
Kurs średni EUR - Znaleziono 316 notowań



LMiNT

AGH

- WFiIS: Polypedilum vanderplanki (J. Nizioł)

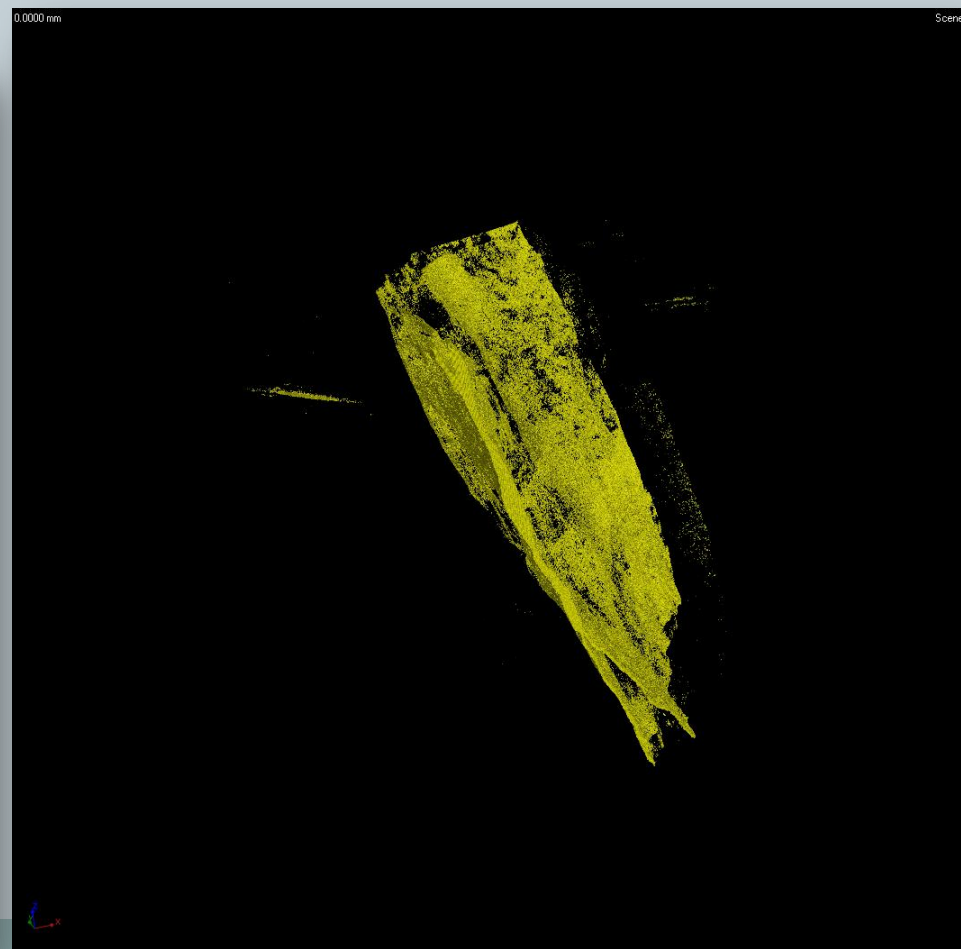
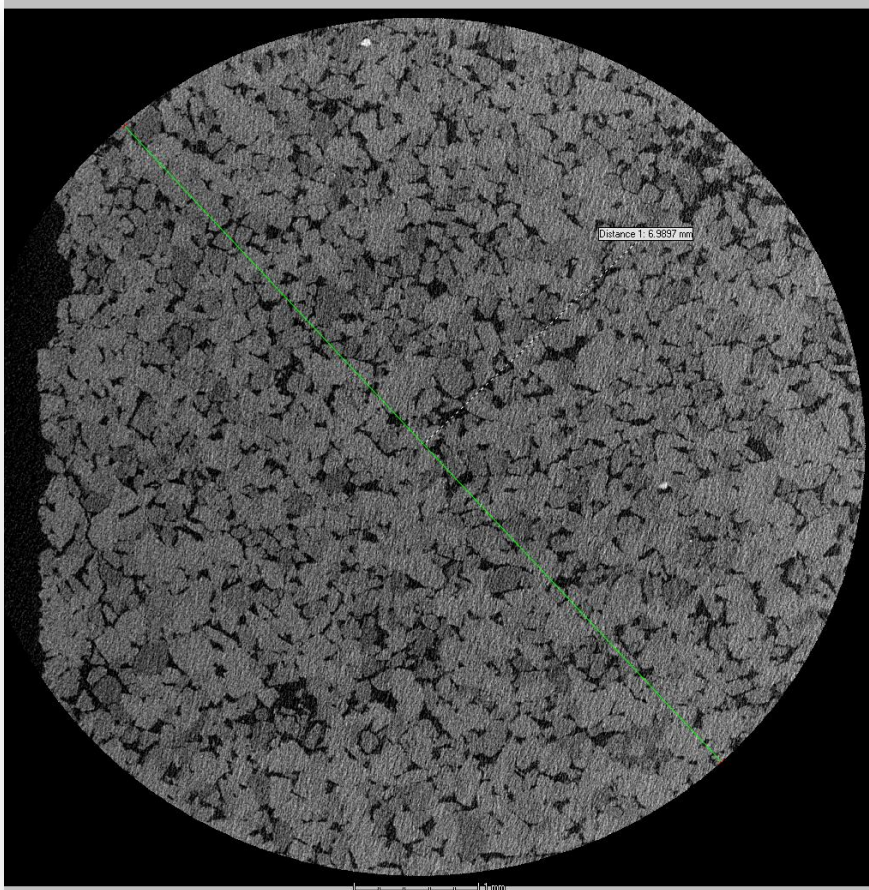


LMiNT



AGH

- WFiIS: Polypedilum vanderplanki (J. Nizioł)
- WGiG: mikrostruktura skał (J. Cieřlik)

