



Politechnika  
Wrocławska

[S11] Metody reprezentacji  
i przetwarzania danych  
w trójwymiarowej grafice  
komputerowej czasu  
rzeczywistego

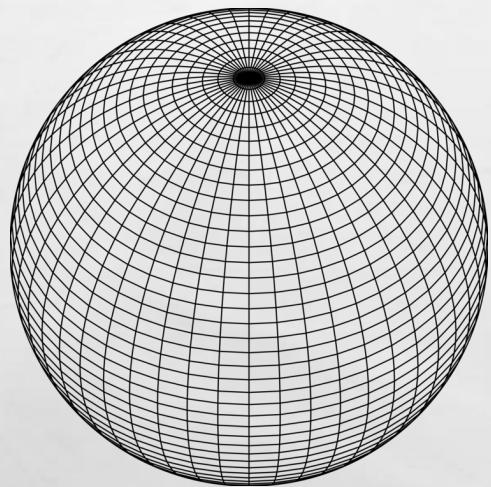
Przygotował: Grzegorz Oliwa

Specjalność: Inżynieria systemów informatycznych [INS]

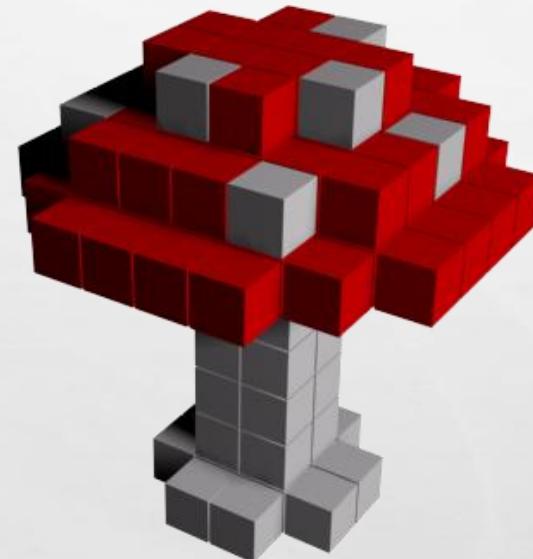
# Spis treści

1. Reprezentacje danych
2. Przetwarzanie danych
  - 2.1. Przekształcenia
  - 2.2. Cieniowanie
  - 2.3. Algorytmy oświetlenia
3. Sprzętowe wspomaganie przetwarzania danych
4. Podsumowanie
5. Literatura

