



Techniki druku 3D – przykłady zastosowań

Jan BIS
Marek KRET
Paweł PŁATEK

Laboratorium szybkiego prototypowania



Laboratorium szybkiego prototypowania ...



Dimension SST 1200

Panel sterujący

Zbiornik do wypłukiwania struktury podporowej

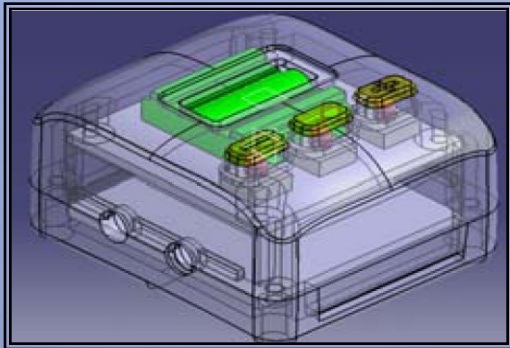
Kaseta z materiałem modelowym

Kaseta z materiałem podporowym



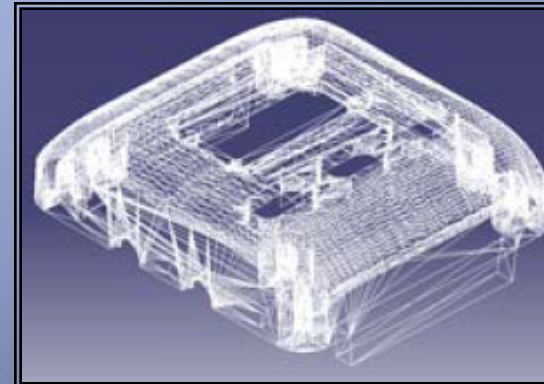
Przestrzeń robocza: 254 x 254 x 305 mm
Grubości warstw: 0,245 i 0,33 mm
Rodzaj podpory: SST – rozpuszczalna

Istota procesu szybkiego prototypowania



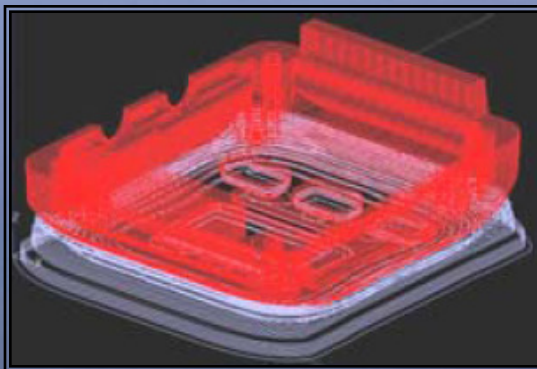
Model 3D CAD

CAD → STL



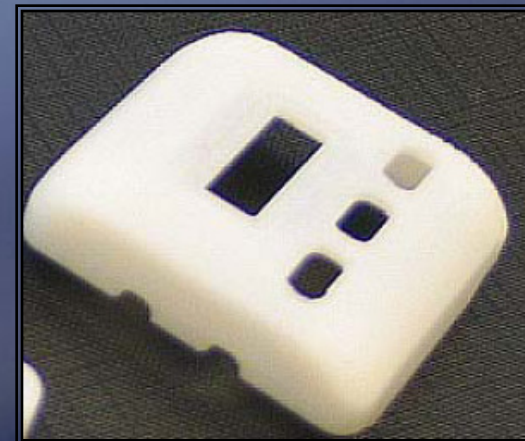
Model w formacie STL

STL → 2D
przekroje



Model podzielony na dwuwymiarowe przekroje

Budowa

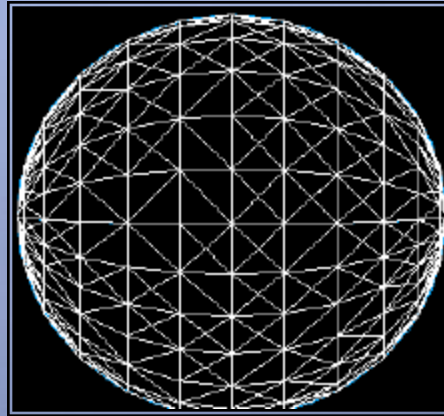


Wykończony i wyczyszczony model

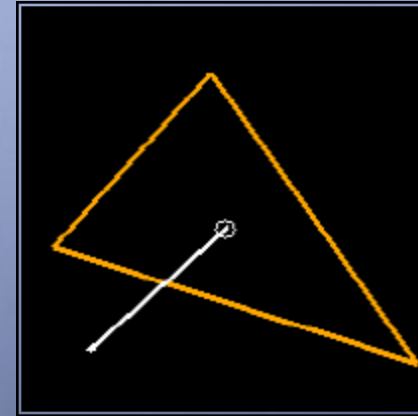
Format STL



Model 3D



Model po triangulacji

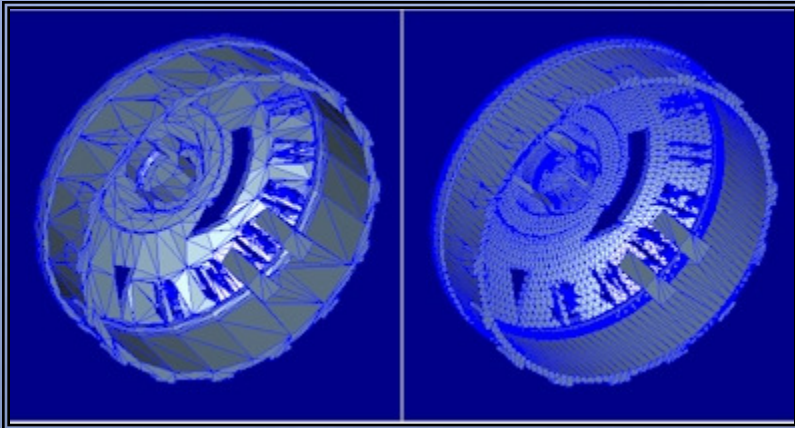


**Pojedynczy trójkąt
i wektor normalny**

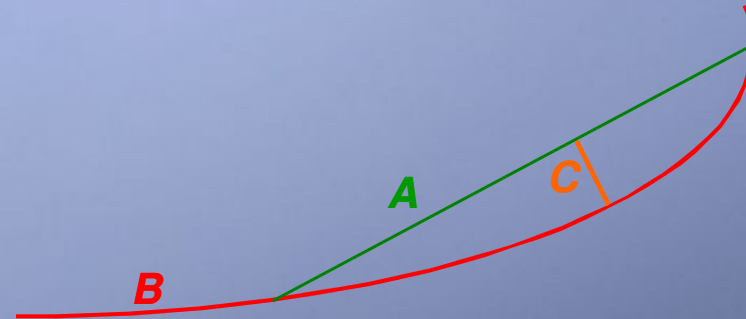
- STL = stereolithography
- format rozwinięty przez 3D Systems
- nieformalny standard dla RP

STL - standardowy format wymiany danych w dziedzinach przemysłu związanych z Szybkim Prototypowaniem, wymagany przy pracy z maszynami stereolitograficznymi (...).

Format STL ...



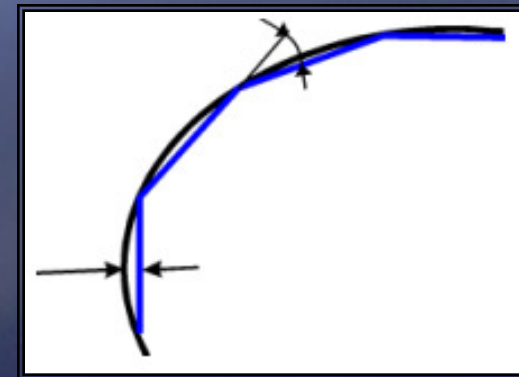
Wpływ tolerancji na jakość odwzorowania powierzchni



A – powierzchnia po triangulacji
B – powierzchnia wejściowa
C - tolerancja

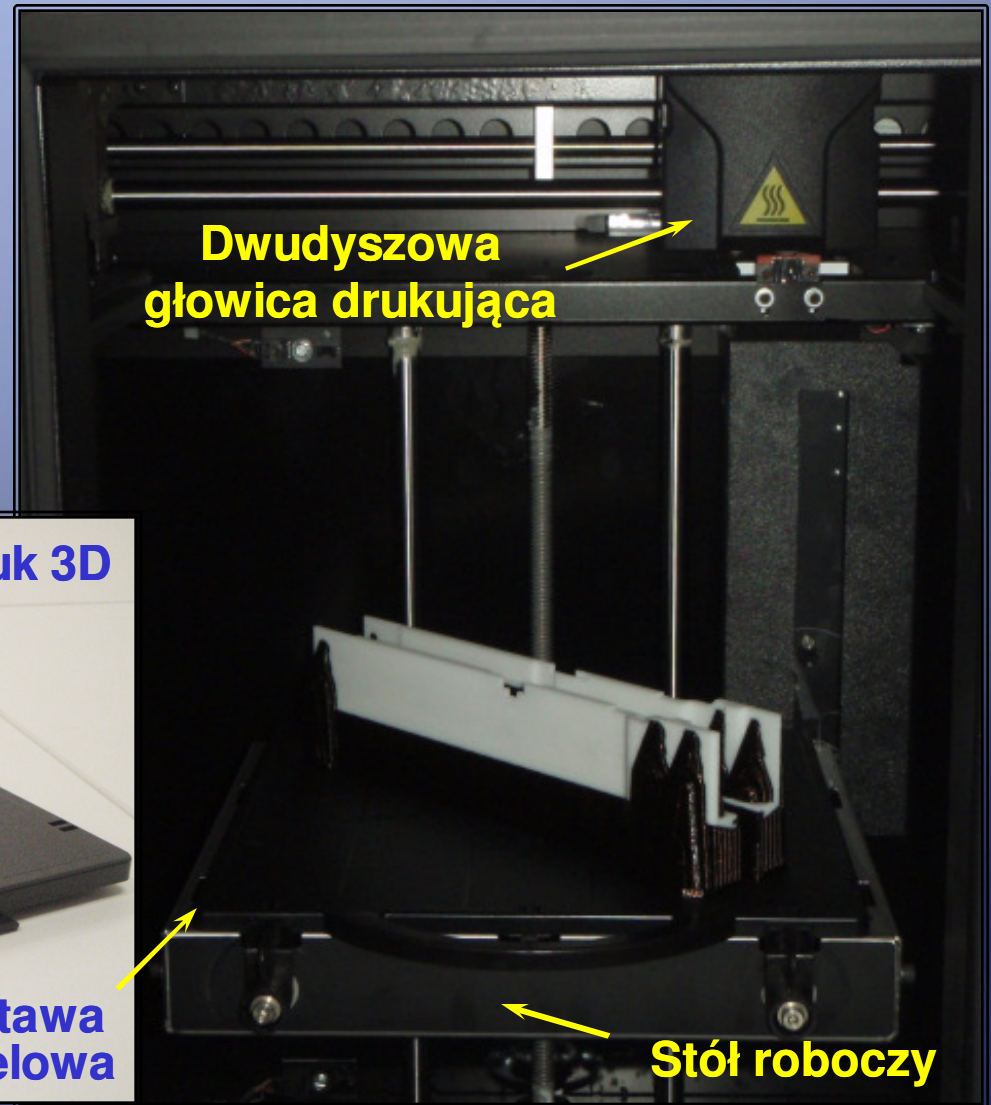
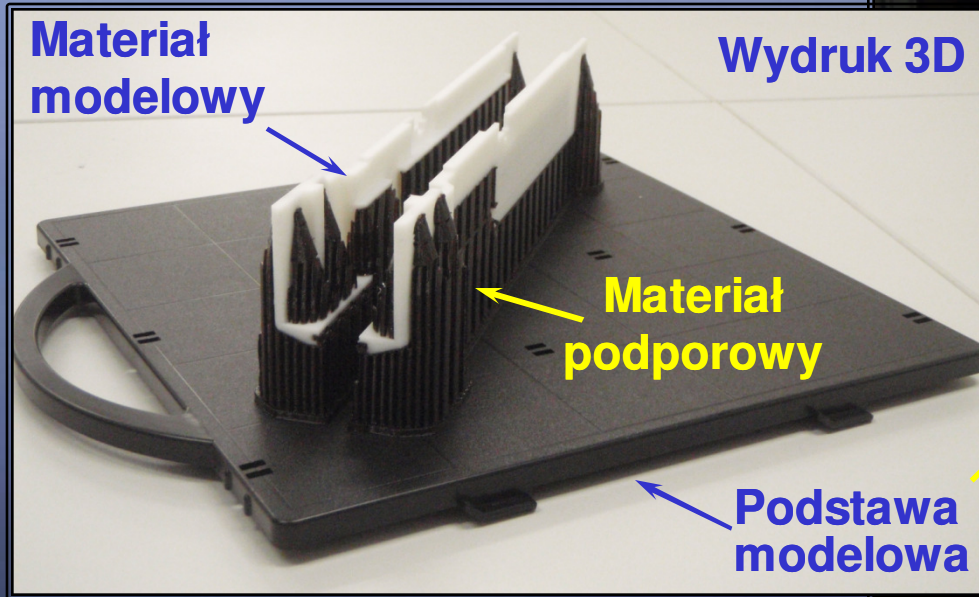
```
...  
facet normal 7.060325e-001 -7.060338e-001 -5.508592e-002  
  outer loop  
    vertex -1.924657e+001 -3.877589e+000 -3.000000e+000  
    vertex -1.919848e+001 -3.855762e+000 -2.663359e+000  
    vertex -1.936898e+001 -4.000000e+000 -3.000000e+000  
  endloop  
endfacet  
...
```