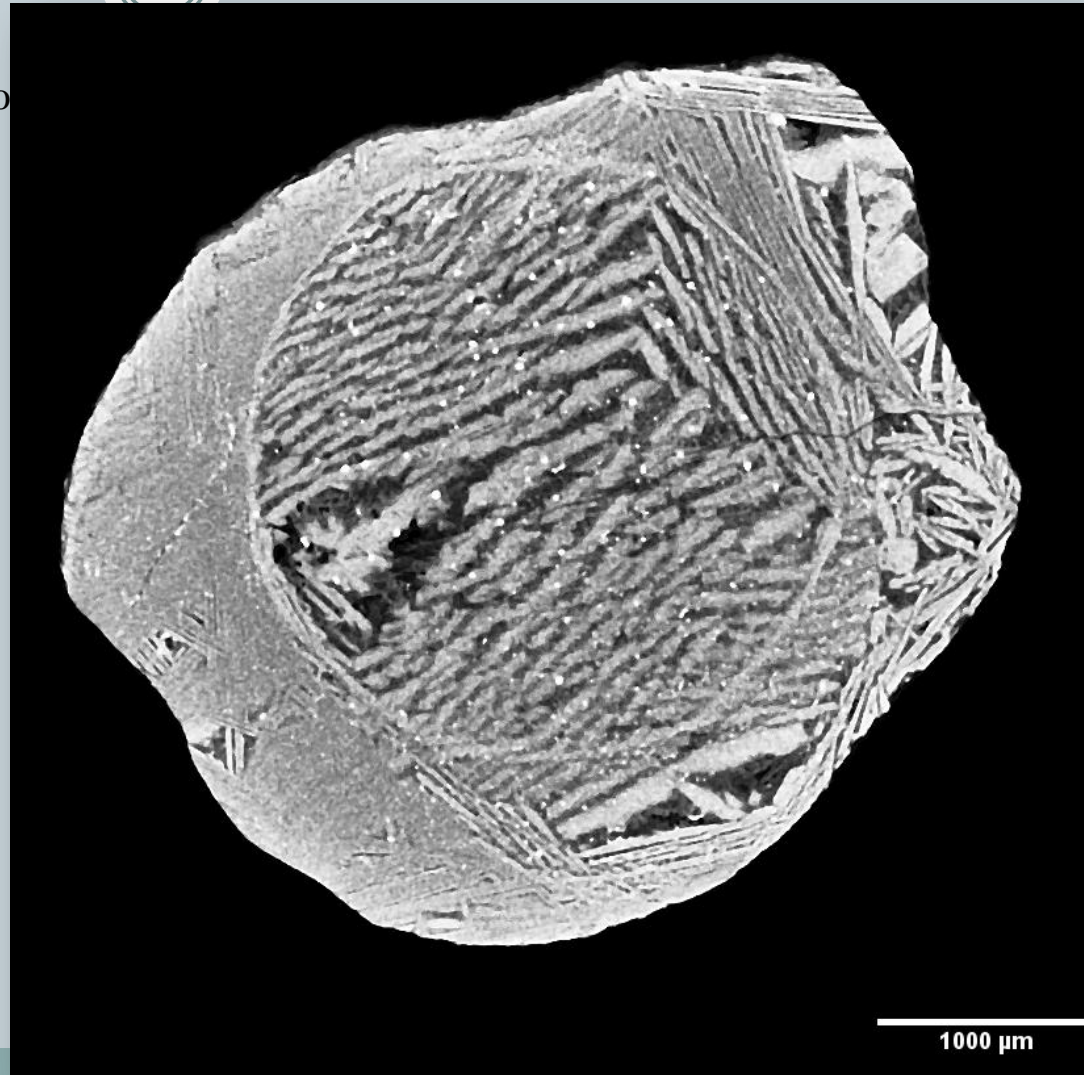


LMiNT



AGH

- WFiIS: Polypedilum vanderplanki (J. Nizioł)
- WGiG: mikrostruktura skał (J. Cieřlik)
- WGGiOŚ: meteoryty (A. Manecki)