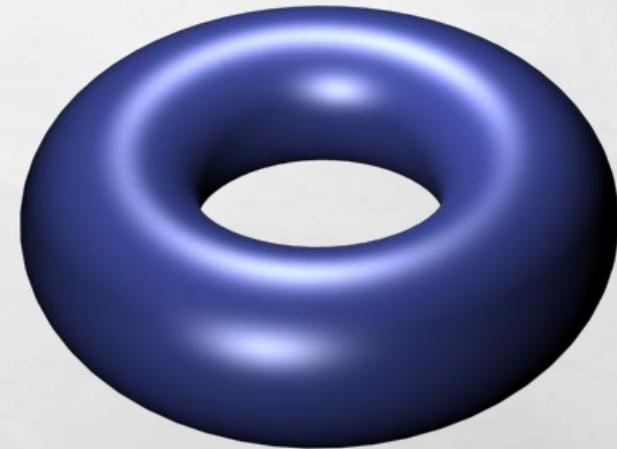
# Reprezentacje danych



Siatki wielokątów



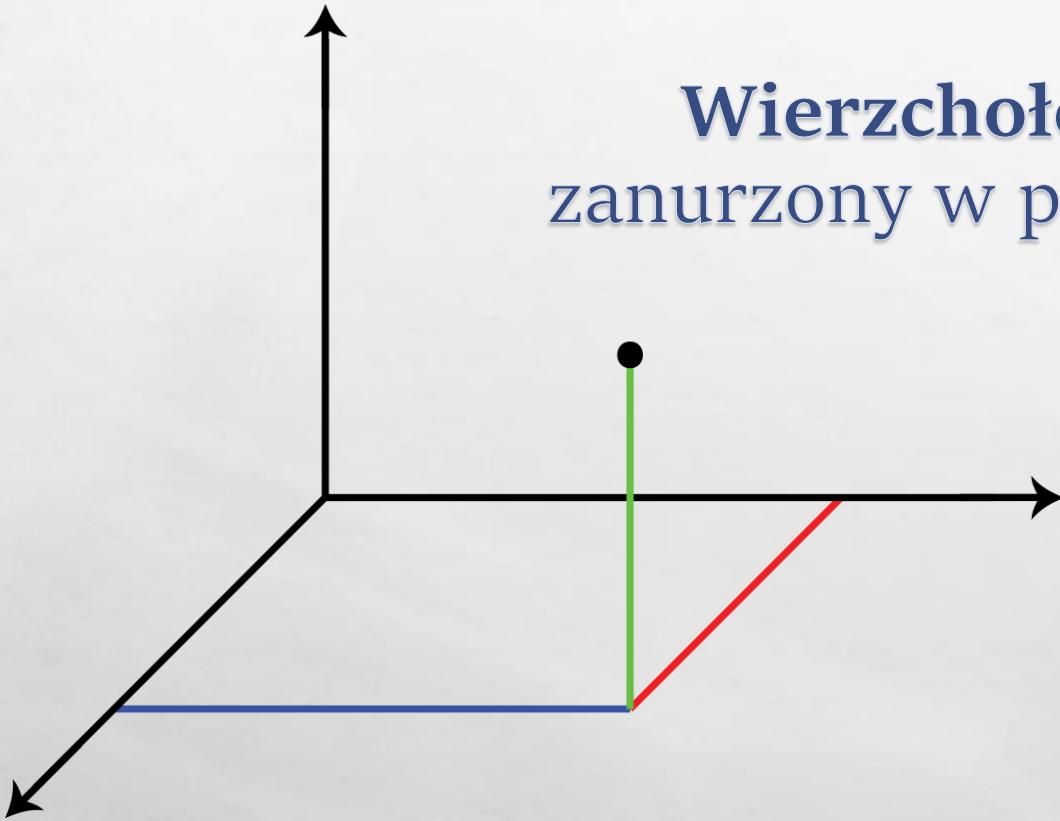
Woksele



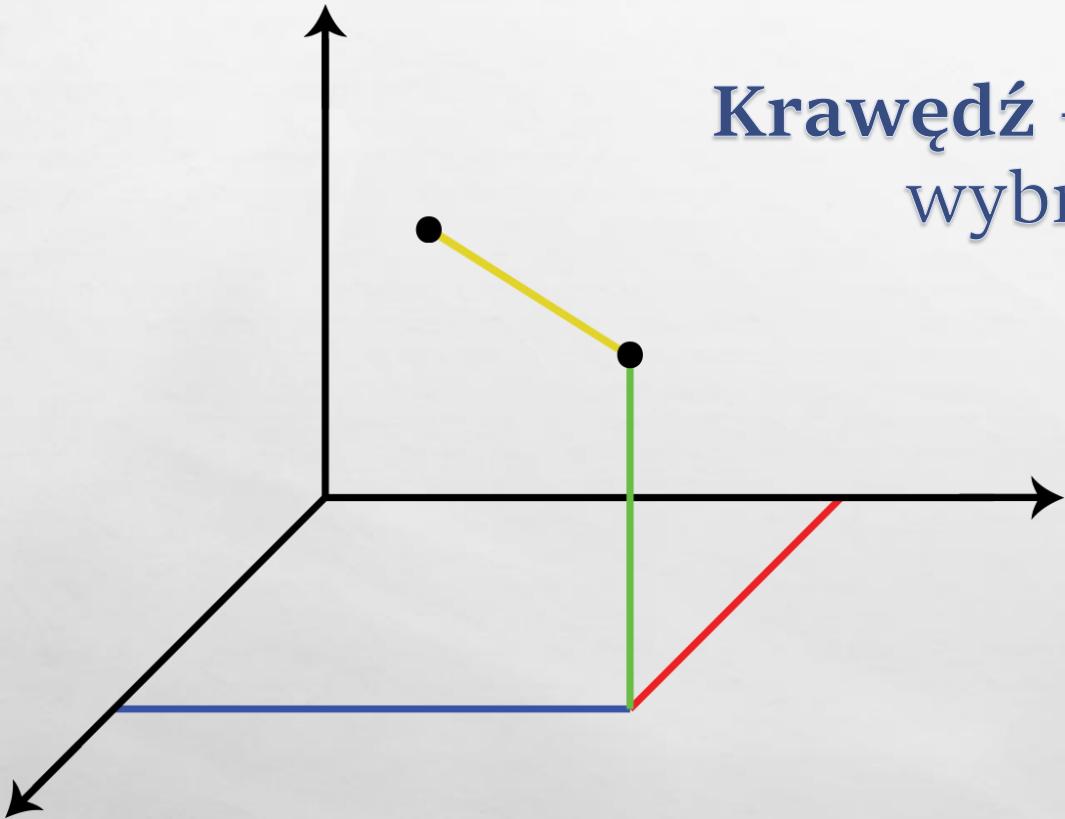
Opisy matematyczne

# Siatki wielokątów

**Wierzchołek** – pojedynczy punkt,  
zanurzony w przestrzeni trójwymiarowej

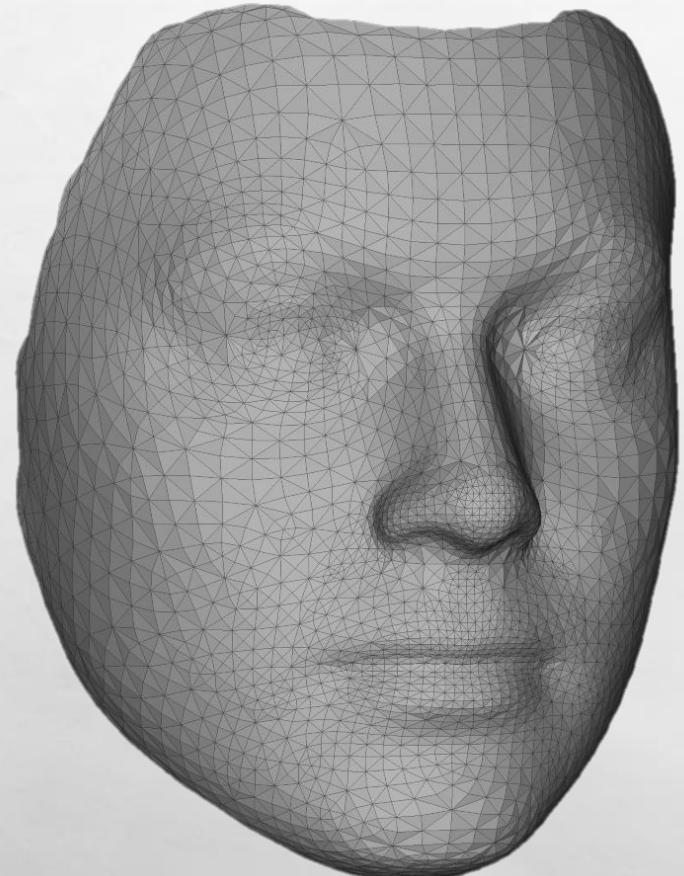


# Siatki wielokątów



Krawędź – odcinek łączący dwa wybrane wierzchołki

# Siatki wielokątów



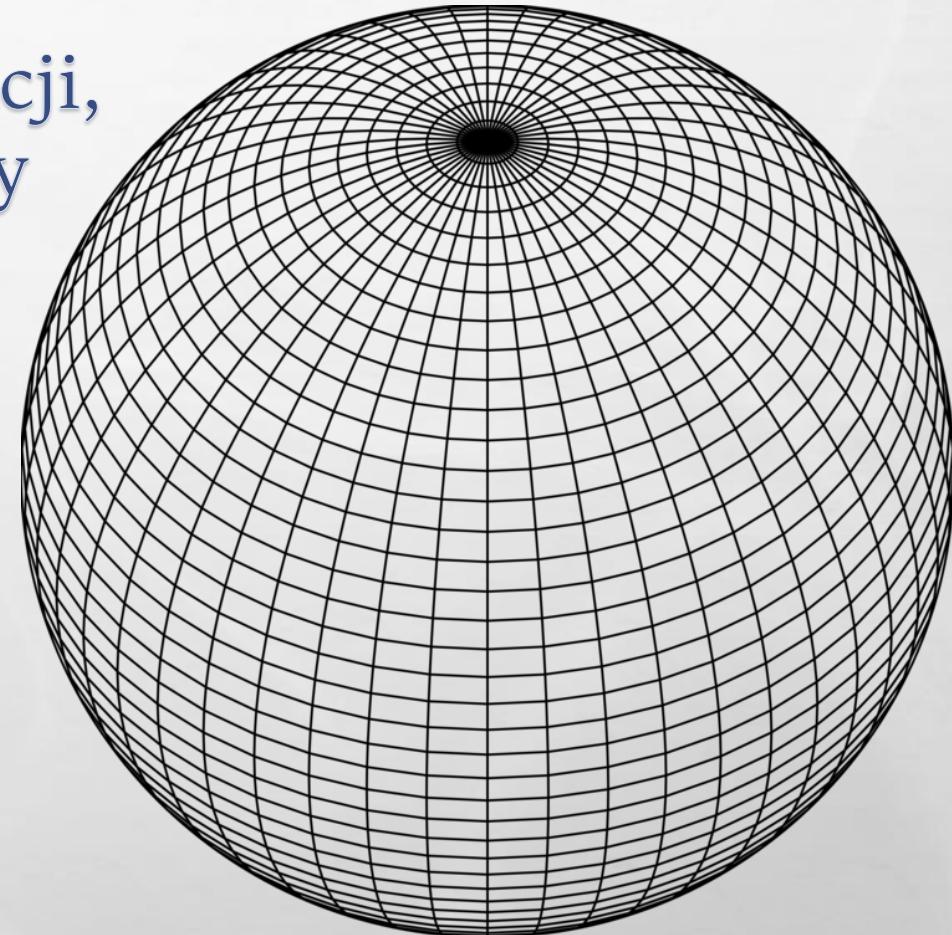
**Wielokąt** – grupa co najmniej trzech wierzchołków, połączonych ze sobą krawędziami (tworząc cykl)

**Siatka