Przykład pliku STL w formacie ASCII

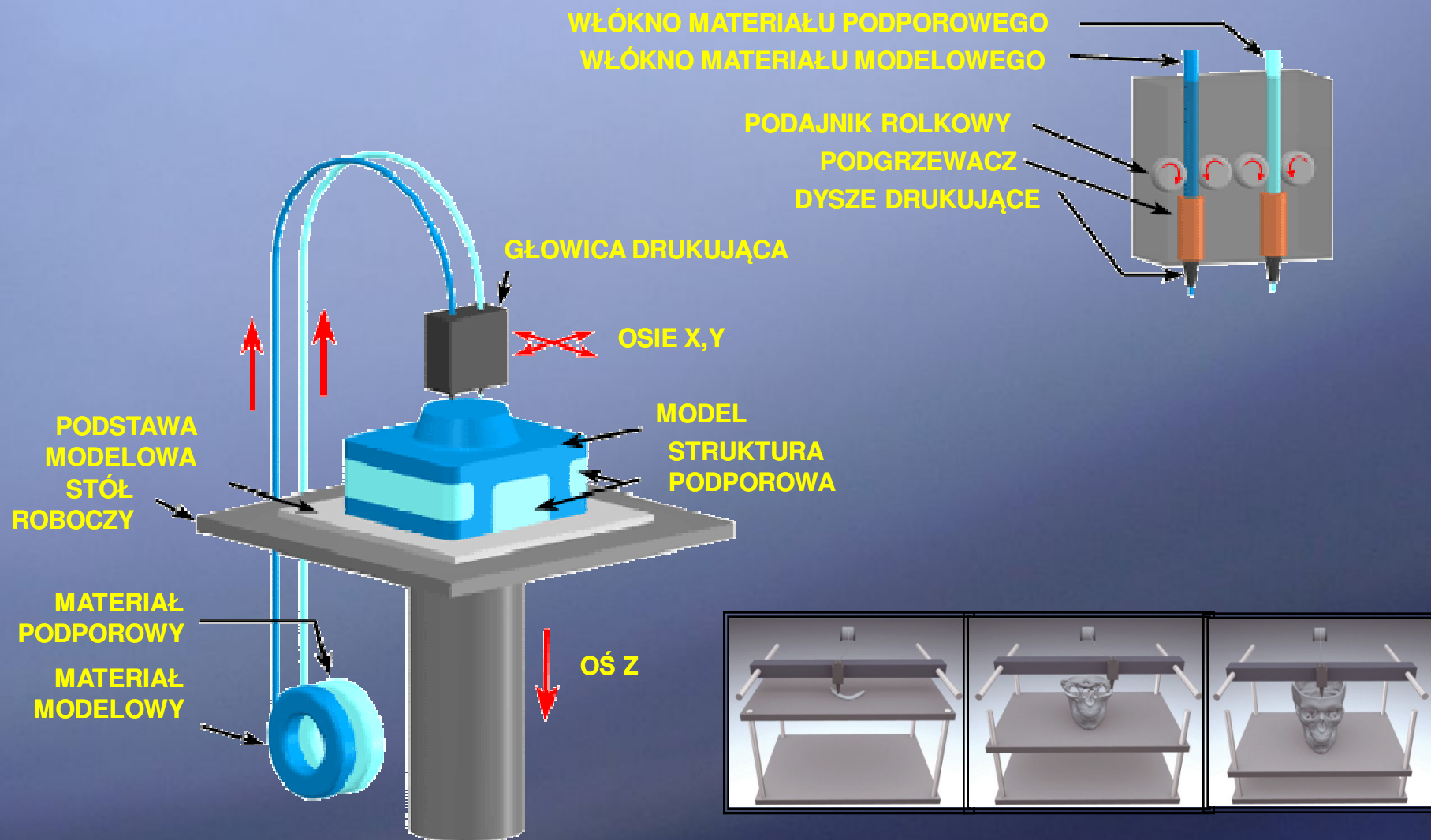


Istota druku 3D – metoda FDM

- Metoda FDM (Fused Deposition Modelling) polega na warstwowym nakładaniu przez dwudyszową głowicę, rozpuszczonego materiału modelowego (ABS) i podporowego
- Nanoszony materiał warstwa po warstwie odwzorowuje geometrię modelu



Jak działa urządzenie FDM



Od modelu 3D do obiektu rzeczywistego

General Orientation Pack Printer Status Printer Services

dimension.

Name: **printer01 (Dimension BST 1200)** Manage 3D Printers...

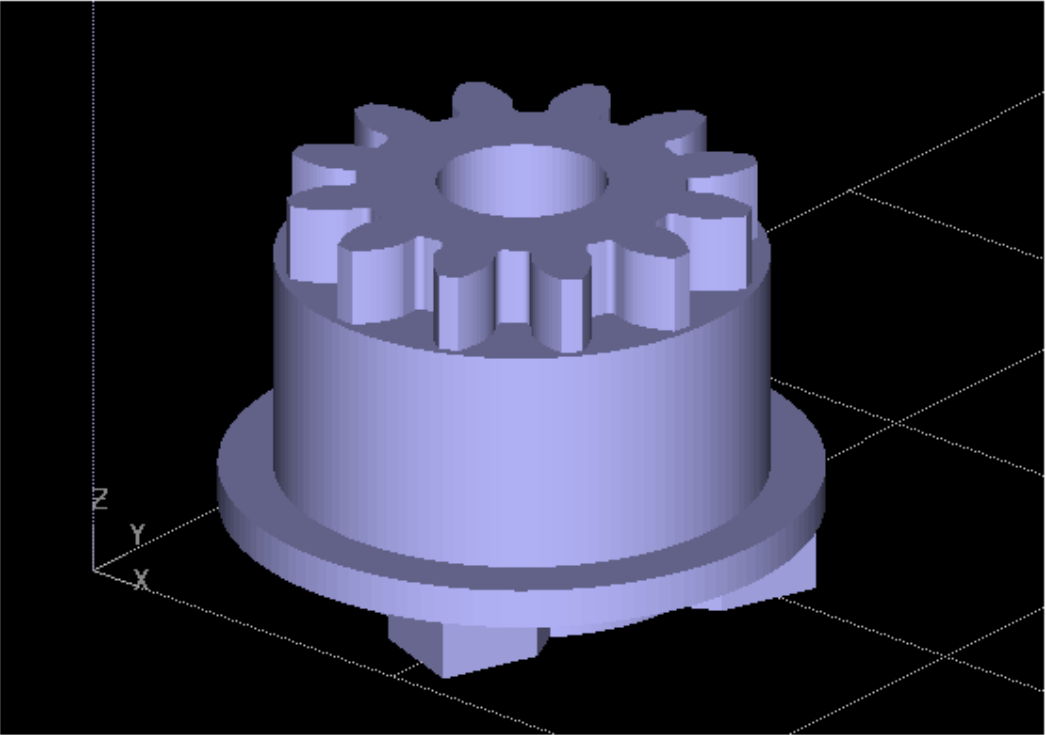
Status: **Disconnected**

Elapsed time:

Time remaining:

Material: **Model:** **Support:**

Parametryzacja procesu druku 3D



STL Size (mm) X: 39.4 Y: 39.4 Z: 26.8

Properties

Layer resolution: **0.2540**

Model interior: **Solid - normal**

Support fill: **Sparse**

Number of copies: **1**

STL units: **millimeters**


STL scale: **1.0**

Od modelu 3D do obiektu rzeczywistego ...

General Orientation Pack Printer Status Printer Services

dimension

Określenie położenia modelu w przestrzeni roboczej maszyny



The image shows a 3D model of a gear-like part with a central hole and a base, positioned within a 3D coordinate system. The axes are labeled X, Y, and Z. The model is rendered in a light blue color. A small inset in the top right corner shows a 3D coordinate system with axes X, Y, and Z.

Auto Orient

Option: A B C

Orient Selected Surface:

Bottom

Top

Front

Degrees: ▾

Rotate: X Y Z

STL scale:

Top View **Front View**

Iso View **Right View**

Undo STL Orientation

Restore STL Orientation

STL Size (mm) X: 39.4 Y: 39.4 Z: 26.8

Od modelu 3D do obiektu rzeczywistego ...

General Orientation Pack Printer Status Printer Services

dimension.

Materiał modelowy

Materiał podporowy

Layer View:

Top Step Up

Bottom Step Down

All

Top View Front View

Iso View Right View

Undo STL Orientation

Restore STL Orientation

Podział modelu na 2D przekroje poprzeczne

STL Size (mm) X: 39.4 Y: 39.4 Z: 26.8

Od modelu 3D do obiektu rzeczywistego ...

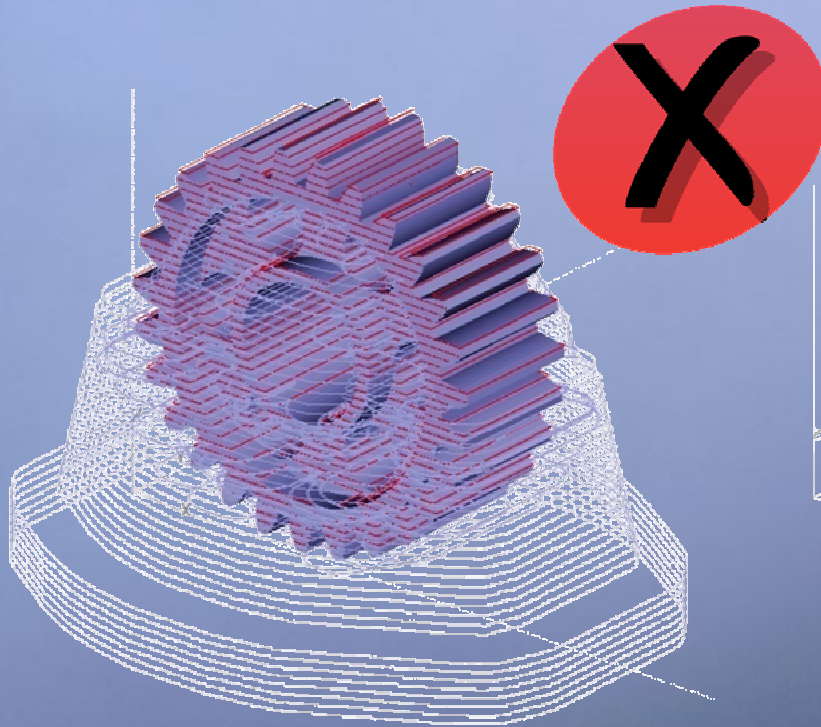
The screenshot displays the 'Pack' tab of the Dimension software interface. At the top, there are tabs for 'General', 'Orientation', 'Pack', 'Printer Status', and 'Printer Services'. The 'dimension.' logo is visible in the top left. Below the logo, the printer's name is 'printer01' and its status is 'Disconnected'. The 'Build Estimates' section on the right shows: Model Material: 17.13 cm³, Support Material: 2.77 cm³, and Time: 1:20. The 'Pack List' section shows a table with one item: ID 1, Name GEAR. A blue arrow points from the 'GEAR' text in the 'Pack List' to the gear model in the 'Preview' area. Another blue arrow points from the gear model to the text 'Określenie położenia na stole roboczym'. The 'Preview' area is a grid with a blue circle labeled '1' in the center. To the right of the grid are buttons for 'Allow Nesting' (unchecked), 'Insert CMB', 'Copy', 'Remove', 'Rotate', 'Clear Pack', and 'Save As'. The 'Pack List' table is as follows:

ID	Name
1	GEAR

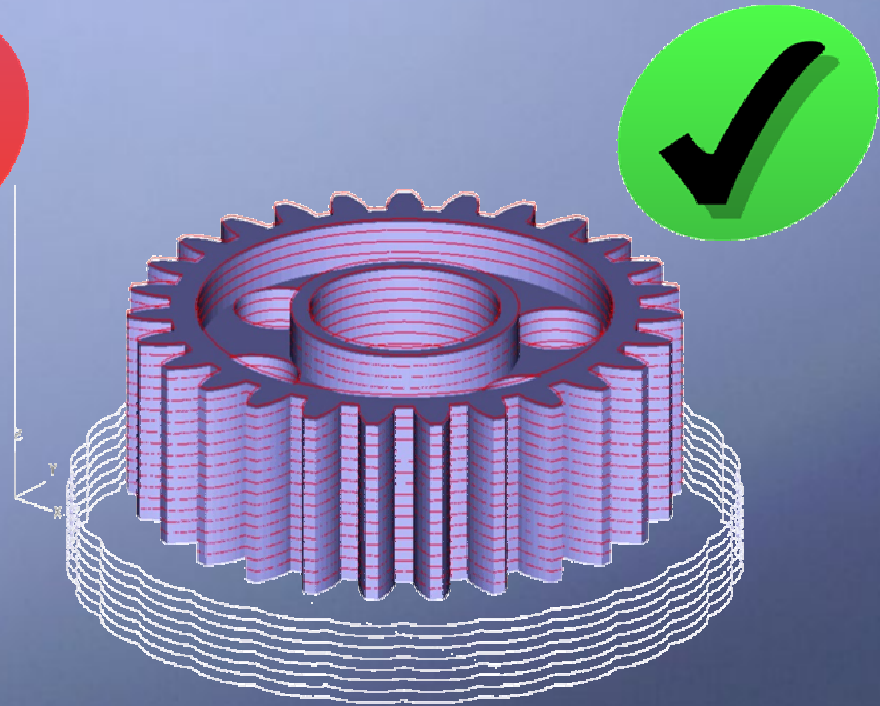
Określenie położenia na stole roboczym

Analiza czasu druku i ilości zużytego materiału

Kilka spostrzeżeń

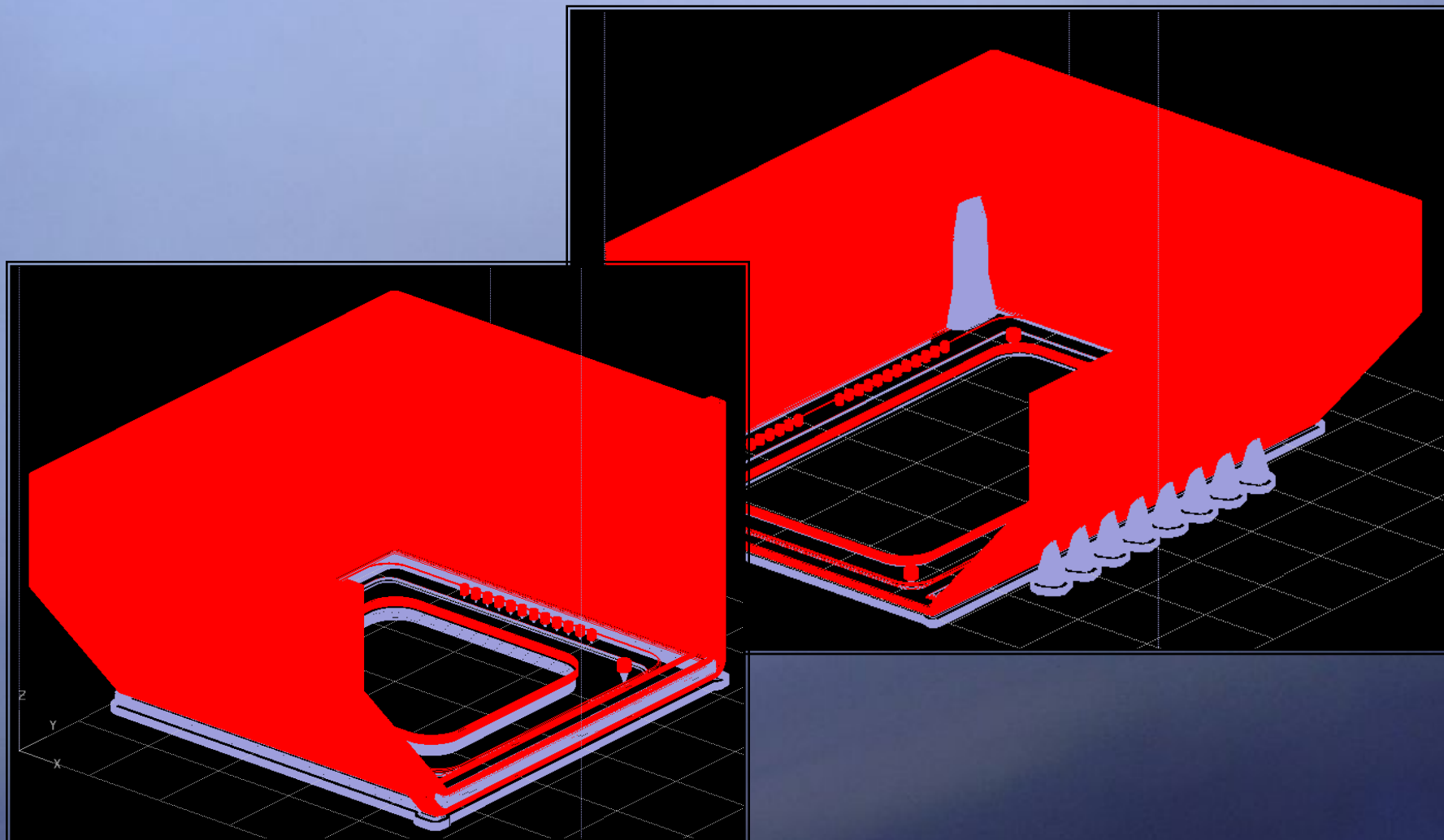


- kiepskie wykończenie powierzchni,
- niewielka wytrzymałość podczas pracy,
- duża ilość materiału podporowego,
- dłuższy czas druku,
- wyższy koszt wydruku



- + lepsze wykończenie powierzchni,
- + większa wytrzymałość podczas pracy,
- + niewielka ilość materiału podporowego.
- + krótszy czas druku
- + niższy koszt wydruku

Kilka spostrzeżeń ...

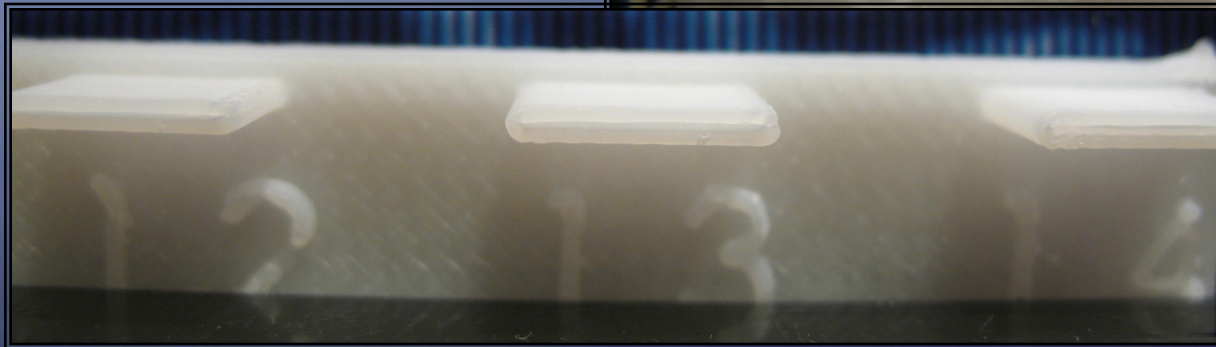
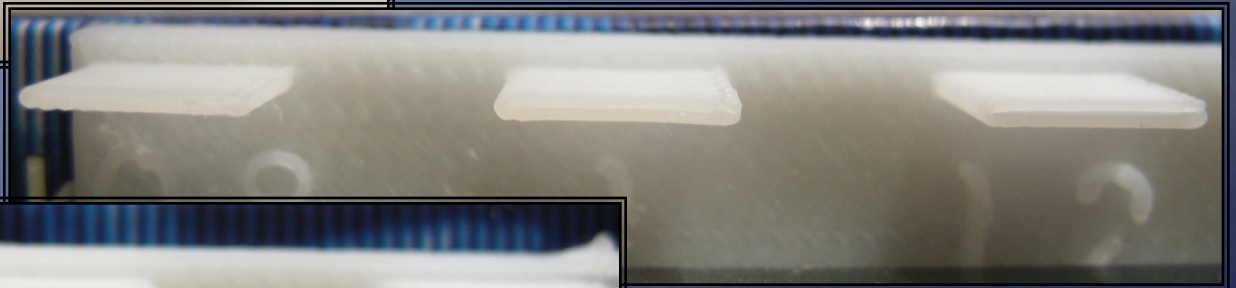
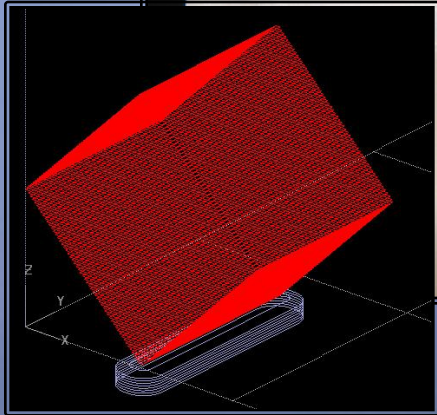
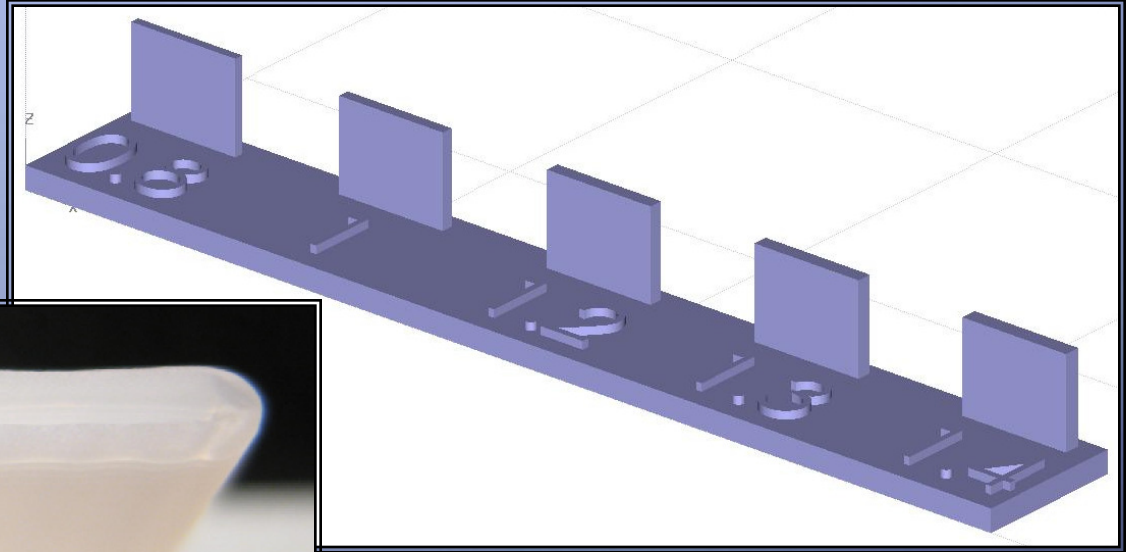
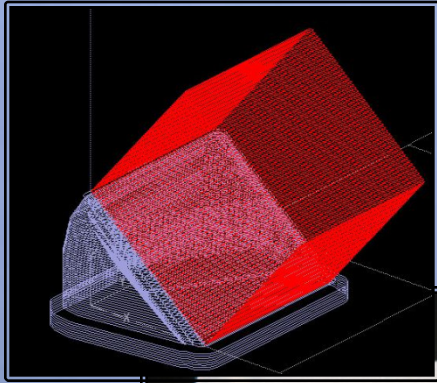


Min. grubość ścianki: 0,6mm

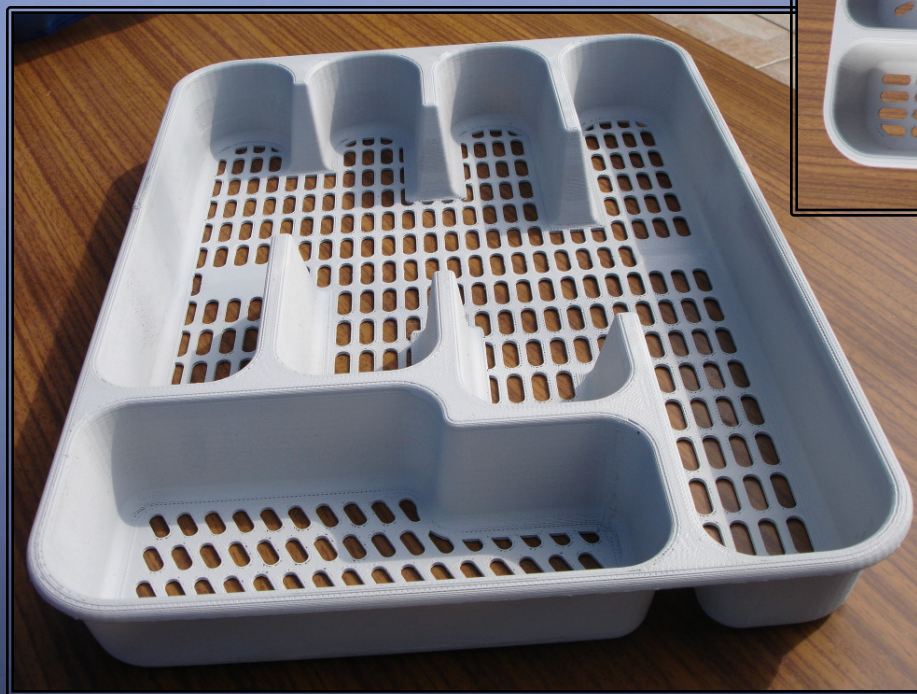
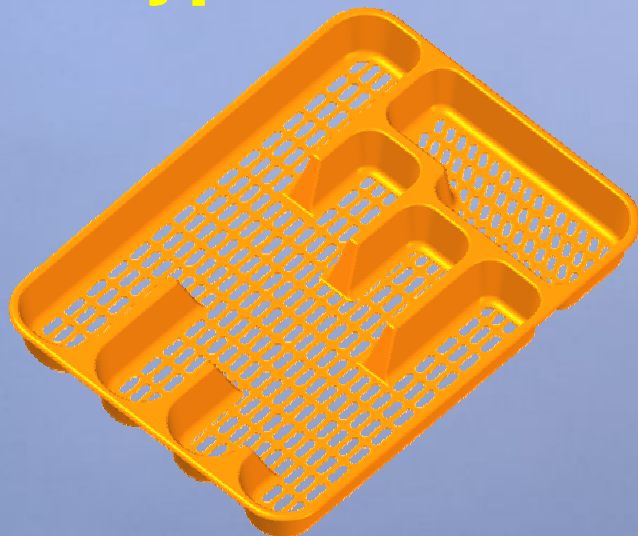
Możliwe obróbki: klejenie, malowanie, szlifowanie, wiercenie, galwanizacja

Min. średnica okręgu: 0,75mm

Kilka spostrzeżeń ...