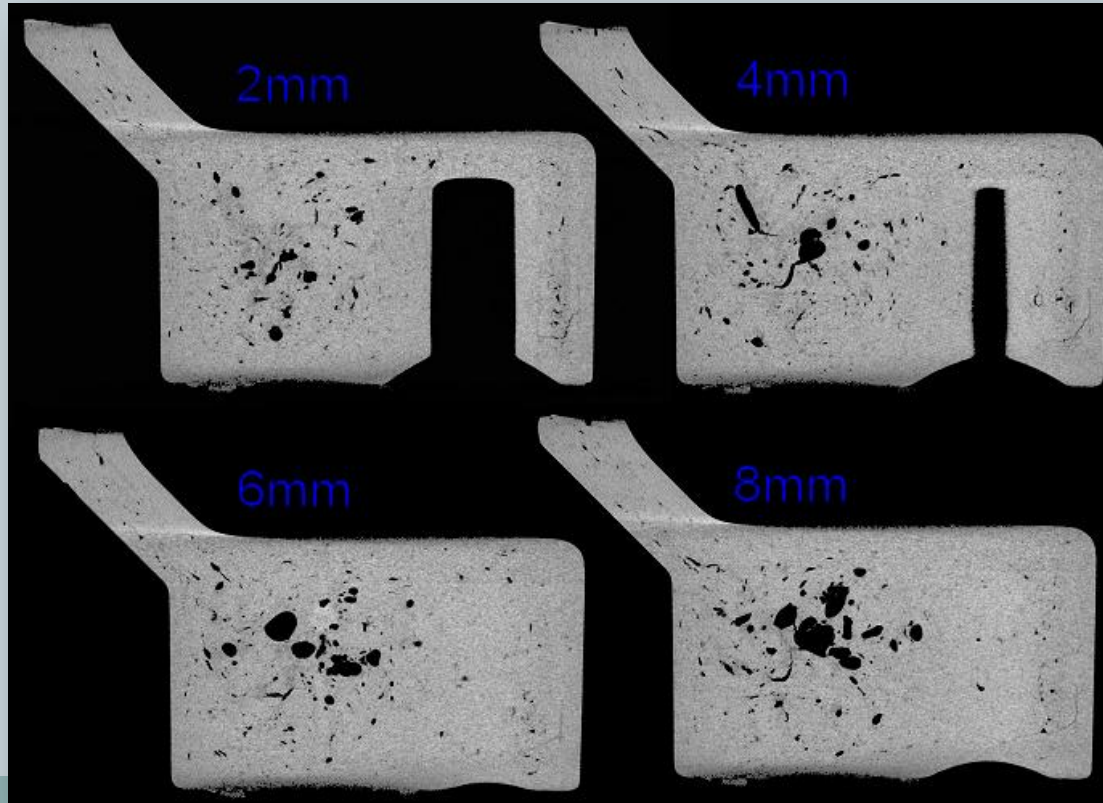
1000 μm

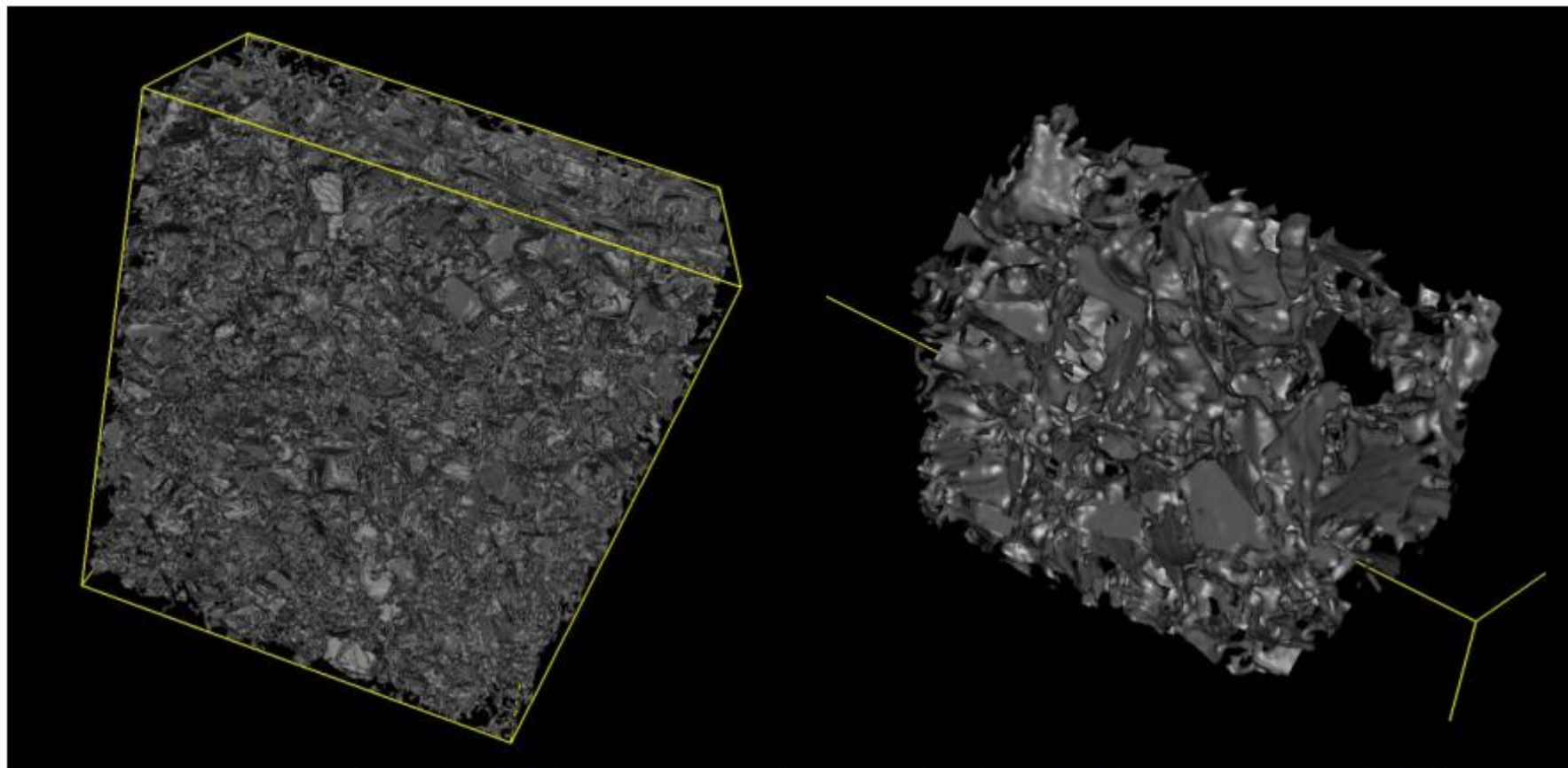
LMiNT



AGH

- WFiIS: Polypedilum vanderplanki (J. Nizioł)
- WGiG: mikrostruktura skał (J. Cieřlik)
- WGGiOŚ: meteoryty (A. Manecki)
- WIMiIP: odlewy Al. (M. Wróbel)



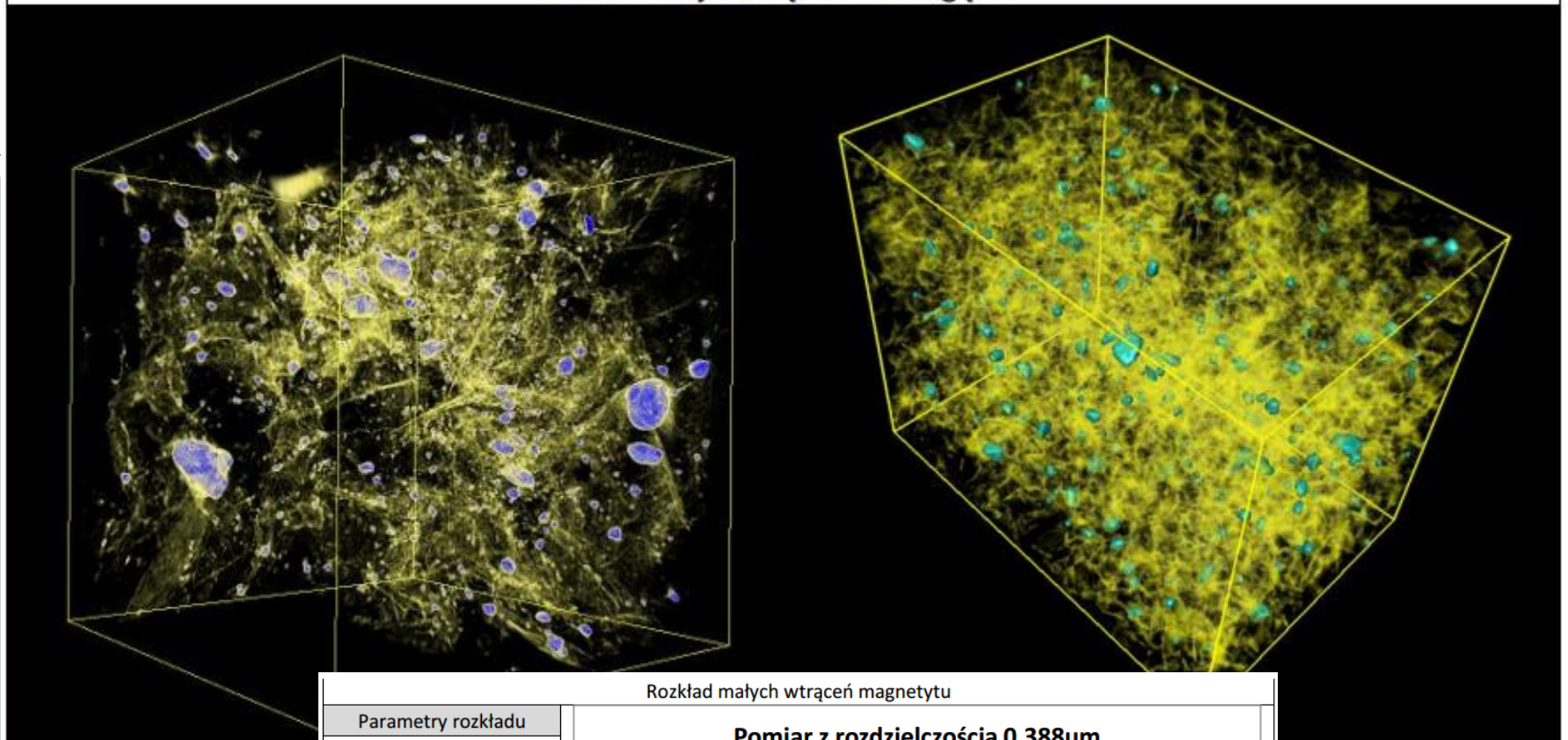


Rekonstrukcja całej próbki

Powiększony fragment z wnętrza próbki

Próbka: PCP HAP		Rozmiary: 4.35 x 4.82 x 2.25 mm			Rozdzielczość: 4 μm
p [%]	BV [mm³]	TV [mm³]	BS [mm²]	BS/TV [1/mm]	DA
18.0	8.5	47.2	551.7	11.7	0.163
SMI	b/a	c/a	Conectivity	Conn.D [mm⁻³]	tDA
0.038/0.014	0.65	0.28	72946	1545	1.195
Tb.Th [mm]			Tb.Sp [mm]		
Mean	St. Dev.	Max.	Mean	St. Dev.	Max.
0.030	0.019	0.156	0.145	0.083	0.617