wielokątów** – grupa co najmniej dwóch wielokątów, połączonych ze sobą wspólnymi wierzchołkami lub krawędziami

# Siatki wielokątów

**Podsumowanie:** w tej reprezentacji, obiekty opisywane są przy pomocy płaskich wielokątów o wspólnych wierzchołkach lub krawędziach

**Zastosowanie:** symulatory, gry komputerowe, tworzenie modeli do druku 3D, filmy animowane

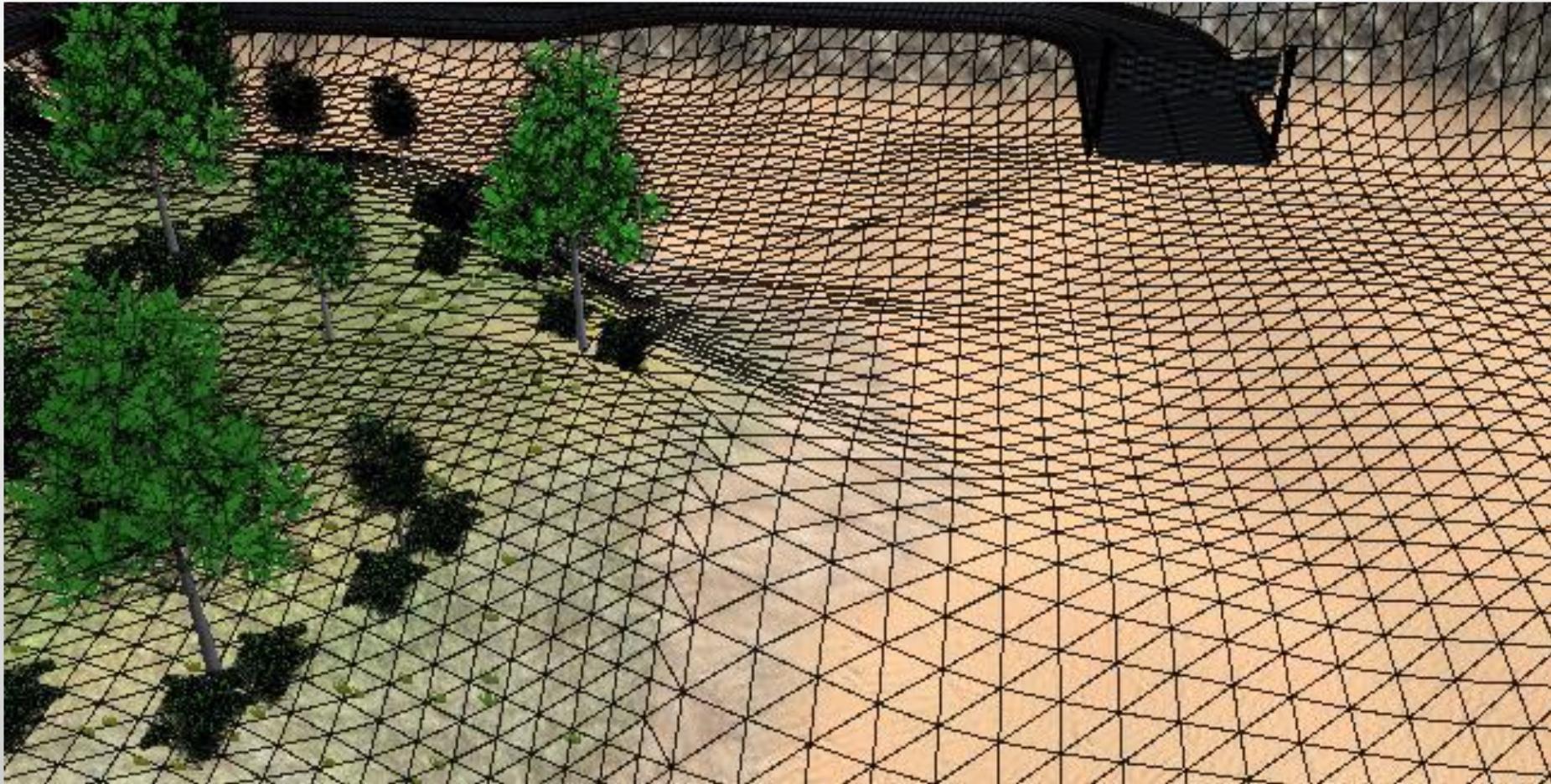


# Teselacja siatki wielokątów

Dzielenie wygenerowanych podczas tworzenia obrazu trójwymiarowego wielokątów, na mniejsze wielokąty, dzięki czemu wyświetlany obiekt może być dokładniej odwzorowany

