

Teoretické základy aditívnej výroby

Prednáška – Materiály, 3D modely a modelovanie, Polygonálny model, Konverzia 3D modelov

 [instagram.com/mtf](https://www.instagram.com/mtf)
[instagram.com/uvtemtfstu](https://www.instagram.com/uvtemtfstu)

 [facebook.com/uvtemtfstu](https://www.facebook.com/uvtemtfstu)
[facebook.com/MTF.STU](https://www.facebook.com/MTF.STU)

 [stumtf](https://www.youtube.com/stumtf)

DOC. ING. IVAN BURANSKÝ, PhD.

Obsah

- ❑ Materiál pre aditívnu výrobu
- ❑ 3D modely a modelovanie pre aditívnu výrobu
- ❑ Polygonálny model
- ❑ Konverzia 3D modelov

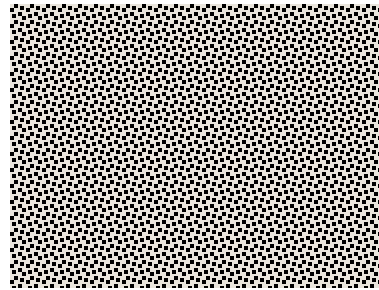
MATERIÁL – RP/AM

Východiskový materiál je buď vo forme pevnej, kvapalnej alebo práškovej. Pri pevnom je možné použiť pelety, drôt alebo laminát. Ďalej je možné použiť papier, nylon, vosk, živicu, kov, plast a keramiku.