Wizualizacja wtrąceń na tle gąbki



Pomiar z rozdzielczością 0.388µm

3.5µm

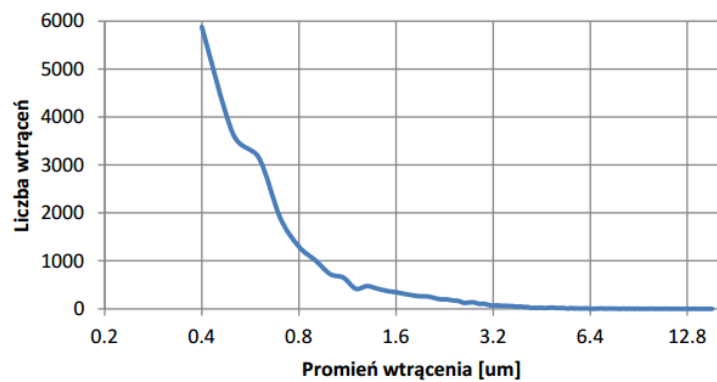
Rozkład małych wtrąceń magnetytu

Parametry rozkładu

Minimum: 0.4µm
Dolny kwartyl: 0.51 µm
Mediana: 0.72 µm
Górny kwartyl: 1.4 µm
Maksimum: 15.0 µm

Średnia: 1.19 µm

Pomiar z rozdzielczością 0.388µm

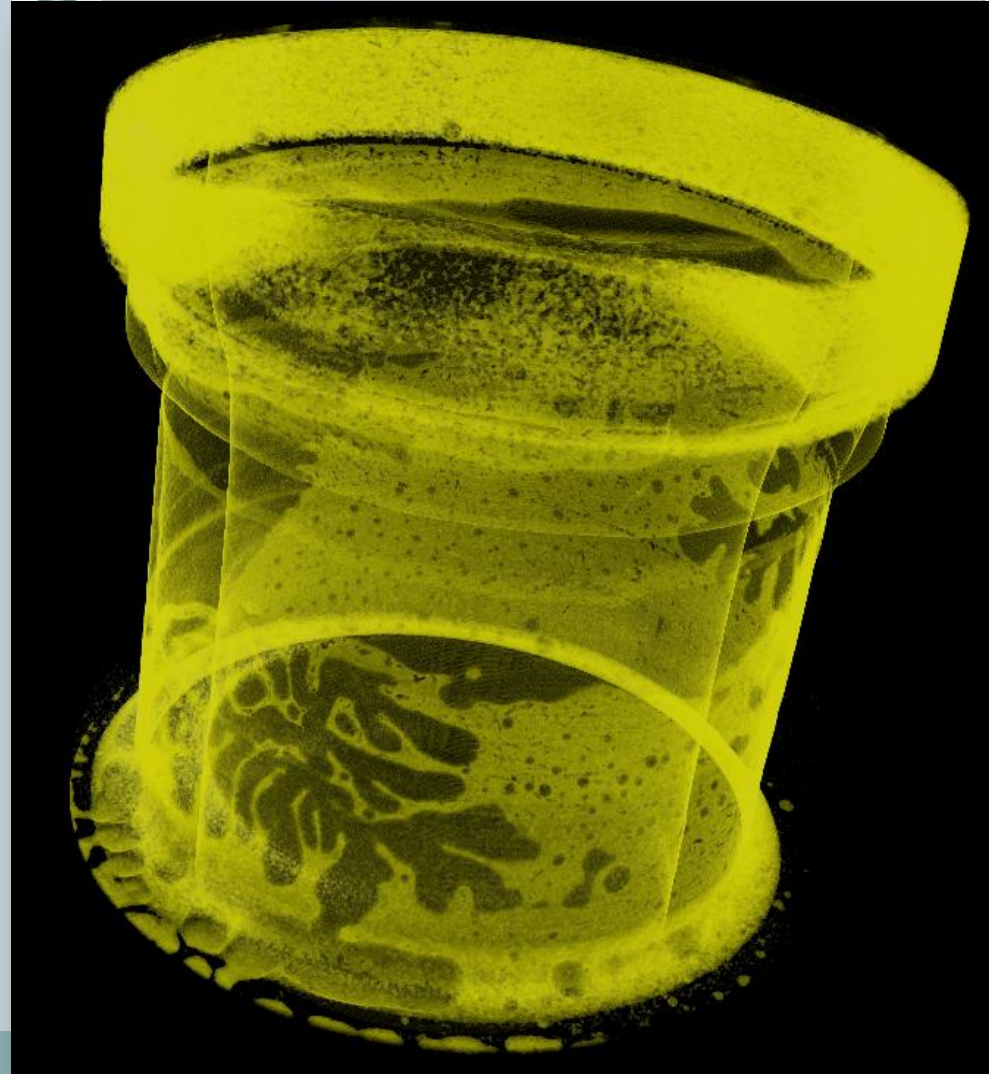


LMiNT



AGH

- WFiIS: Polypedilum vanderplanki (J. Nizioł)
- WGiG: mikrostruktura skał (J. Cieřlik)
- WGGiOŚ: meteoryty (A. Manecki)
- WIMiIP: odlewy Al. (M. Wróbel)
- WIMiC: skaffoldy (M. Błażewicz)
- WMN: układy klejone (P. Ułasz)