Teselacja Delone:  
płaskie obiekty → duże teselacje  
nierówności → małe teselacje

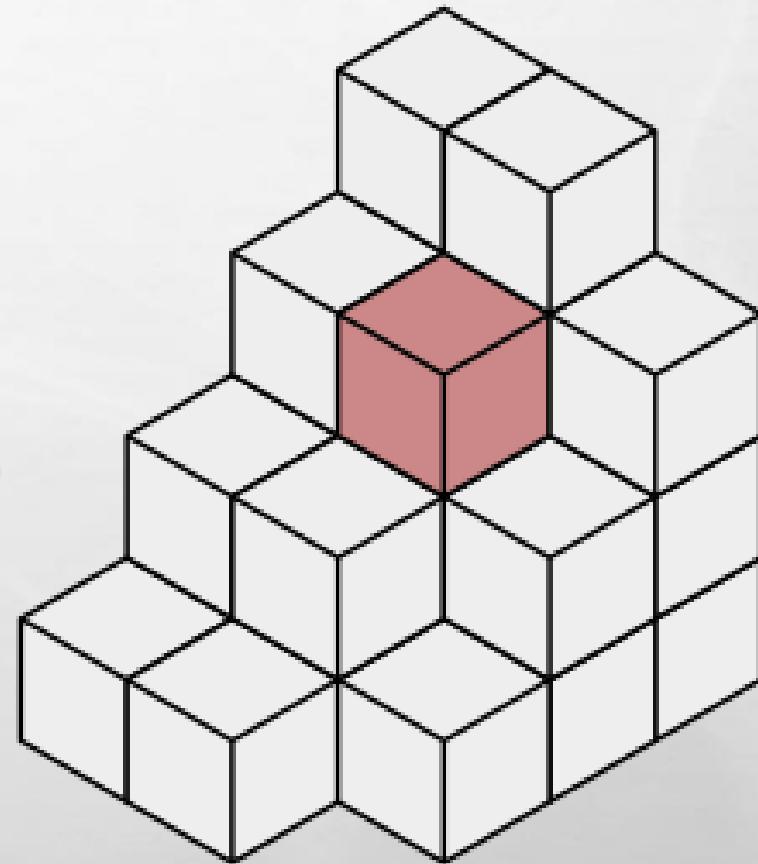
# Teselacja siatki wielokątów



# Woksele

Obiekty reprezentowane przy pomocy sześcianów (trójwymiarowych pikseli)

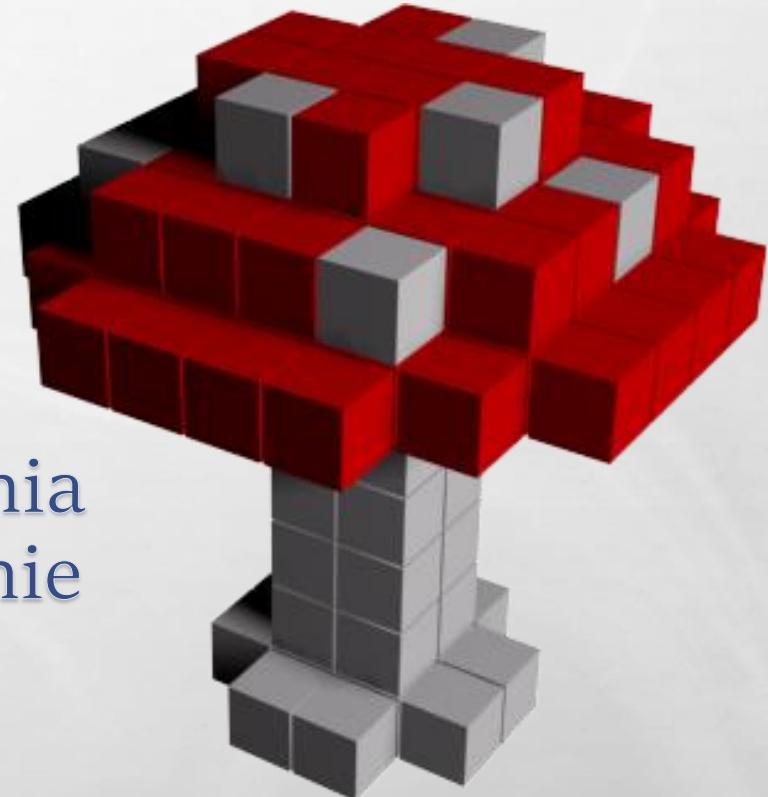
**Zastosowanie:** diagnostyka medyczna, gdzie uzyskuje się szereg przekrojów ciała pacjenta, a na ich podstawie tworzy trójwymiarowe modele