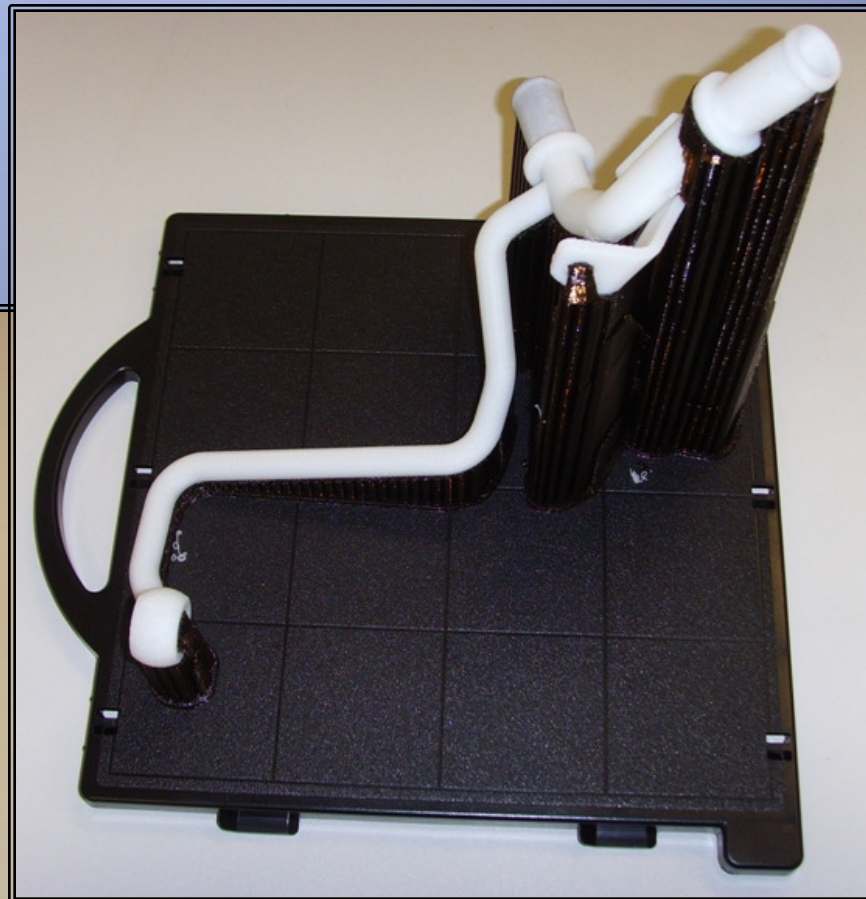
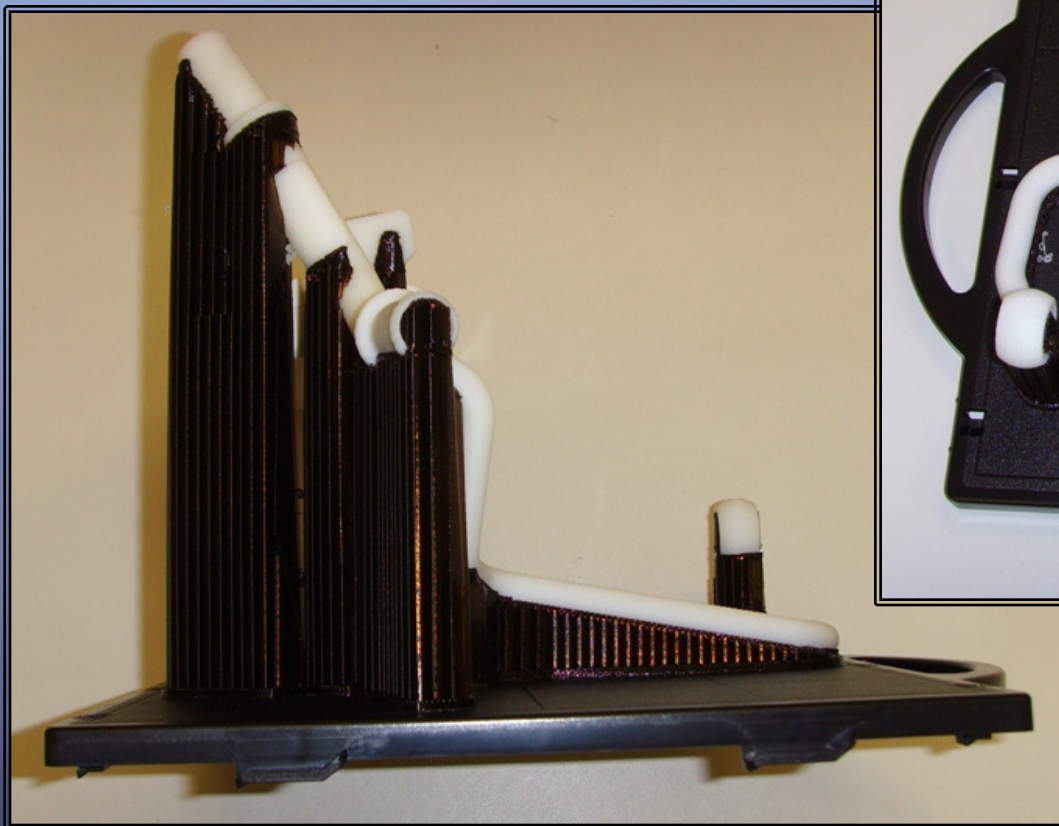


Prototyp wkładu na sztućce

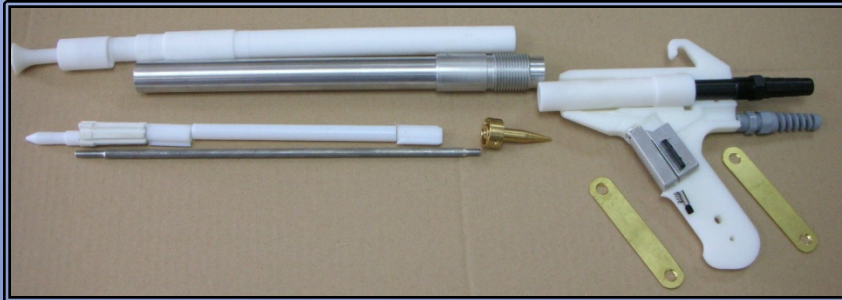


Czas druku: ~ 26 h
Ilość zużytego materiału:
- modelowego ~ 180 g
- podporowego ~ 270 g

Przewód hydrauliczny

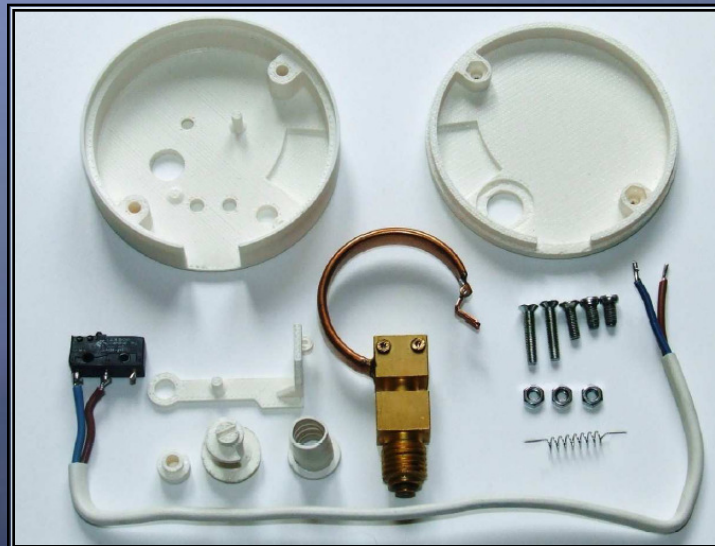
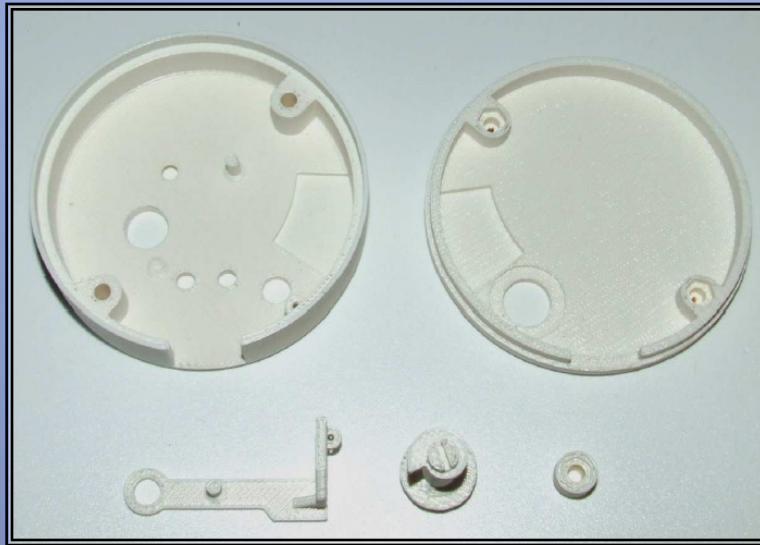


Prototyp obudowy pistoletu do malowania Proszkowego (dla firmy Adal)

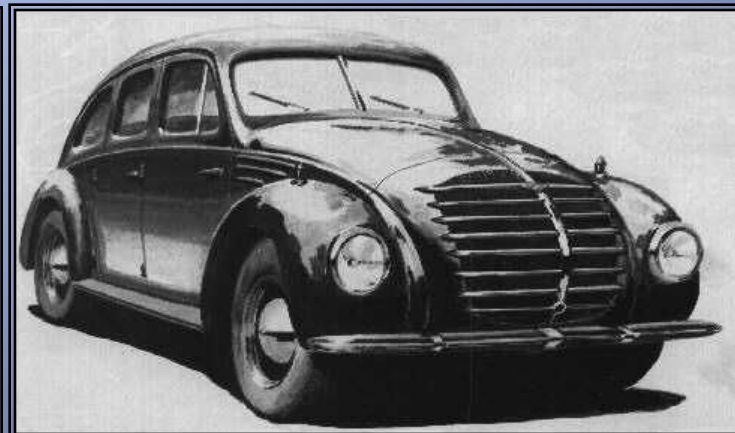


Czas druku: ~ 5h 30 min
Ilość zużytego materiału:
- modelowego ~ 160 g
- podporowego ~ 40 g

Prototyp czujnika pomiarowego (dla firmy Danfoss)