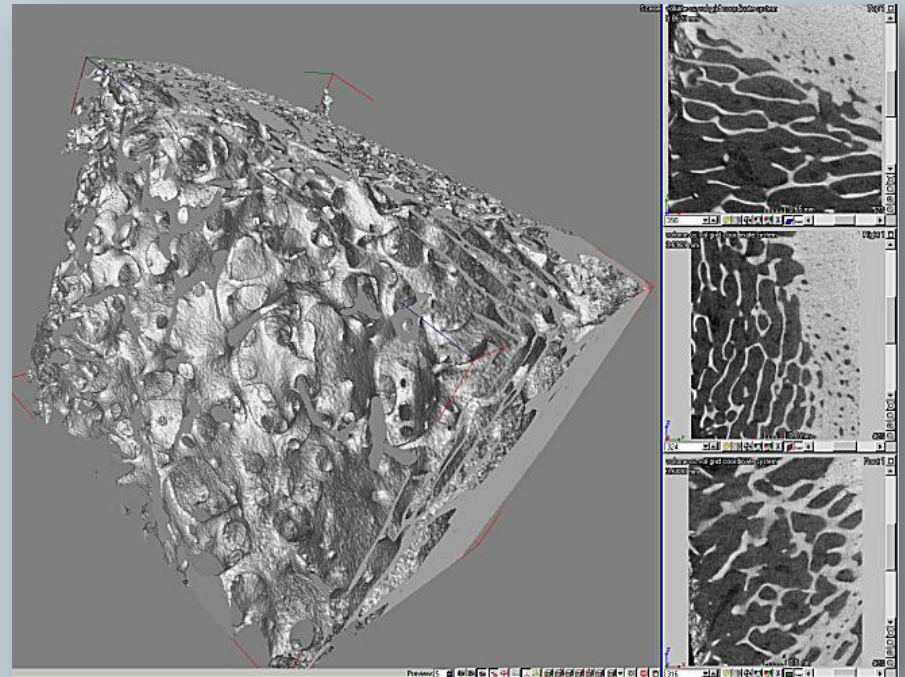
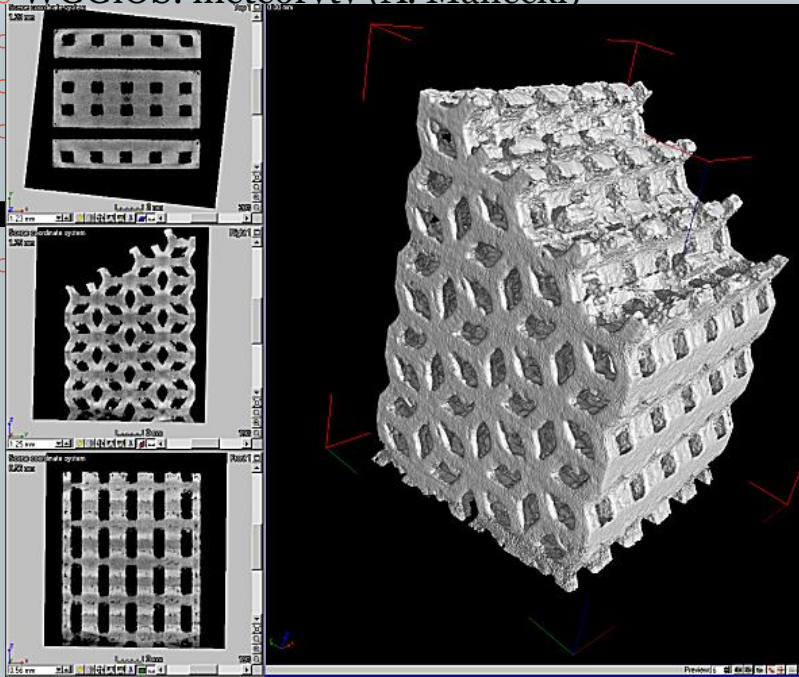


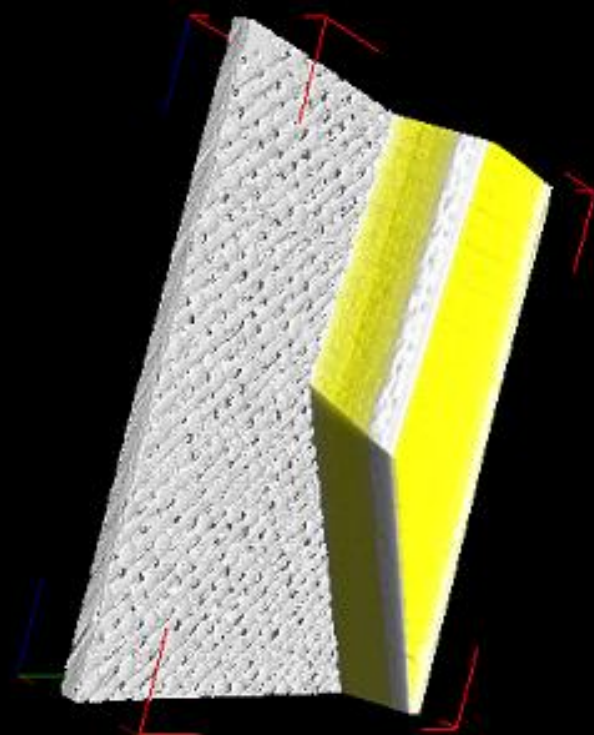
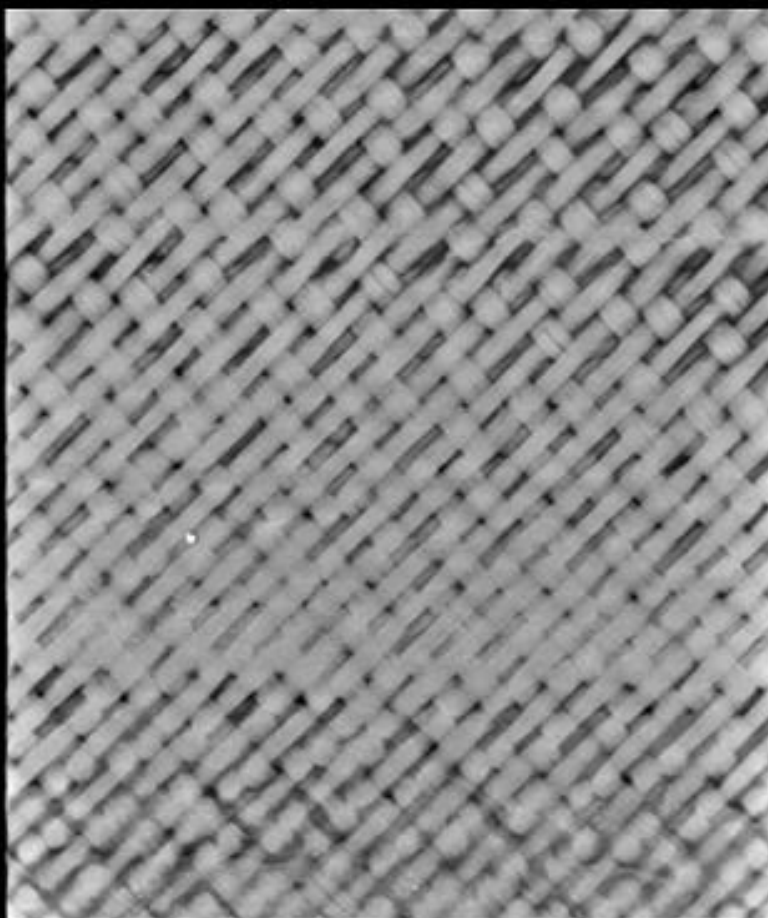
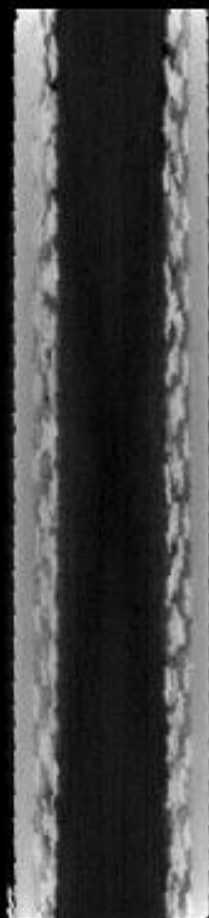
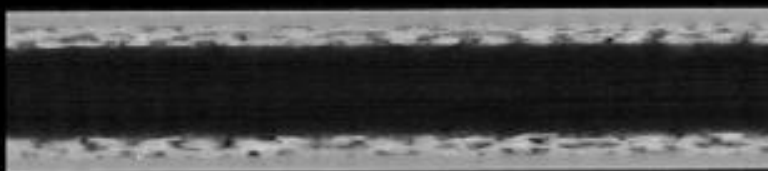
LMiNT