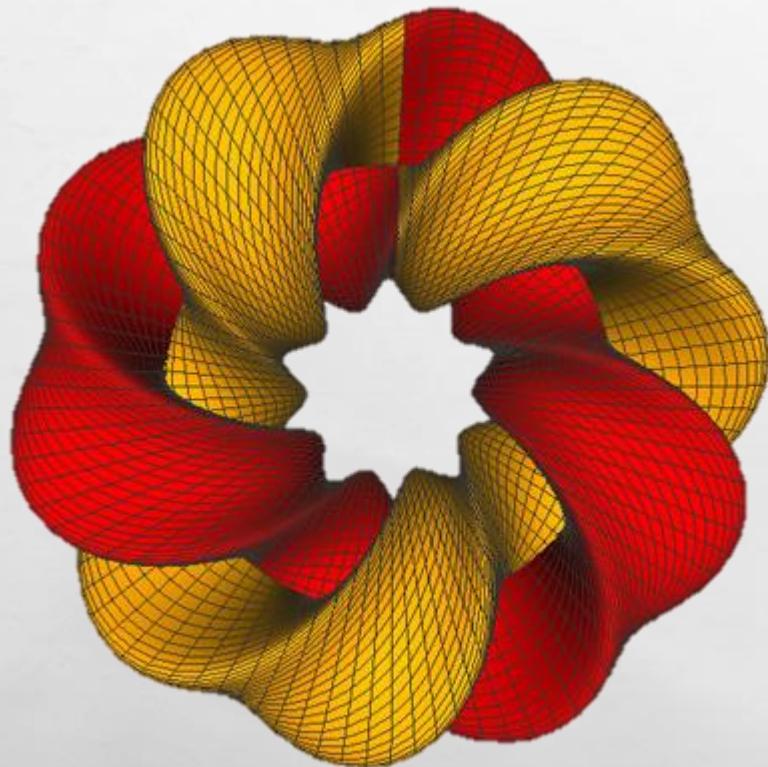
# Woksele

Porównanie z siatkami wielokątów:

- zachowują informację o wewnętrznej strukturze tworzonych brył – ważne podczas analiz danych medycznych
- wymagają dłuższego czasu renderowania
- nieprzydatne, gdy interesuje nas głównie wygląd, zamiast stanu obiektu



# Opisy matematyczne

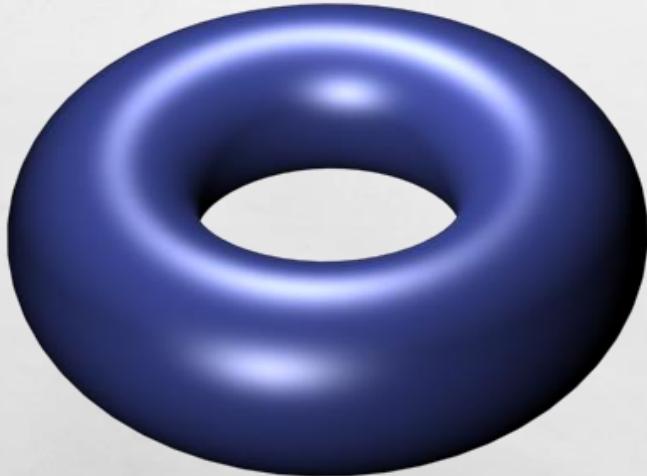


Obiekty reprezentowane przy pomocy równań.

**Zastosowanie:** projektowanie trójwymiarowych modeli w których szczególnie istotna jest precyzja wykonania

# Opisy matematyczne

Porównanie z siatkami wielokątów oraz wokselami:



- najmniejszy koszt przechowania informacji o modelu
- bardziej skomplikowane obiekty wymagają ogromnej wiedzy
- bardzo wysoka precyzja produktu finalnego

# Opisy matematyczne



**Krzywa sklejana** – grupa odcinków zdefiniowanych jako wielomiany niskiego stopnia, która łączy dwa wierzchołki

# Przetwarzanie danych

GŁÓWNIE SIATKI WIELOKĄTÓW

- podstawowe przekształcenia wykonywane na zbiorach danych, czyli *translacja, rotacja oraz skalowanie*
- *cieniowanie i teksturowanie obiektów*
- algorytmy oświetlenia – *śledzenie promieni oraz metoda energetyczna*
- sprzętowe wspomaganie obliczeń w grafice trójwymiarowej; technologie powiązane

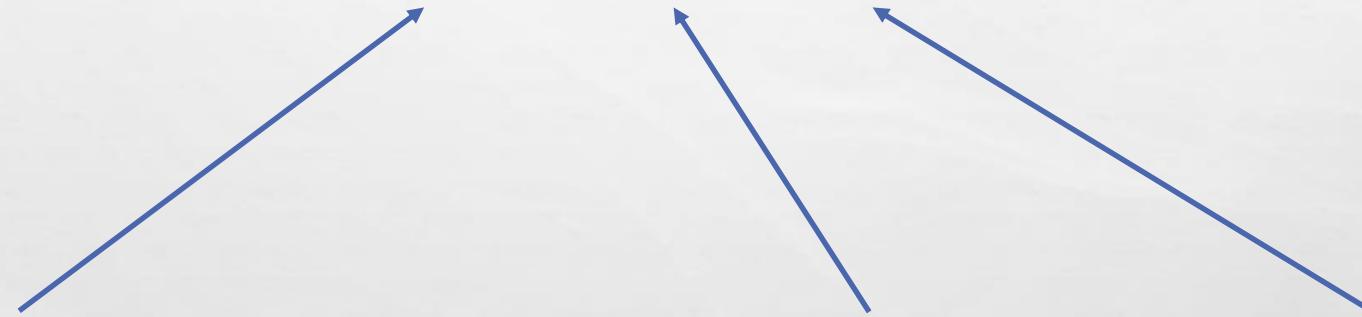
# Współrzędne jednorodne

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = A \cdot X + T = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11}x + a_{12}y + t_x \\ a_{21}x + a_{22}y + t_y \end{bmatrix}$$

Macierz zawierająca skumulowane informacje na temat obrotu, skalowania oraz pochylenia

Współrzędne początkowe

Wektor translacji



# Współrzędne jednorodne

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = A \cdot X + T = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11}x + a_{12}y + t_x \\ a_{21}x + a_{22}y + t_y \end{bmatrix}$$