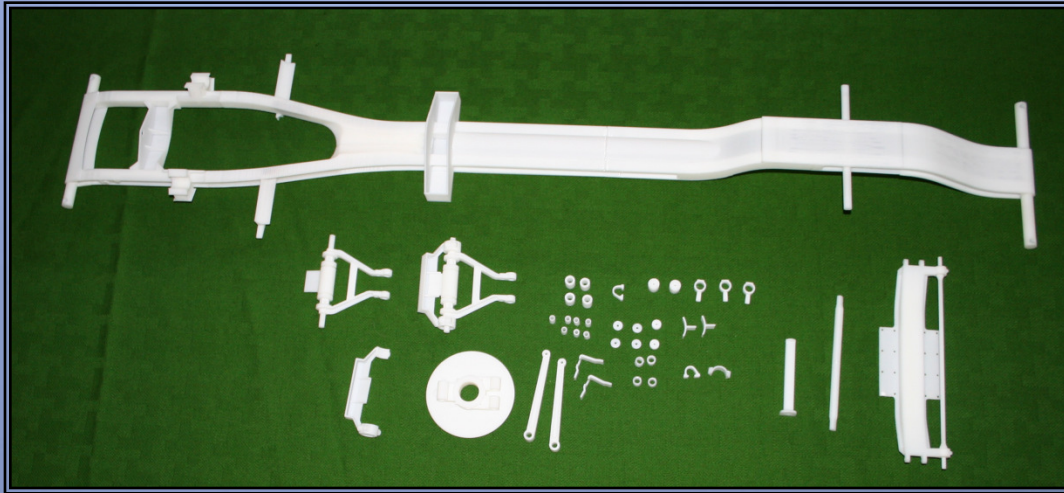


Makieta podwozia limuzyny PZInż 403

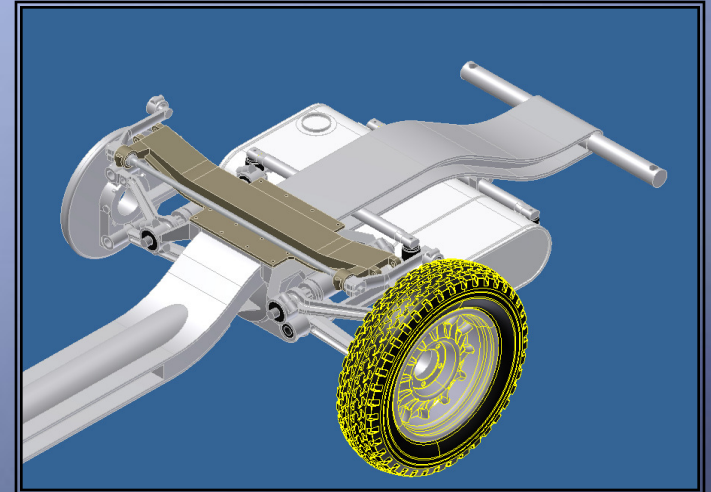


**Podwozie prototypu samochodu
osobowego PZInż 403
Lux Sport z 1936r.**

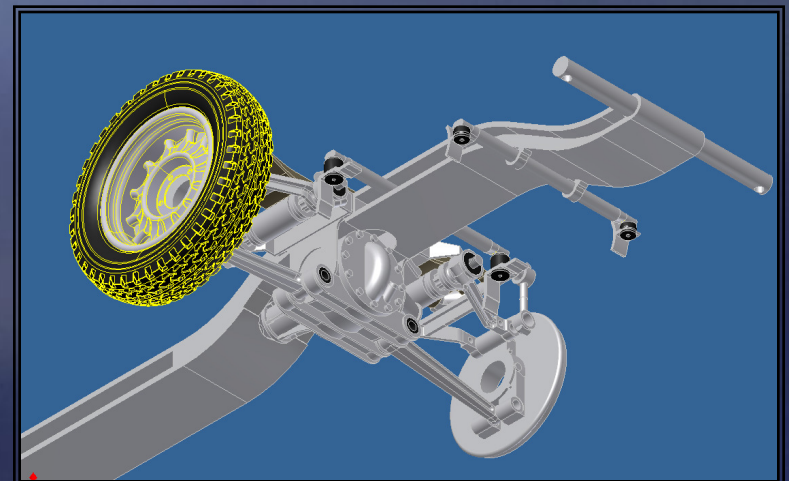
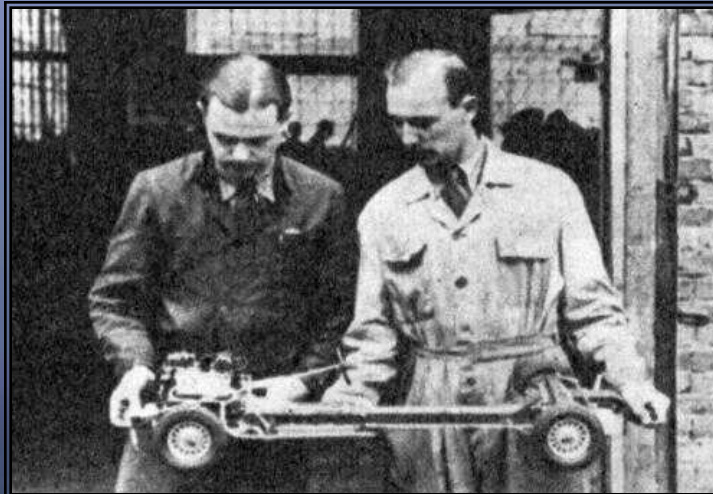
Makieta podwozia limuzyny PZInż 403



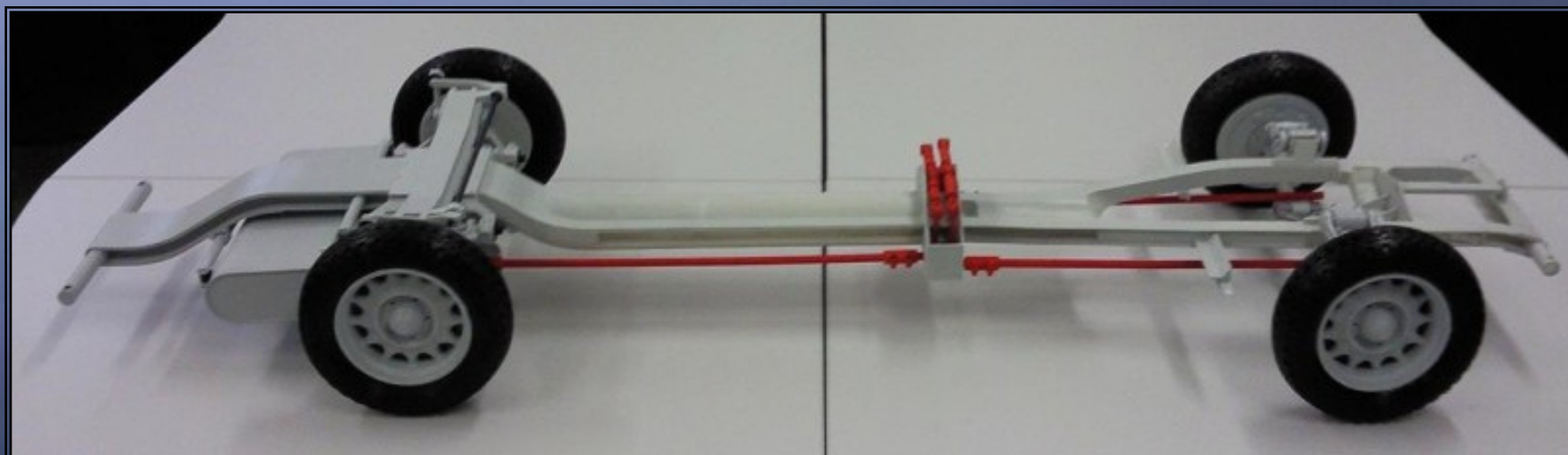
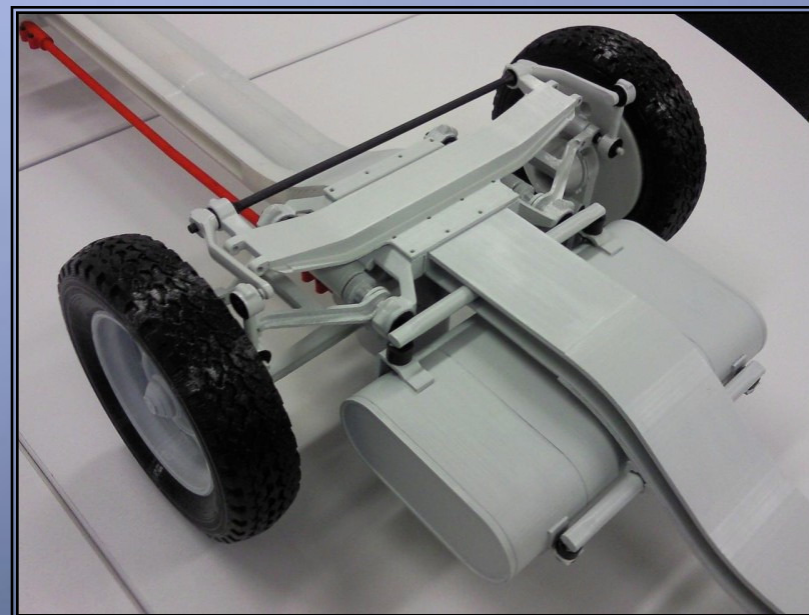
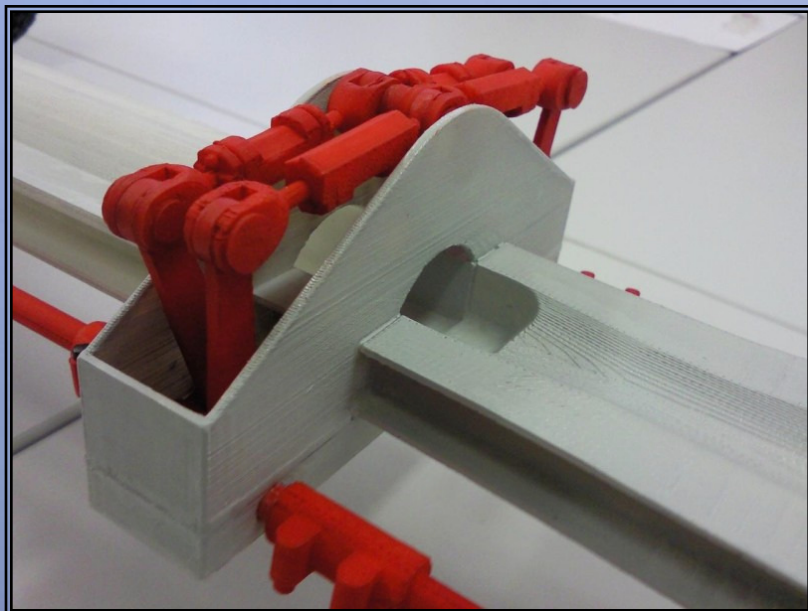
Widok ogólny budowanej makiety podwozia



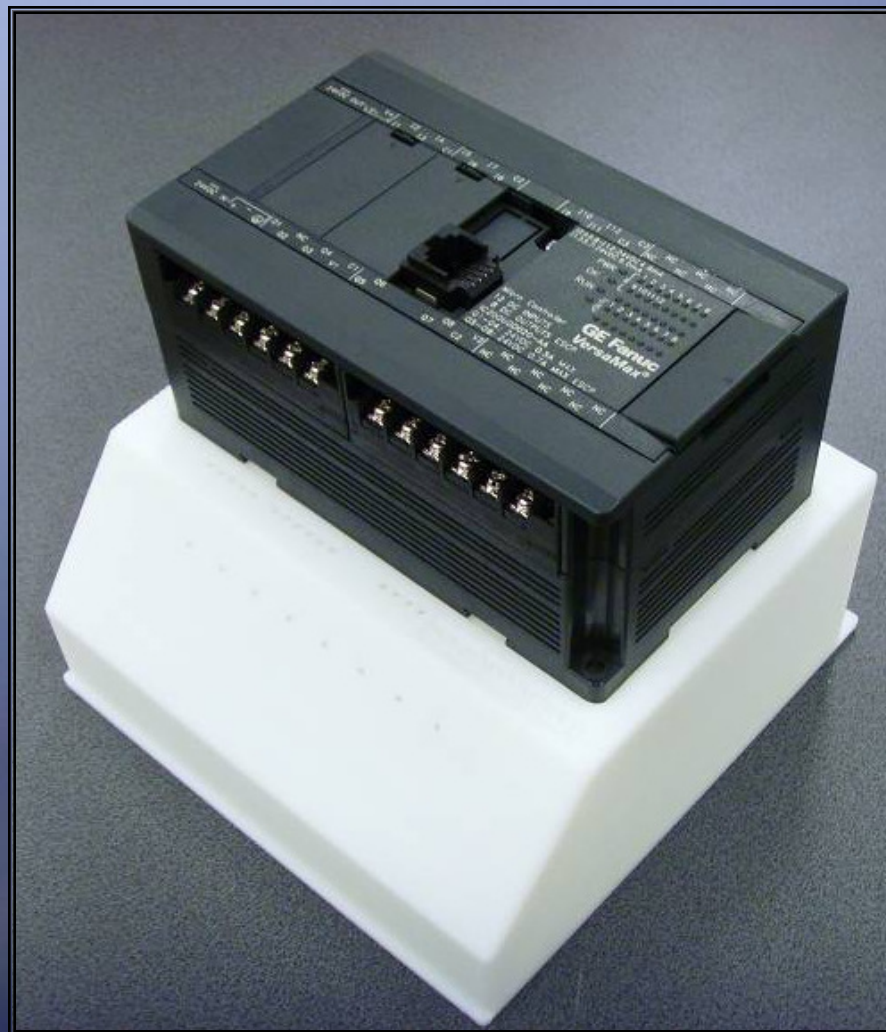
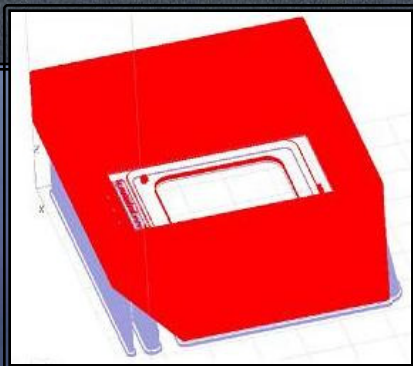
Model 3D geometrii podwozia



Makieta podwozia limuzyny PZInż 403



Prototyp obudowy pulpitu symulatora sterownika PLC (dla firmy Brebistom)



Prototyp obudowy pulpitu symulatora sterownika PLC (dla firmy Brebistom) ...