AGH

- WFiIS: Polypedilum vanderplanki (J. Nizioł)
- WGiG: mikrostruktura skał (J. Cieřlik)
- WGGiOŚ: meteoryty (A. Manecki)





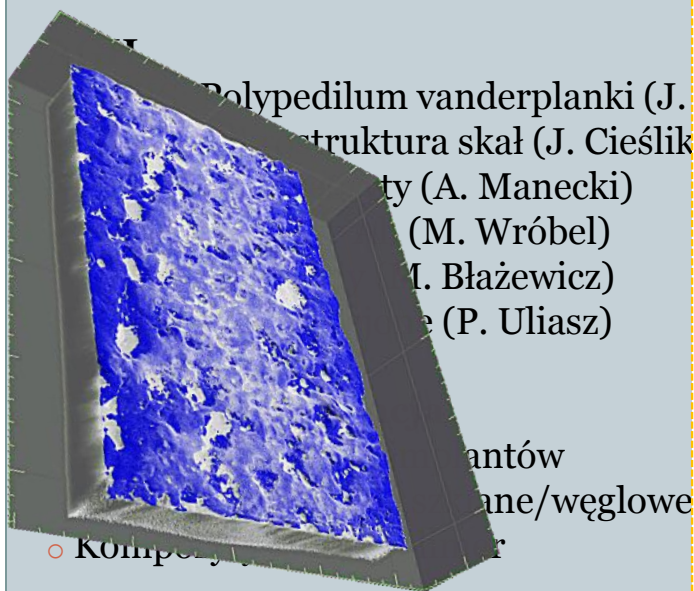


AGH

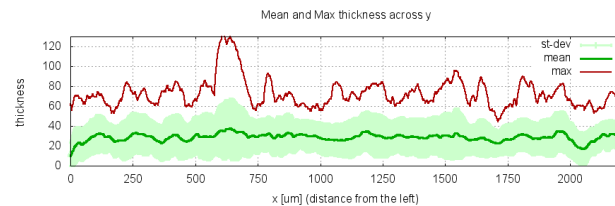
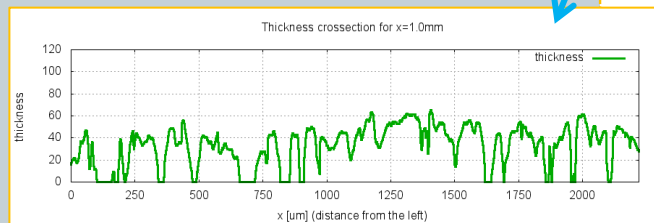
- WFiIS: Polypedilum vanderplanki (J. Nizioł)
- WGiG: mikrostruktura skał (J. Cieřlik)
- WGGiOŚ: meteoryty (A. Manecki)
- WIMiIP: odlewy Al. (M. Wróbel)
- WIMiC: skaffoldy (M. Błażewicz)
- WMN: układy klejone (P. Ułasz)

ENIM, Metz, Francja

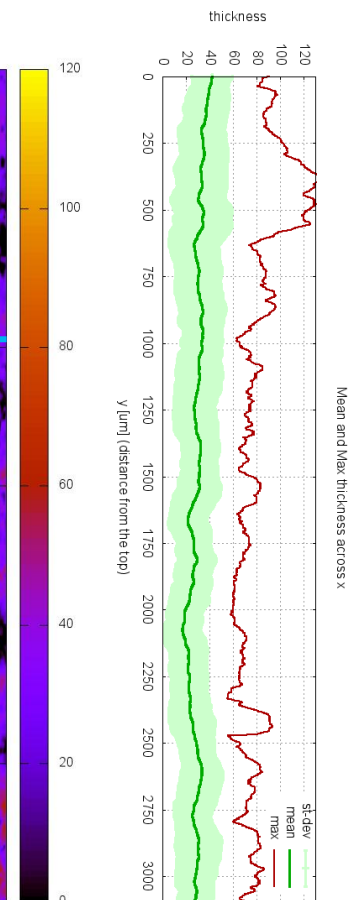
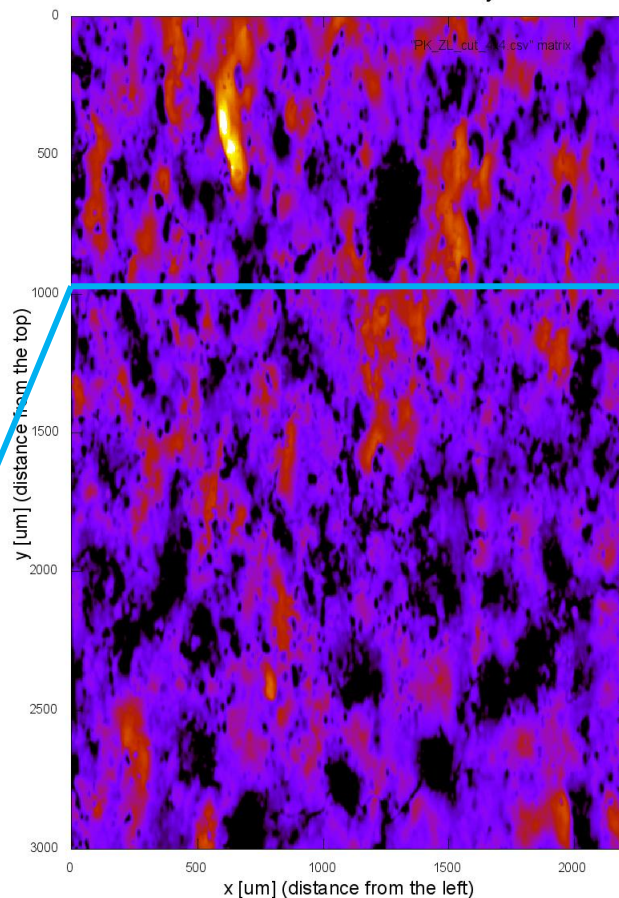
- Tytanowe wydruki implantów
- Kompozyty (włókna szklane/węglowe)
- Kompozyty guma-polimer



Politechnika Krakowska (A. Gądek)
 o Stal z warstwą WC



Thickness of the surface layer





AGH

- WFiIS: Polypedilum vanderplanki (J. Nizioł)
- WGiG: mikrostruktura skał (J. Cieřlik)
- WGGiOŚ: meteoryty (A. Manecki)
- WIMiIP: odlewy Al. (M. Wróbel)
- WIMiC: skaffoldy (M. Błażewicz)
- WMN: układy klejone (P. Ułasz)