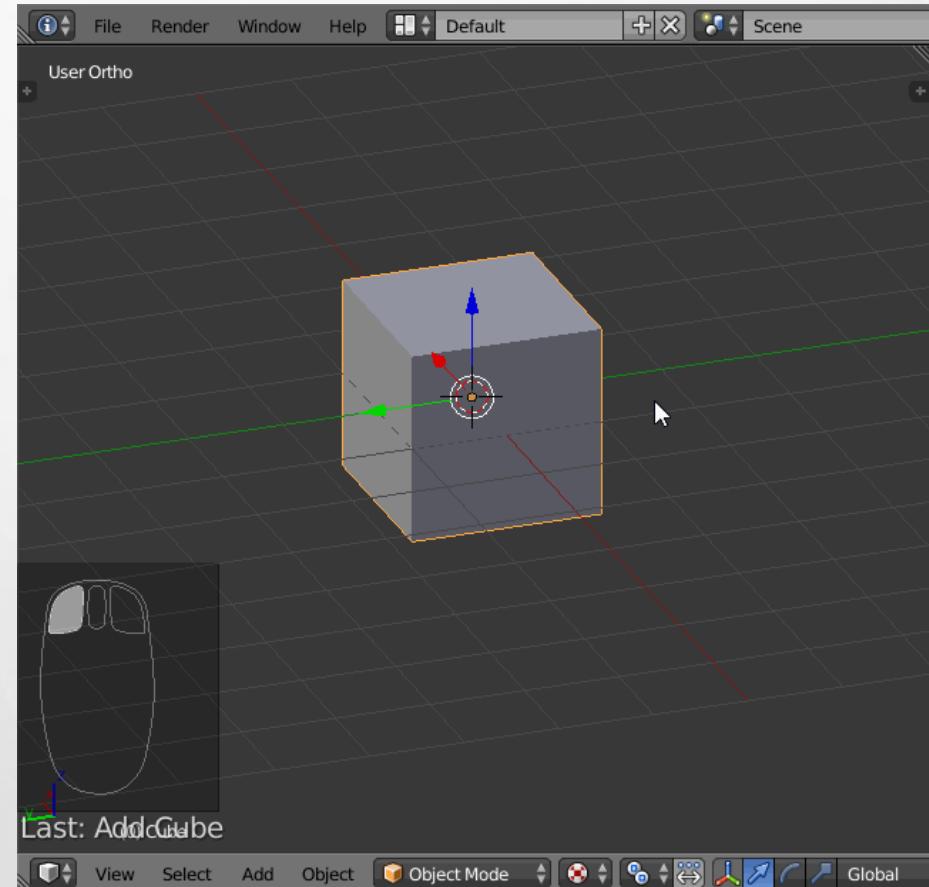


$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ W' \end{bmatrix} = A \cdot X = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & t_x \\ a_{21} & a_{22} & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ W \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11}x + a_{12}y + t_x W \\ a_{21}x + a_{22}y + t_y W \\ W \end{bmatrix}$$

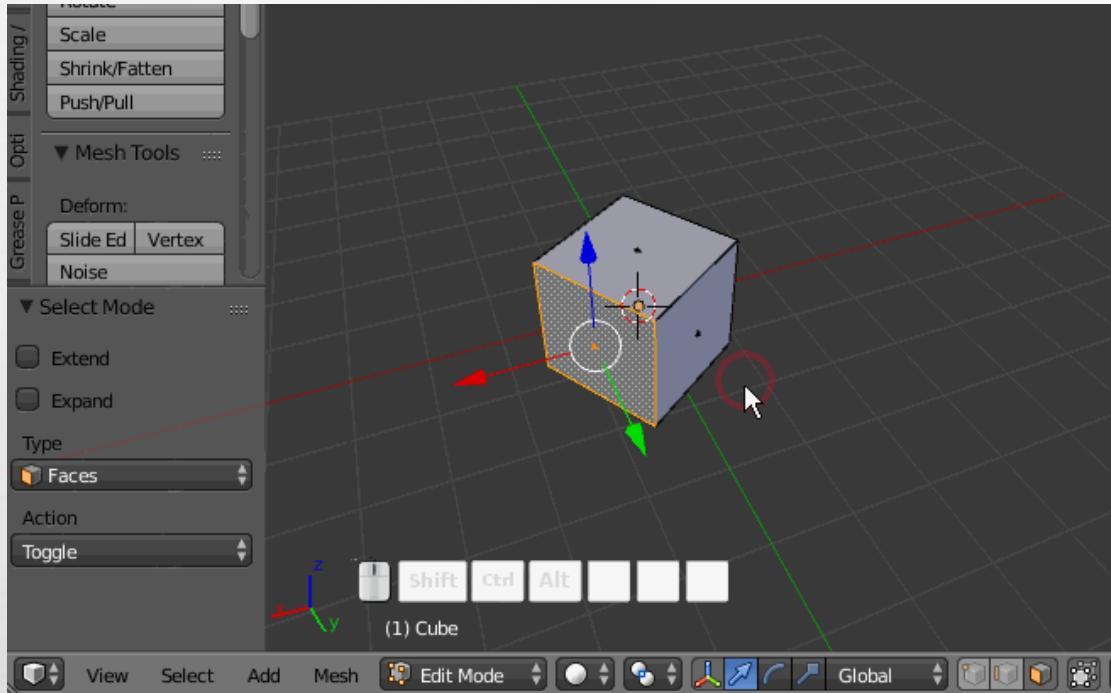
# Translacja

$$T_v \vec{p} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & v_x \\ 0 & 1 & 0 & v_y \\ 0 & 0 & 1 & v_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_x + v_x \\ p_y + v_y \\ p_z + v_z \\ 1 \end{bmatrix} = \vec{p} + \vec{v}$$

Przesunięcie danego wierzchołka (lub ich grupy) o zadany wektor



# Skalowanie



$$S_v \vec{p} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{s} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \\ \frac{1}{s} \end{bmatrix}$$

$$S_v \vec{p} = \begin{bmatrix} v_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & v_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & v_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_x v_x \\ p_y v_y \\ p_z v_z \\ 1 \end{bmatrix}$$