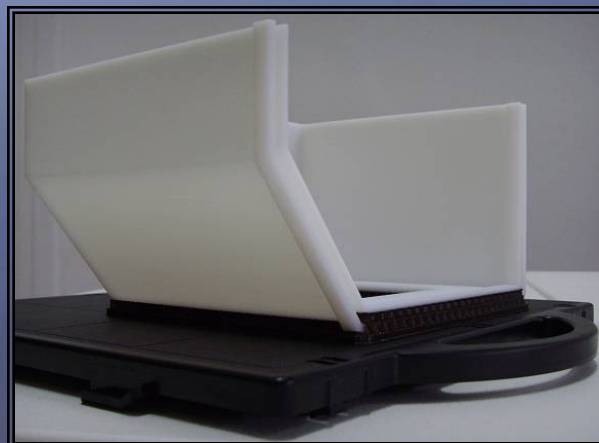


Czas druku: ~ 12 h

Ilość zużytego materiału:

- modelowego ~ 320 g

- podporowego ~ 65 g



Rekonstrukcja kabiny samochodu Ciężarowego marki Tatra



Czas druku: ~ 46 h

Ilość zużytego materiału:

- modelowego ~ 610 g

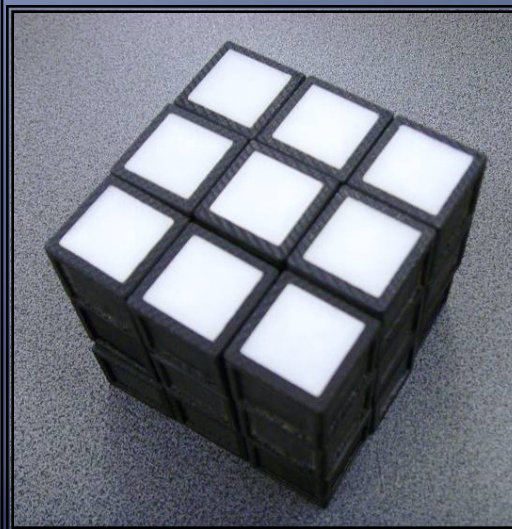
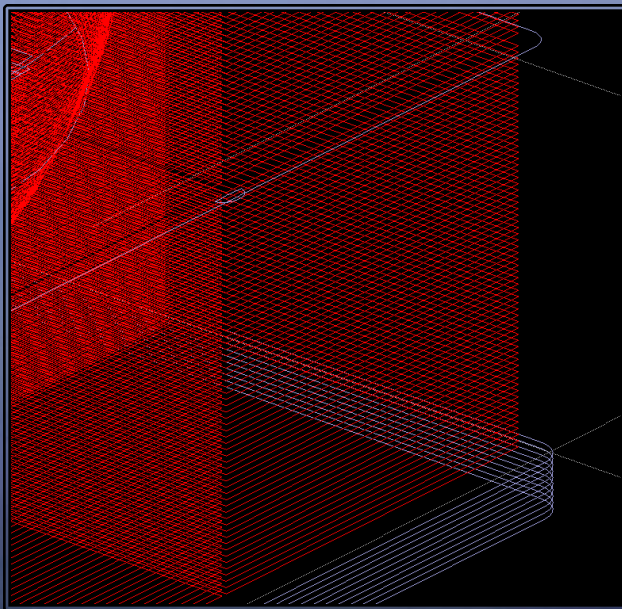
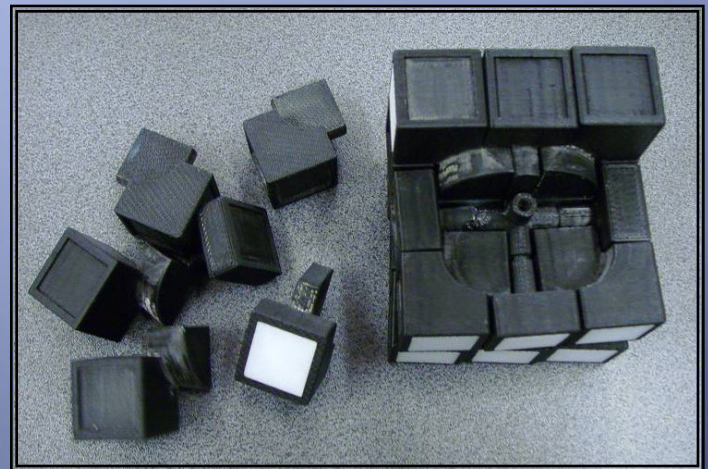
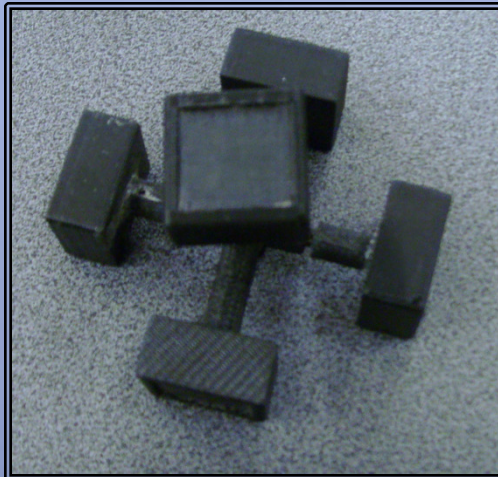
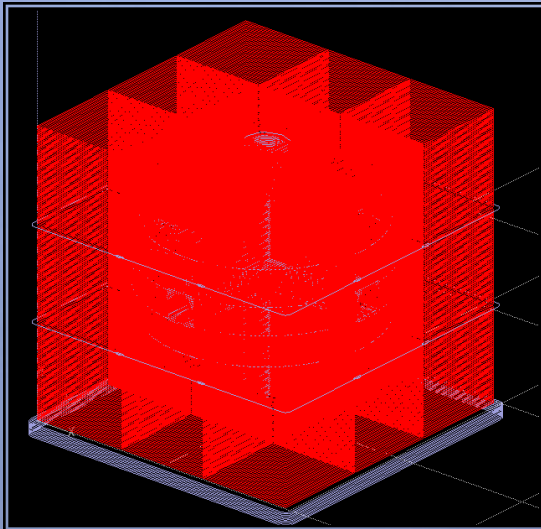
- podporowego ~ 294 g



Forma do termoformowania blistrów



Inne modele prototypowe



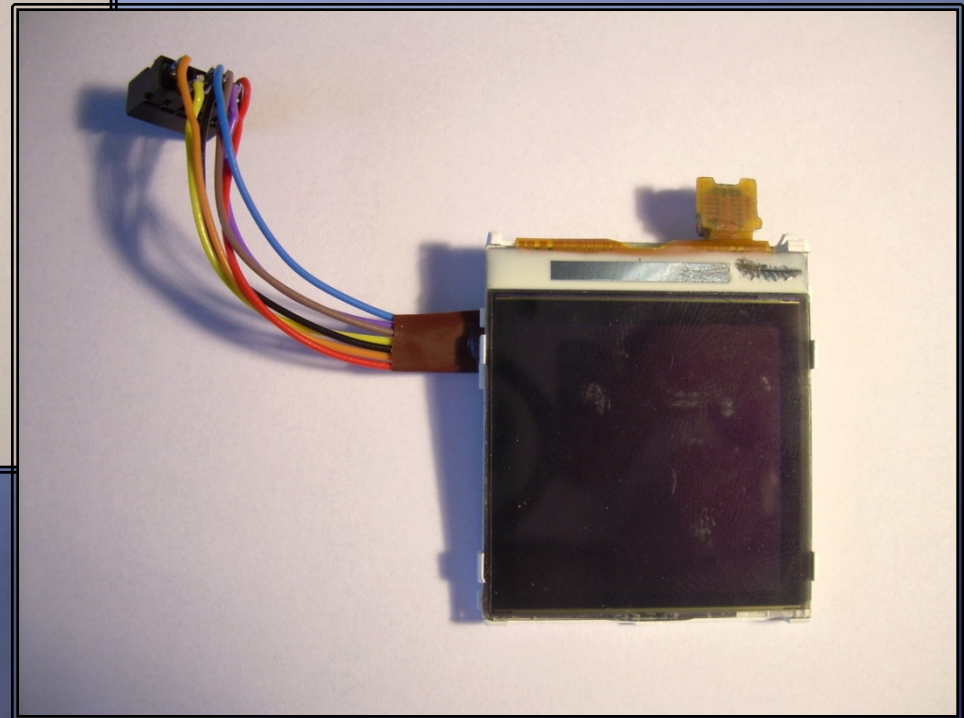
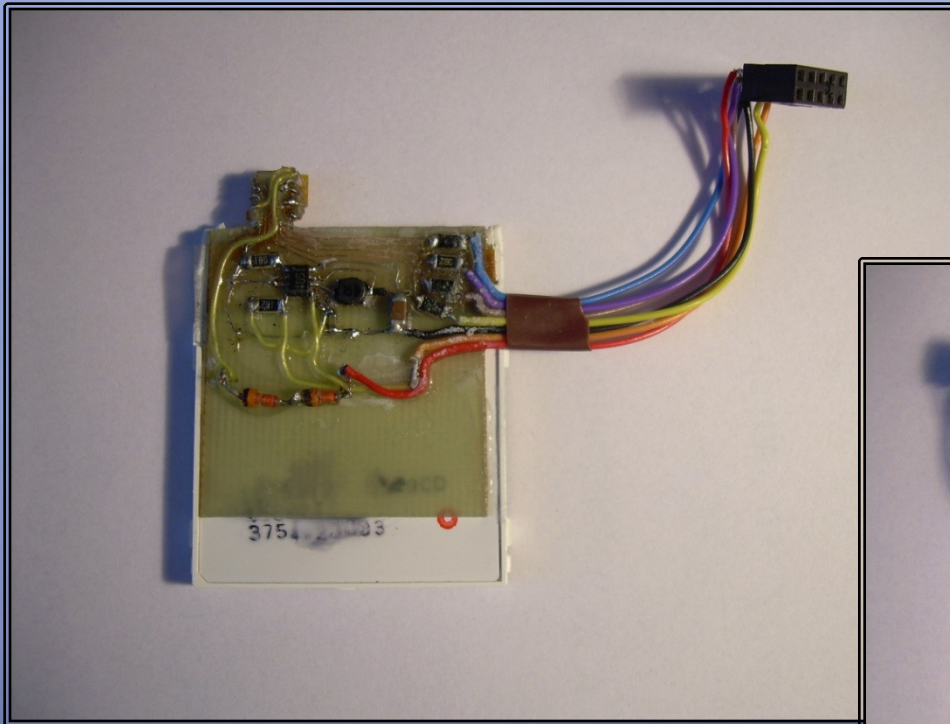
Czas druku: ~ 10 h

Ilość zużytego materiału:

- modelowego ~ 121 g

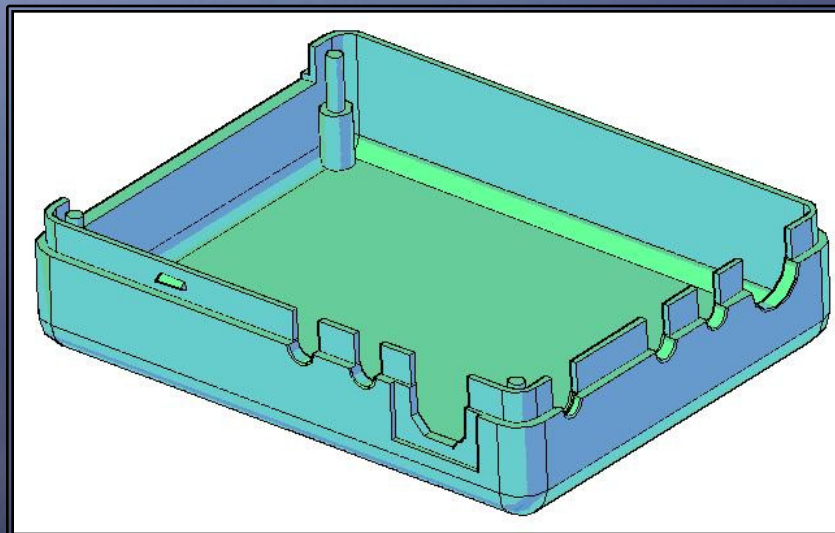
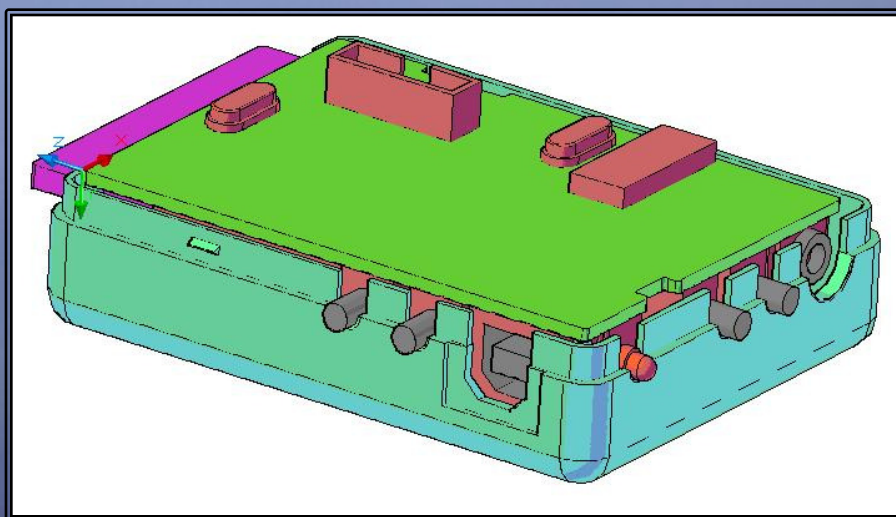
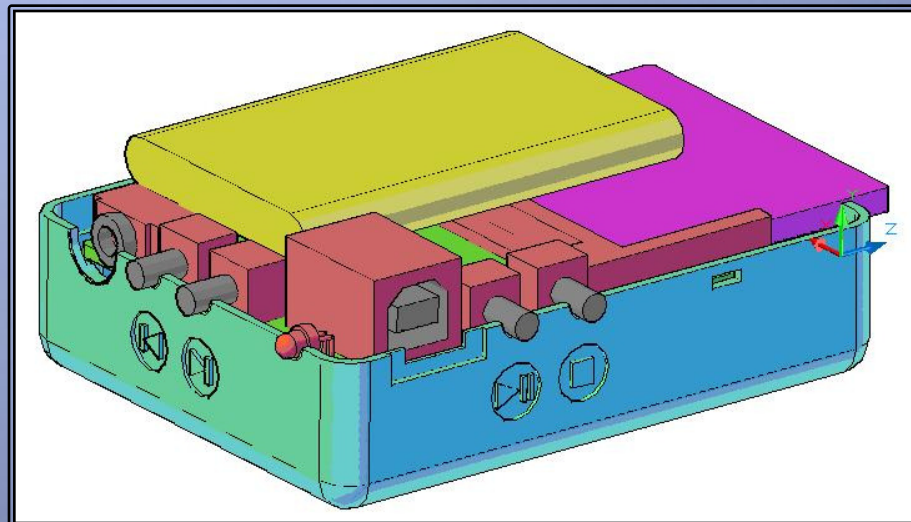
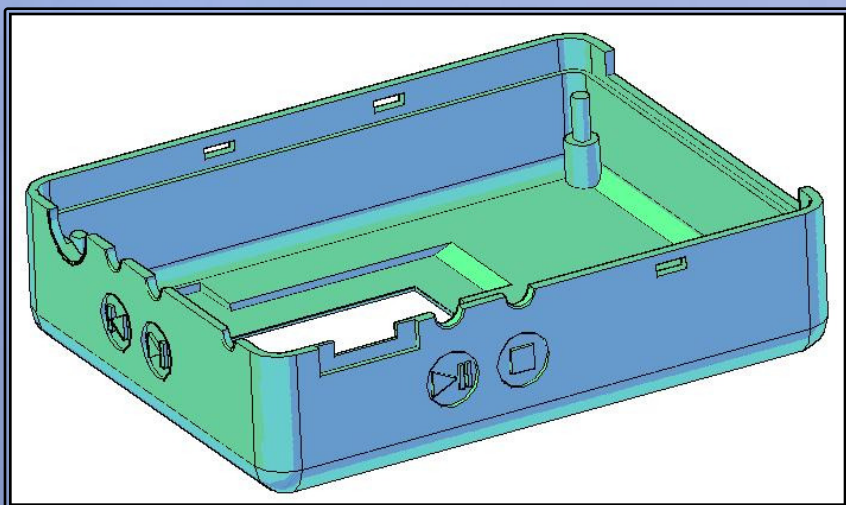
- podporowego ~ 4,5 g