ENIM, Metz, Francja

- Tytanowe wydruki implantów
- Kompozyty (włókna szklane/węglowe)
- Kompozyty guma-polimer

Politechnika Krakowska (A. Gądek-Moszczak)

- Stal z warstwą WC

**Application the 3D Image Analysis Techniques for Assessment
the Quality of Material Surface Layer Before and After Laser Treatment**

Advanced Materials Research Vol. 874 (2014) pp 133-138

LMiNT



AGH

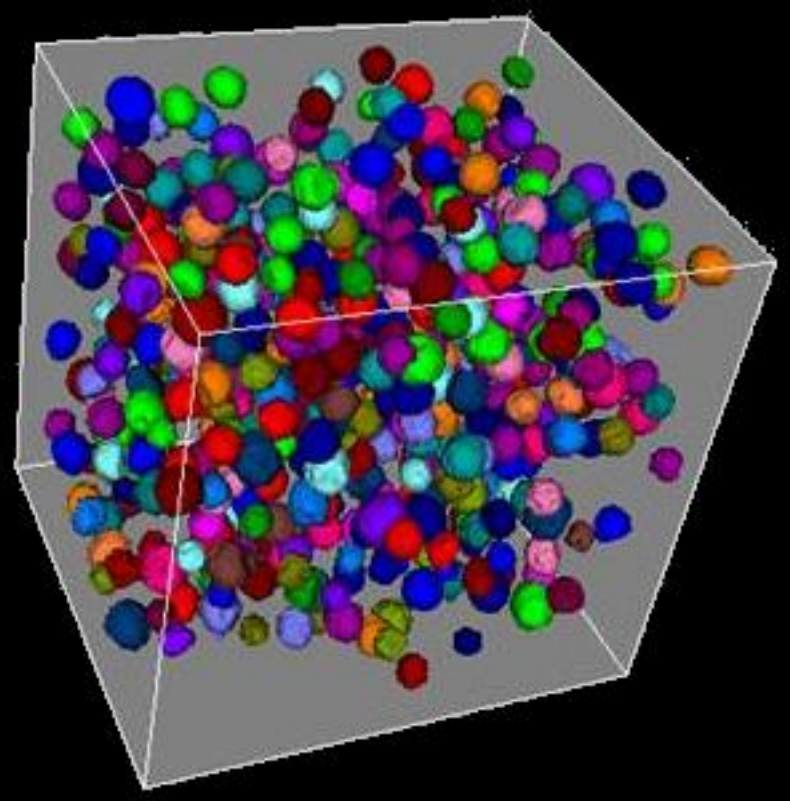
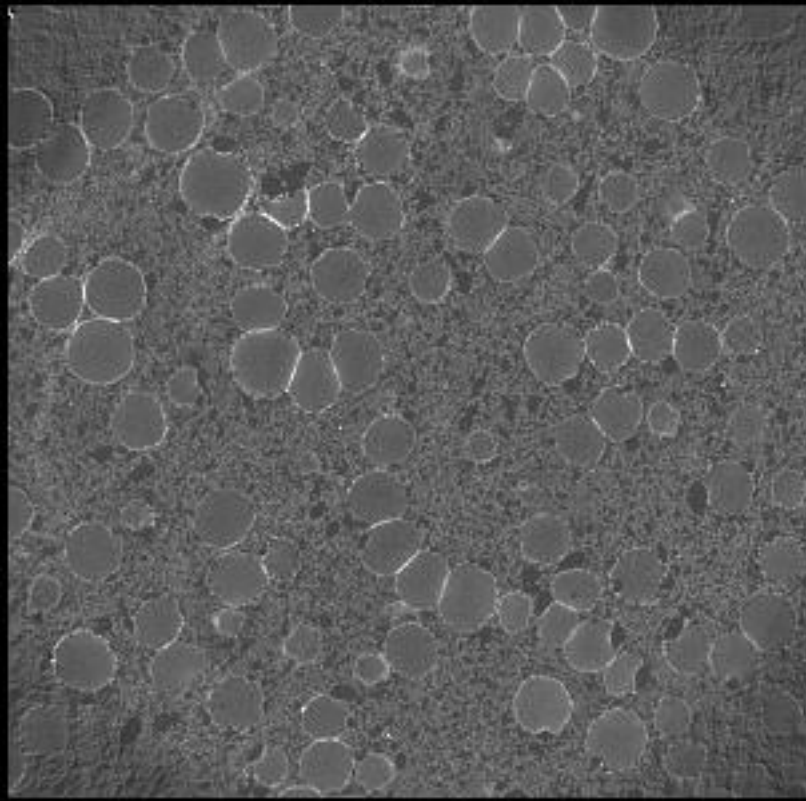
- WFiIS: Polypedilum vanderplanki (J. Nizioł)
- WGiG: mikrostruktura skał (J. Cieřlik)
- WGGiOŚ: meteoryty (A. Manecki)
- WIMiIP: odlewy Al (M. Wróbel)
- W...
- W...

ENI

- Ty...
- Ko...
- Ko...

Pol

- Sta...
- Pia...



LMiNT



AGH

- WFiIS: Polypedilum vanderplanki (J. Nizioł)
- WGiG: mikrostruktura skał (J. Cieřlik)
- WGGiOŚ: meteoryty (A. Manecki)
- WIMiIP: odlewy Al. (M. Wróbel)
- WIMiC: skaffoldy (M. Błażewicz)
- WMN: układy klejone (P. Ułasz)

ENIM, Metz, Francja

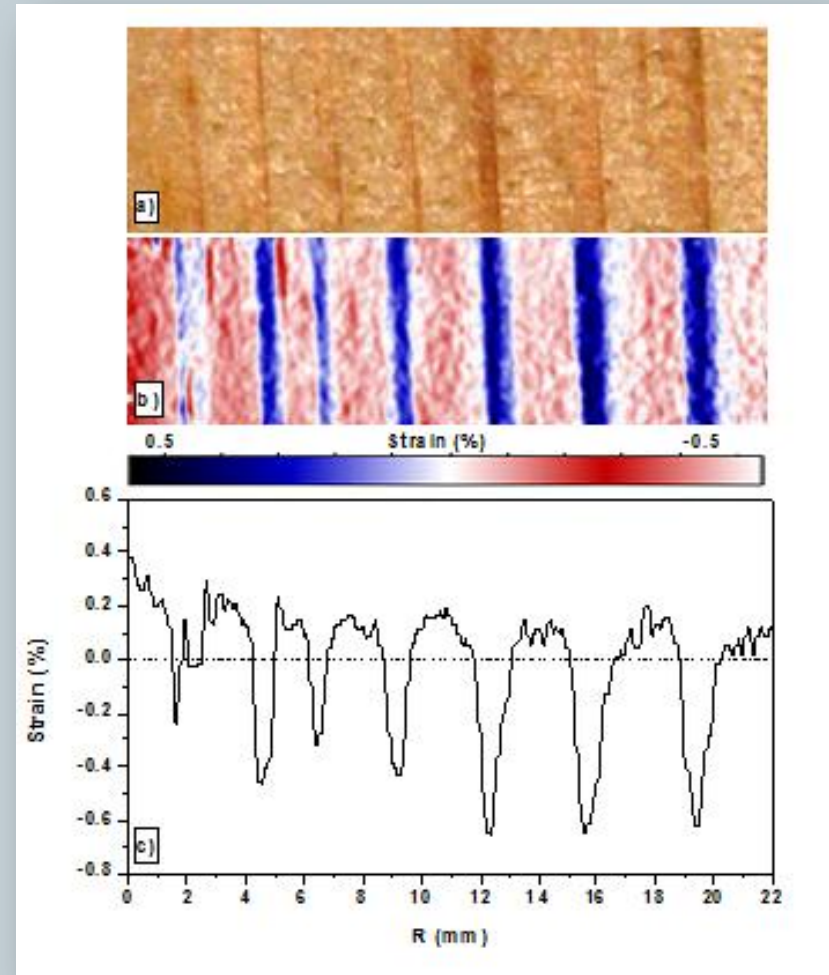
- Tytanowe wydruki implantów
- Kompozyty (włókna szklane/węglowe)
- Kompozyty guma-polimer