Przemnożenie danego wierzchołka (lub grupy) przez zadany wektor

# Rotacja

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

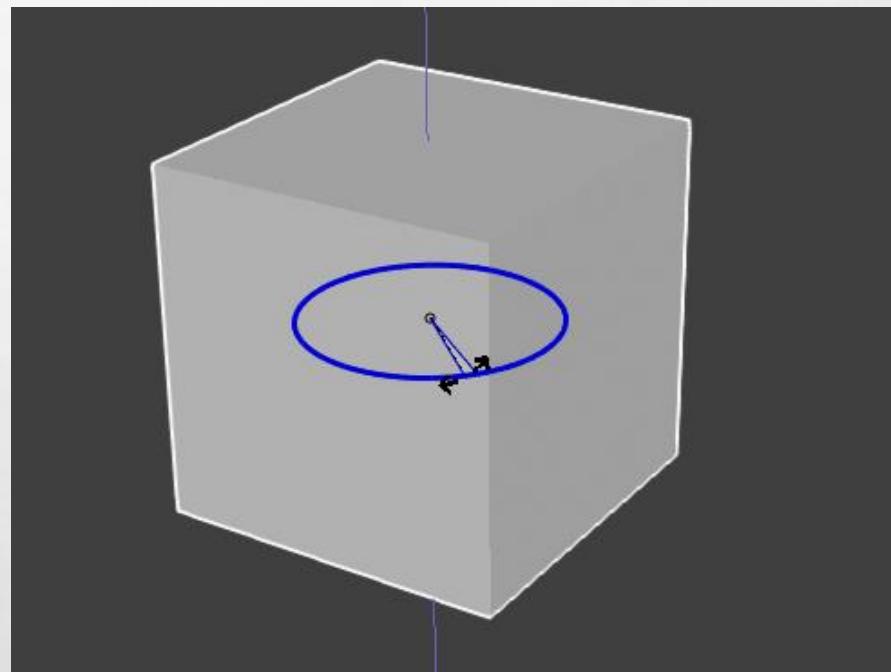
Rotacja wokół  
osi X

$$\begin{bmatrix} \cos \beta & 0 & \sin \beta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin \beta & 0 & \cos \beta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Rotacja wokół  
osi Y

$$\begin{bmatrix} \cos \gamma & -\sin \gamma & 0 & 0 \\ \sin \gamma & \cos \gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

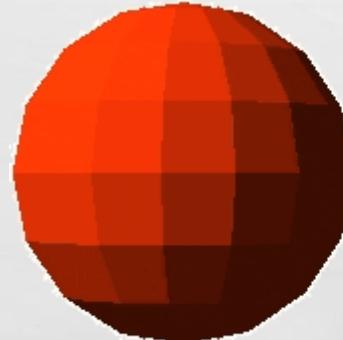
Rotacja wokół  
osi Z



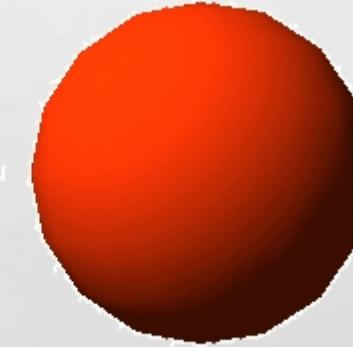
# Cieniowanie

Sposób obliczania barwy pikseli należących do wielokąta w oparciu o informację związaną z jego wierzchołkami