Obudowa odtwarzacza MP3



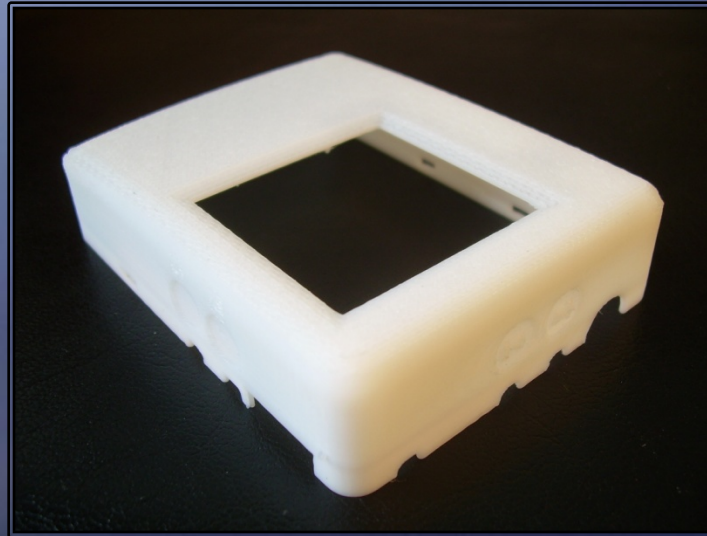
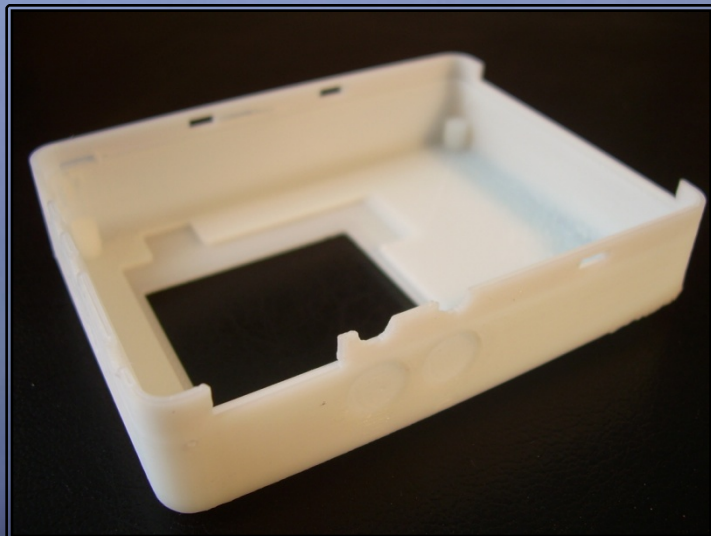
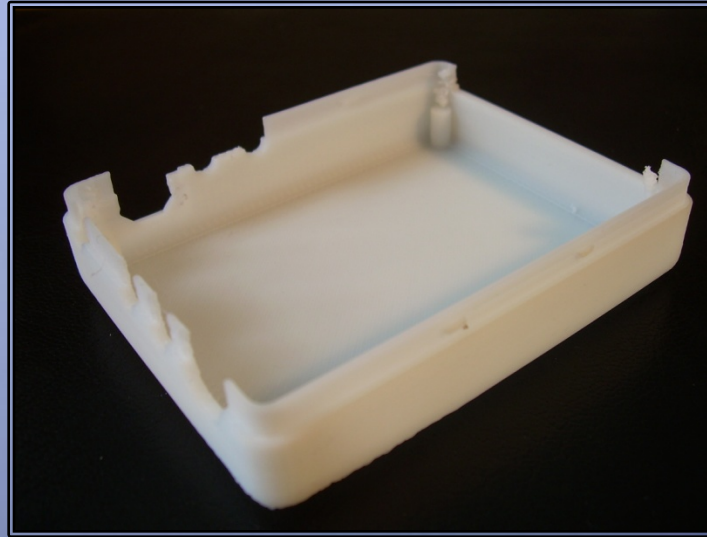
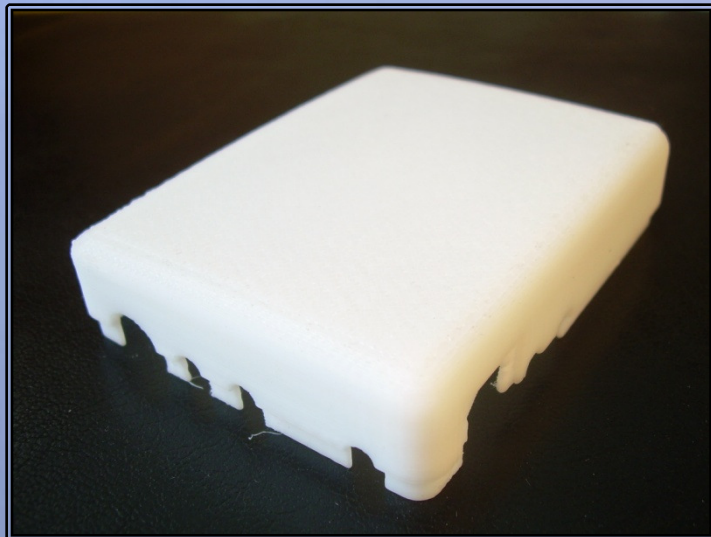
Pakiet wyświetlacza odtwarzacza MP3

Obudowa odtwarzacza MP3



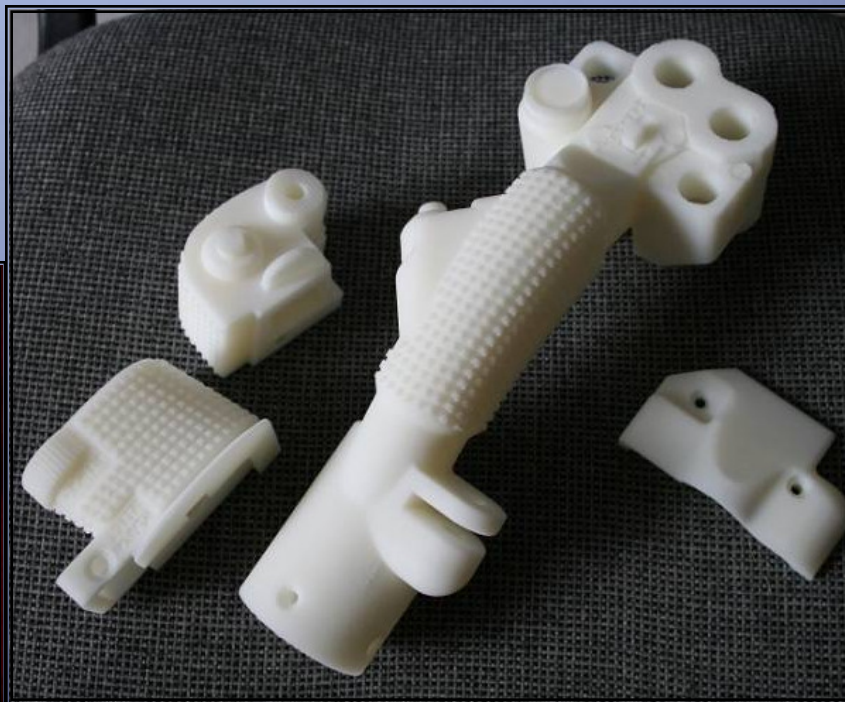
Model obudowy górnej i dolnej (rzuty izometryczne)

Obudowa odtwarzacza MP3



Obudowa dolna i górna wykonana technologią FDM

Prototyp rękojeści drążka sterowego (dla firmy Aerospace)



Czas druku ok. 35 h

Ilość zużytego materiału:

materiału modelowego – 380 g

Materiału podporowego – 350 g

5,56 mm - MSBS (Modułowy System Broni Strzeleckiej)

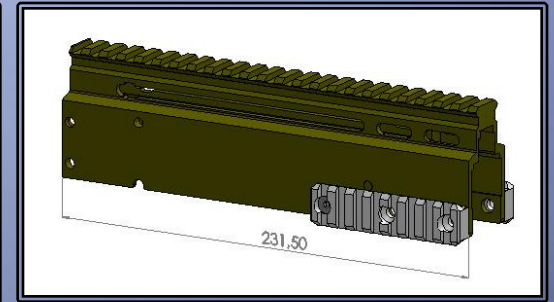
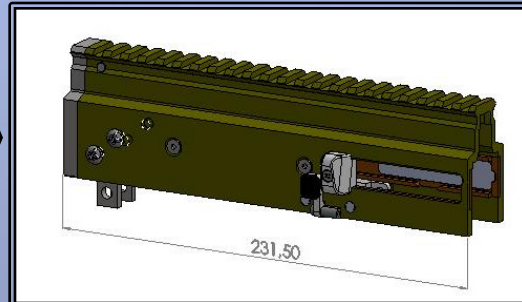
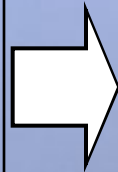
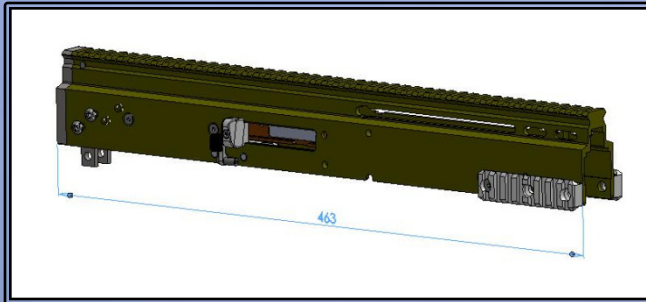


5,56 mm – karabinek w wersji klasycznej – kolbowej.

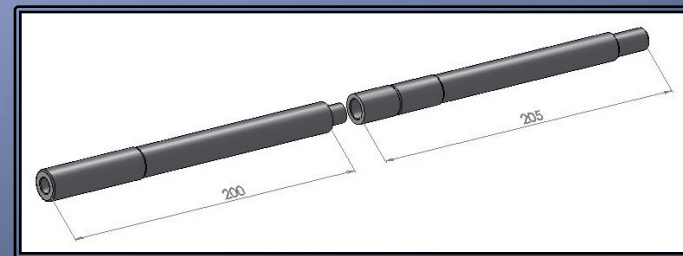
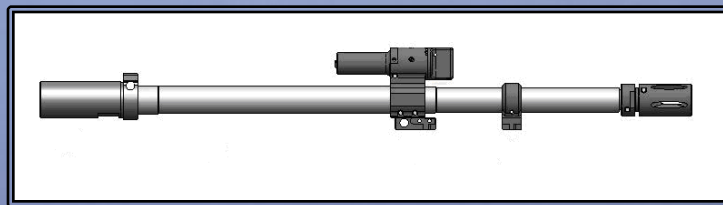


5,56 mm – karabinek w wersji bezkolbowej (bullpup)

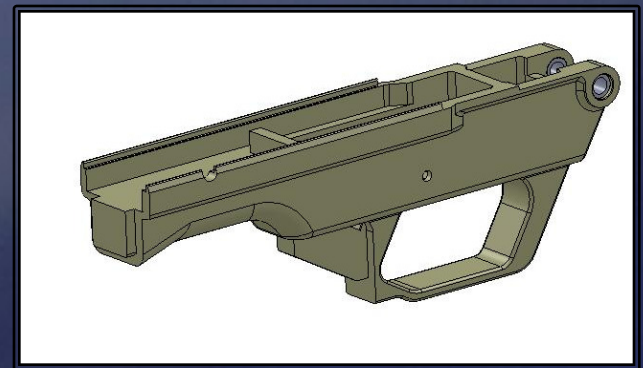
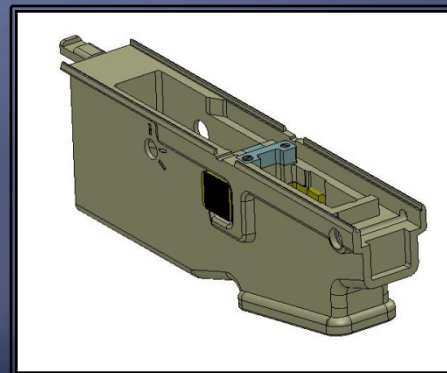
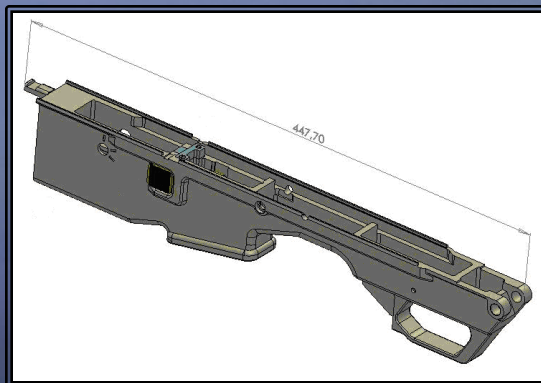
Adaptacja dokumentacji technicznej dla RP