Politechnika Krakowska (A. Gądek-Moszczak)

- Stal z warstwą WC
- Pianki izolacyjne

Instytut katalizy i fizykochemii powierzchni

- L. Krzemień, M. Strojecki
- Drewno vs. Wilgotność



LMiNT



AGH

- WFiIS: Polypedium vanderplanki (J. Nizioł)
- WGiG: mikrostruktura skał (J. Cieřlik)
- WGGiOŚ: meteoryty (A. Manecki)
- WIMiIP: odlewy Al. (M. Wróbel)
- WIMiC: skaffoldy (M. Błażewicz)
- WMN: układy klejone (P. Ułasz)

ENIM, Metz, Francja

- Tytanowe wydruki implantów
- Kompozyty (włókna szklane/węglowe)
- Kompozyty guma-polimer

Politechnika Krakowska (A. Gądek-Moszc)

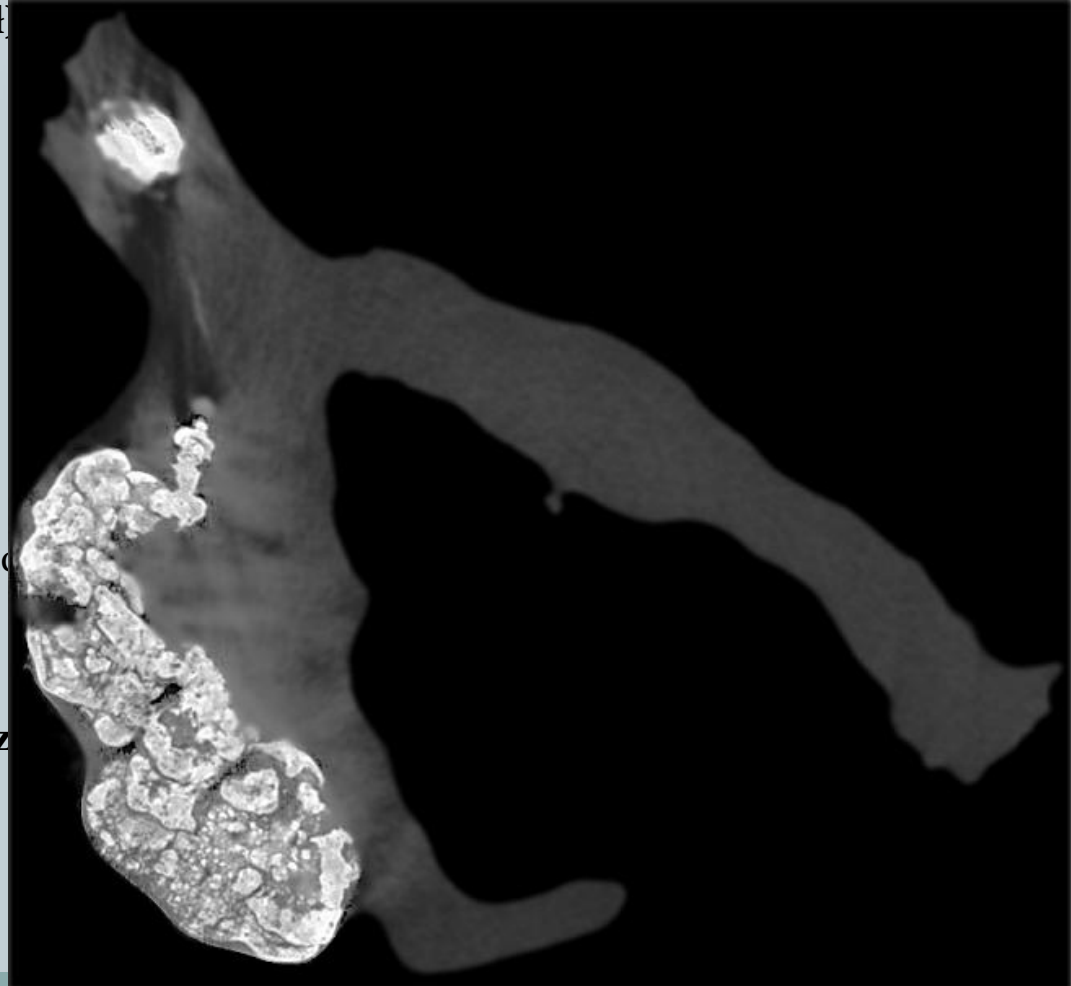
- Stal z warstwą WC
- Pianki izolacyjne

Instytut katalizy i fizykochemii powierzchni (L. Krzemień, M. Strojecki)

- Drewno vs. Wilgotność

Szpital Jana Pawła II (A. Undas)

- Zastawki serca



LMiNT



AGH

- WFiIS: Polypedium vanderplanki (J. Nizioł)
- WGiG: mikrostruktura skał (J. Cieřlik)
- WGGiOŚ: meteoryty (A. Manecki)
- WIMiIP: odlewy Al. (M. Wróbel)
- WIMiC: skaffoldy (M. Błażewicz)
- WMN: układy klejone (P. Ułasz)

ENIM, Metz, Francja

- Tytanowe wydruki implantów
- Kompozyty (włókna szklane/węglowe)
- Kompozyty guma-polimer

Politechnika Krakowska (A. Gądek-Moszczak)

- Stal z warstwą WC
- Pianki izolacyjne

Instytut katalizy i fizykochemii powierzchni

- (L. Krzemień, M. Strojecki)
- Drewno vs. Wilgotność

Szpital Jana Pawła II (A. Undas)

- Zastawki serca

Centrum Badawcze ABB w Krakowie
Instytutu Technologii Elektronowej w
Krakowie

Muzeum Narodowe w Krakowie

Collegium Medium UJ

Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie

Wykład 1

LMiNT



Dziękuję za uwagę.