Cieniowanie  
płaskie



Cieniowanie  
Gourauda

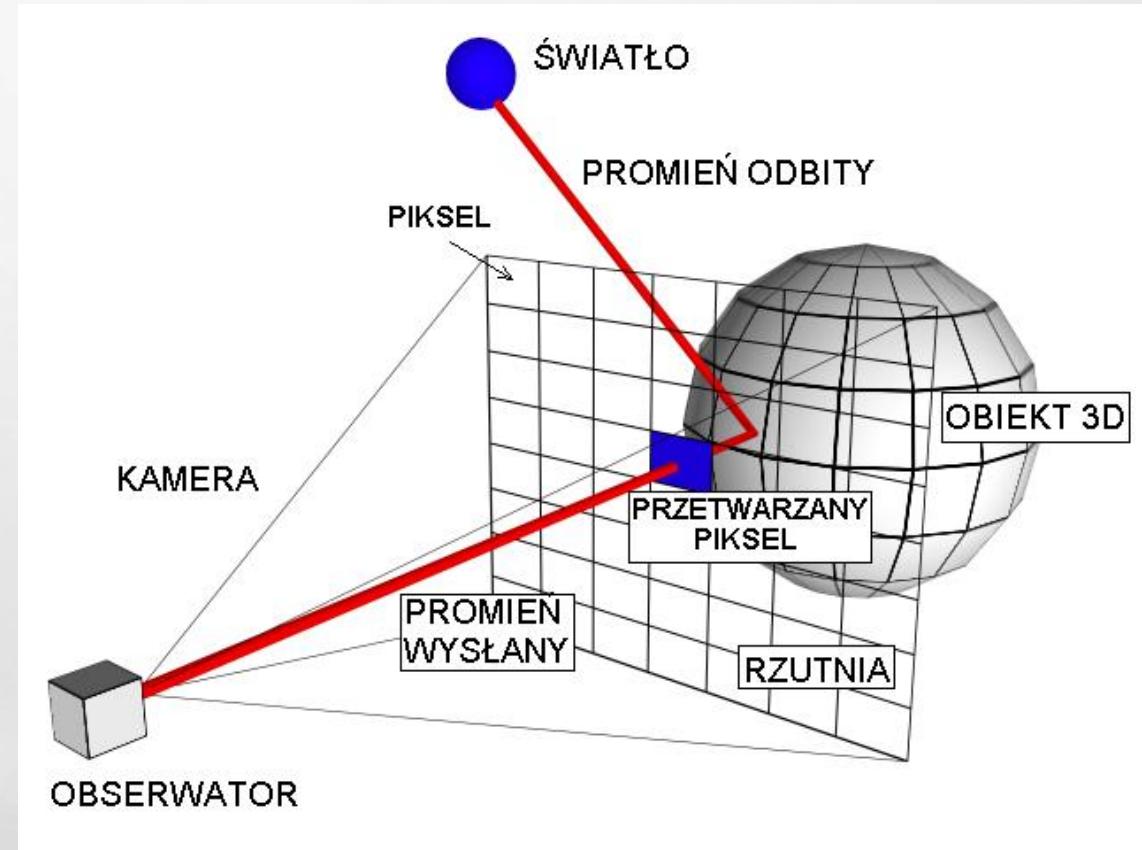


# Algorytmy oświetlenia



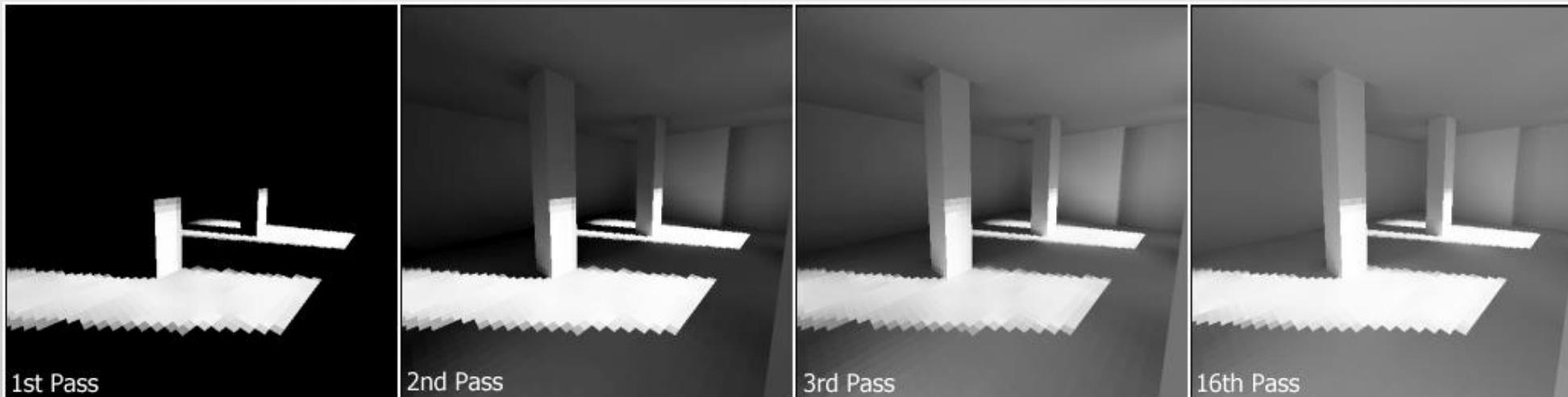
# Metoda śledzenia promieni

1. Wyprowadzanie promieni pierwotnych
2. Wyszukiwanie punktów przecięcia z obiektyami
3. Wyznaczanie jasności dla każdego źródła światła



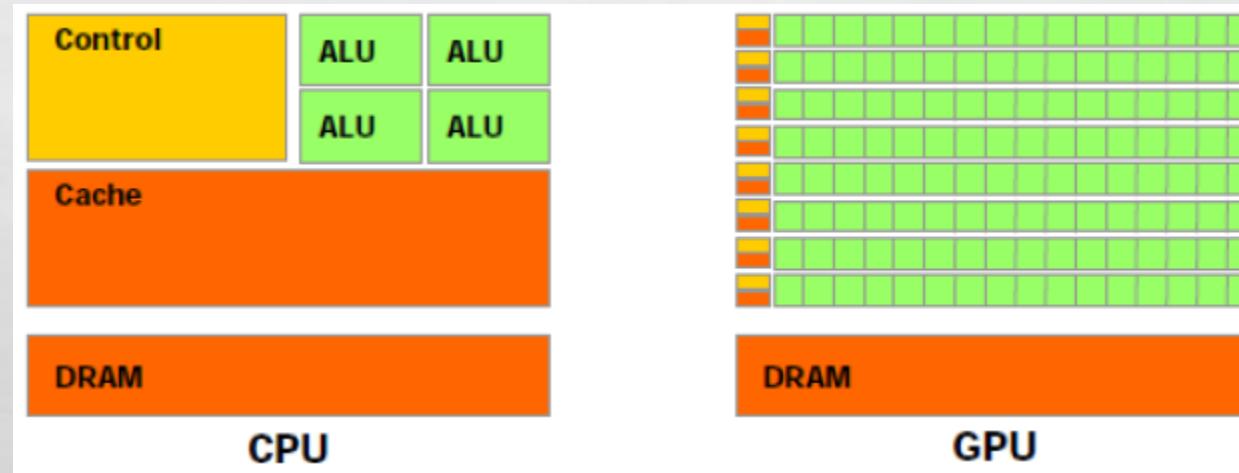
# Metoda energetyczna

1. Teselacja trójkątna bądź czworokątna (elementarne powierzchnie, tzw. płaty)
2. Wyliczanie współczynnika pochłaniania światła



# Sprzętowe wspomaganie przetwarzania danych

GPU przeznacza więcej tranzystorów na przetwarzanie danych niż na sterowanie i pamięć cache



# Sprzętowe wspomaganie przetwarzania danych



# Podsumowanie

1. Reprezentacje danych ✓
2. Przetwarzanie danych ✓
  - 2.1. Przekształcenia ✓
  - 2.2. Cieniowanie ✓
  - 2.3. Algorytmy oświetlenia ✓
3. Sprzętowe wspomaganie przetwarzania danych ✓
4. Podsumowanie
5. Literatura

# Literatura

1. R. Jaworski. *Multimedia i grafika komputerowa*. WSiP, Warszawa 2009.  
ISBN 978-83-02-10771-9
2. G. Sellers, R. Wright, N. Haemel. *OpenGL - księga eksperta VII*. Helion, Gliwice 2016. ISBN 978-83-28-32107-6
3. P. Chlipalski. *Blender - architektura i projektowanie II*. Helion, Gliwice 2018. ISBN 978-83-28-32896-9
4. Slajdy z wykładu dra Jarnickiego oraz Nikodema

# Źródła

- <http://hof.povray.org/images/glasses.jpg>
- <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/bc/Voxels.svg/220px-Voxels.svg.png>
- [https://www.purepc.pl/files/Image/artykul\\_zdjecia/2010/GPU\\_480\\_470\\_5870\\_5850/arto3.jpg](https://www.purepc.pl/files/Image/artykul_zdjecia/2010/GPU_480_470_5870_5850/arto3.jpg)
- <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ec/Torus2.png/200px-Torus2.png>
- <https://www.scratchapixel.com/images/upload/introduction-to-ray-tracing/lightingnoshadow.gif>
- <http://s.hswstatic.com/gif/question484-shading.gif>
- <https://i.stack.imgur.com/c2Meq.gif>