Modyfikacja zespołu komory zamkowej

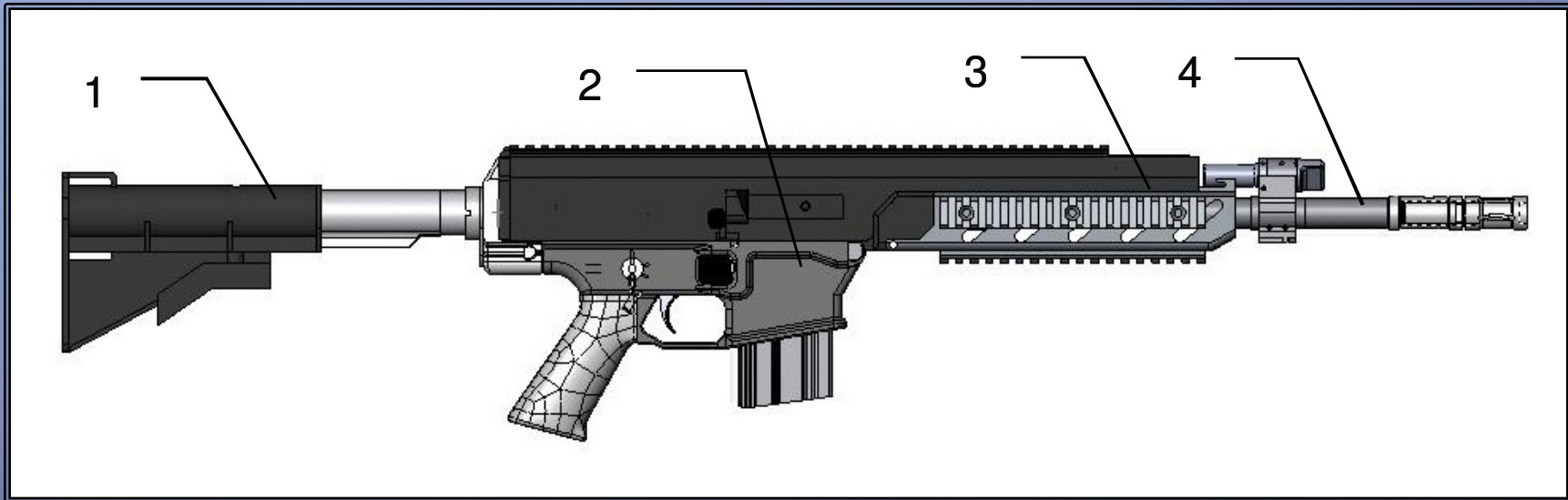


Modyfikacja zespołu lufy



Modyfikacja zespołu komory zamkowej

Realizacja makiety demonstratora technologii 5,56 mm karabinka w układzie klasycznym – kolbowym.

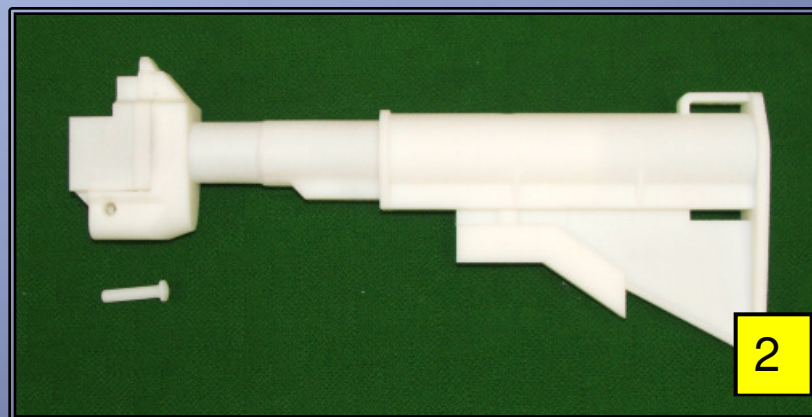
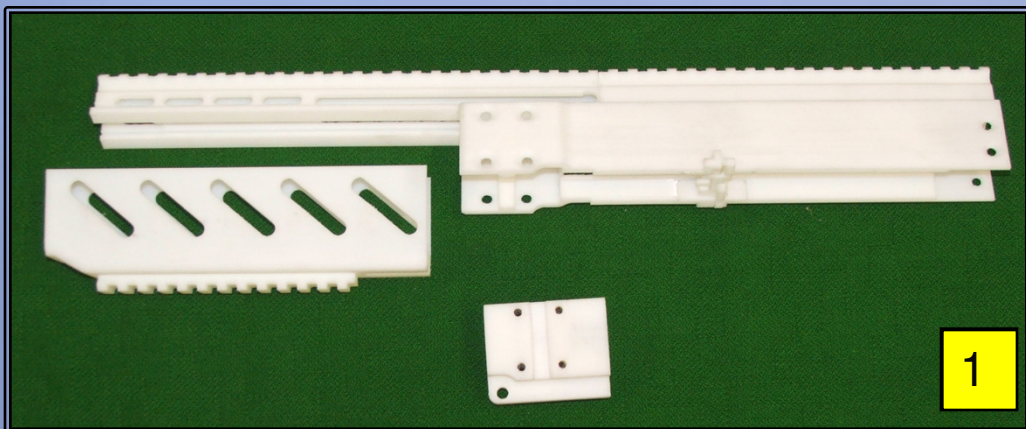


Wykonane podzespoły karabinka:

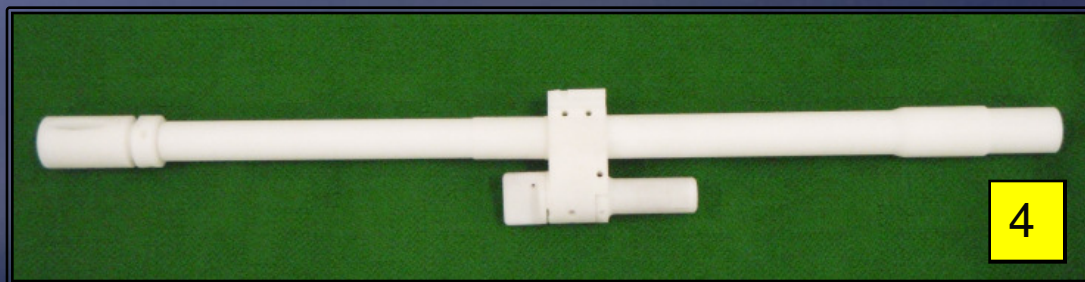
1 – podzespół kolby, 2 – podzespół komory spustowo-uderzeniowej,

3 – podzespół komory zamkowej z łożem, 4 – podzespół lufy

Elementy składowe makiety demonstratora technologii 5,56 mm karabinka w układzie klasycznym – kolbowym.



- 1 – podzespół komory zamkowej z łożem
- 2 – podzespół kolby,
- 3 – podzespół komory spustowej,
- 4 – podzespół lufy



Elementy składowe makiety demonstratora technologii 5,56 mm karabinka w układzie klasycznym – kolbowym.



Elementy składowe makiety demonstratora technologii 5,56 mm karabinka w układzie klasycznym – kolbowym.



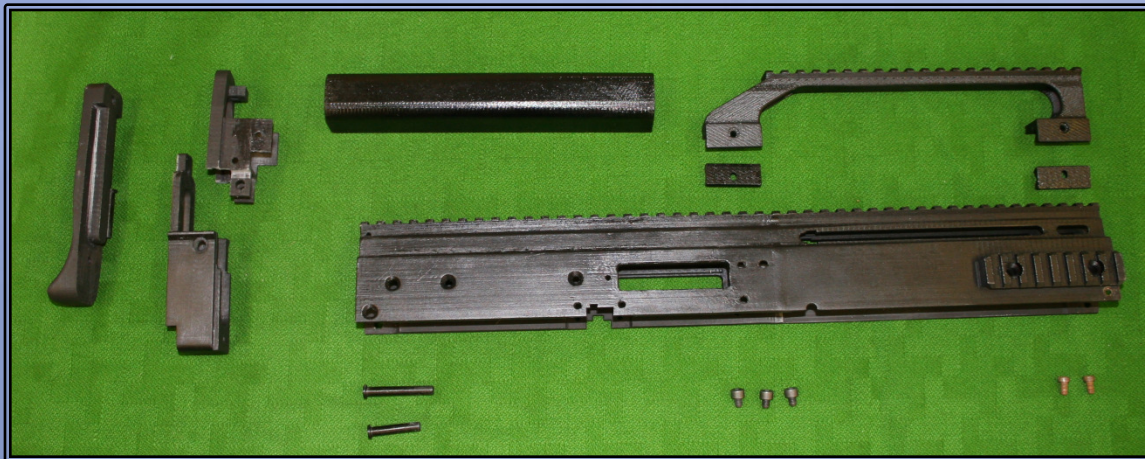
Realizacja makiety demonstratora technologii 5,56 mm karabinka w układzie bezkolbowym - bullpup.



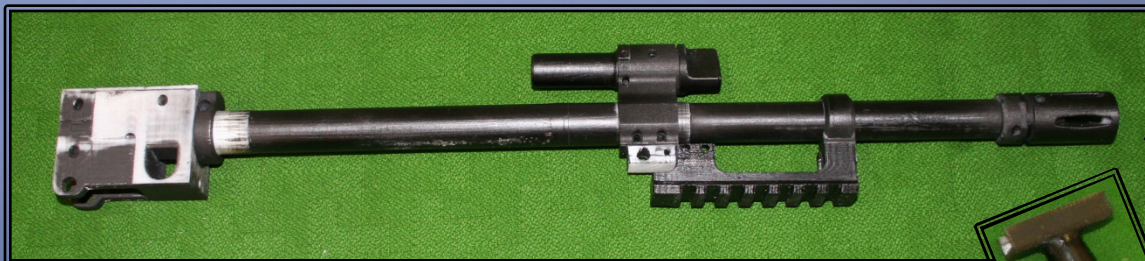
Wykonane podzespoły karabinka:

- 1 – podzespół komory zamkowej z chwytem transportowym,**
- 2 – podzespół komory spustowo-uderzeniowej,**
- 3 – podzespół lufy z chwytem przednim.**

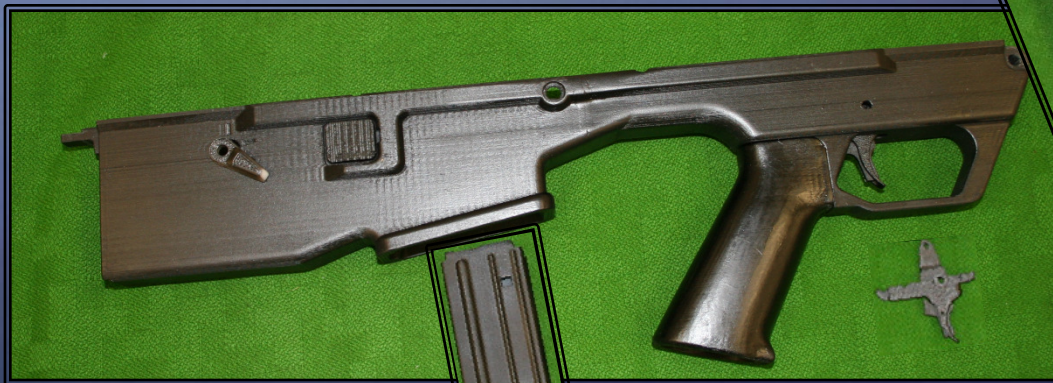
Realizacja makiety demonstratora technologii 5,56 mm karabinka w układzie bezkolbowym - bullpup.



Podzespół komory zamkowej



Podzespół lufy wraz z chwytem przednim



Podzespół komory spustowo - uderzeniowej

Ostateczna wersja makiety demonstratora technologii 5,56 mm karabinka w układzie bezkolbowym (bullpup)



Makiety 5,56 mm MSBS pomalowane w barwy maskujące



Wnioski

- Wykorzystanie techniki szybkiego prototypowania w procesie projektowania skomplikowanych urządzeń mechanicznych pozwala zaoszczędzić czas i ograniczyć koszty wykonania modelu prototypowego.
- Na podstawie analizy geometrii modelu rzeczywistego istnieje możliwość sprawdzenia konstrukcji pod względem ergonomii, funkcjonalności.
- Analiza modelu rzeczywistego pozwala dostrzec błędy konstrukcyjne, których usunięcie we wczesnej fazie rozwoju projektu, ogranicza koszty i czas realizacji zadania.
- Prototypy wykonane metodą FDM charakteryzują się trwałością, mogą być poddawane dodatkowej obróbce tj. wiercenie, toczenie, frezowanie, chromowanie, lakierowanie.

Razem można więcej...

www.procax.org.pl

janbis@educax.net marekk@educax.net pplatek@educax.net