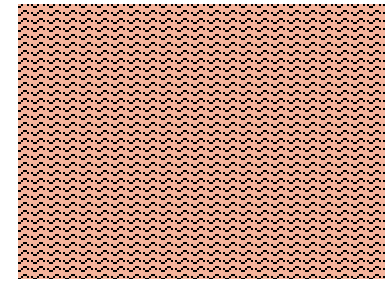
ROZDELENIE MATERIÁLOV PRE AM



Pevný
Filament
Tyčka
Papier

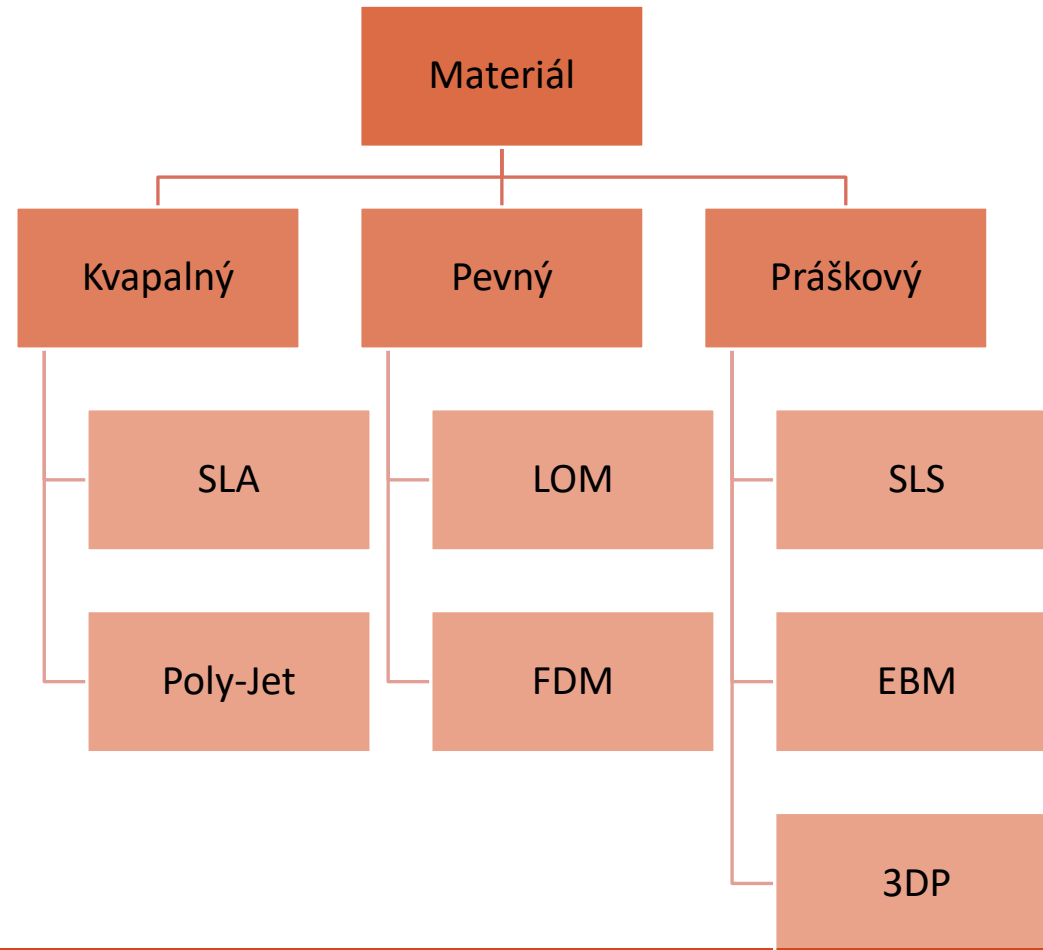


Prášok
Kov
Sadra
Plast

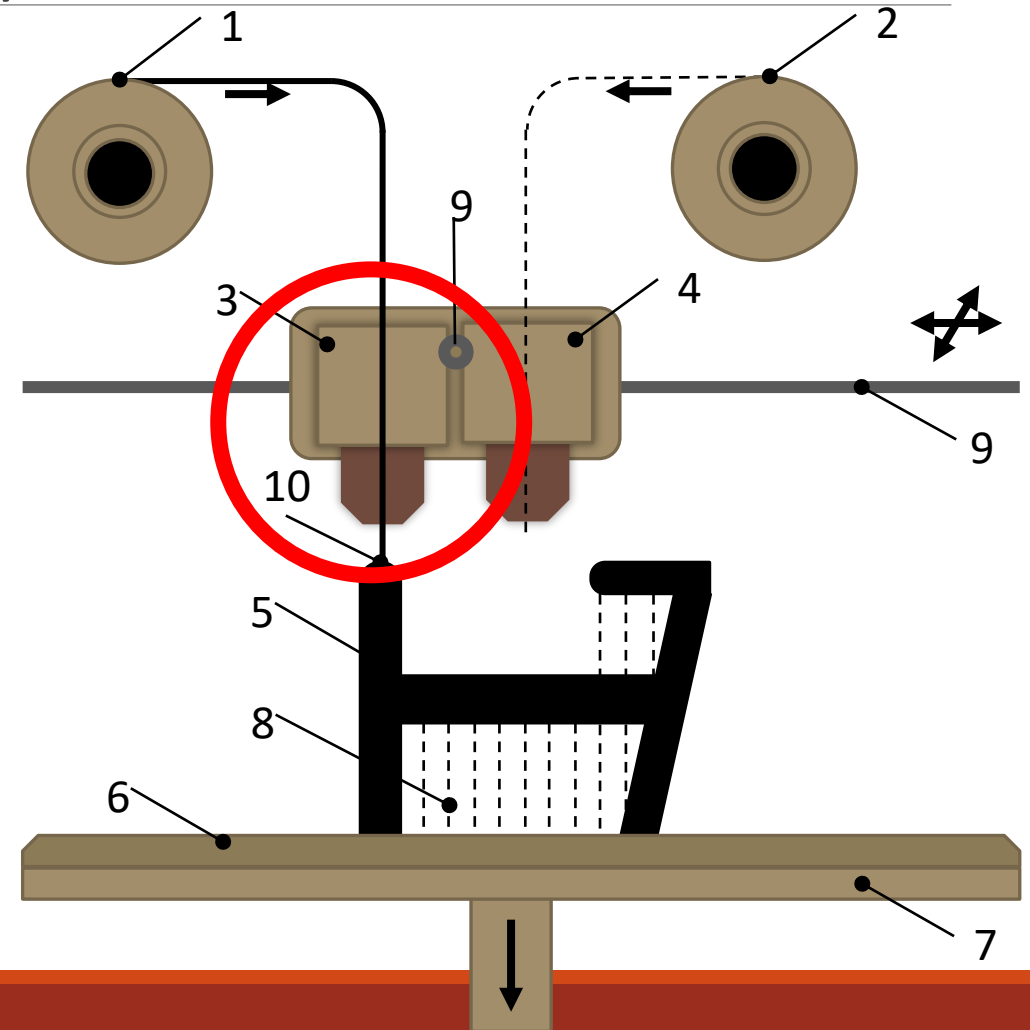


Kvapalina
Vosk
Živica
Fotopolymér

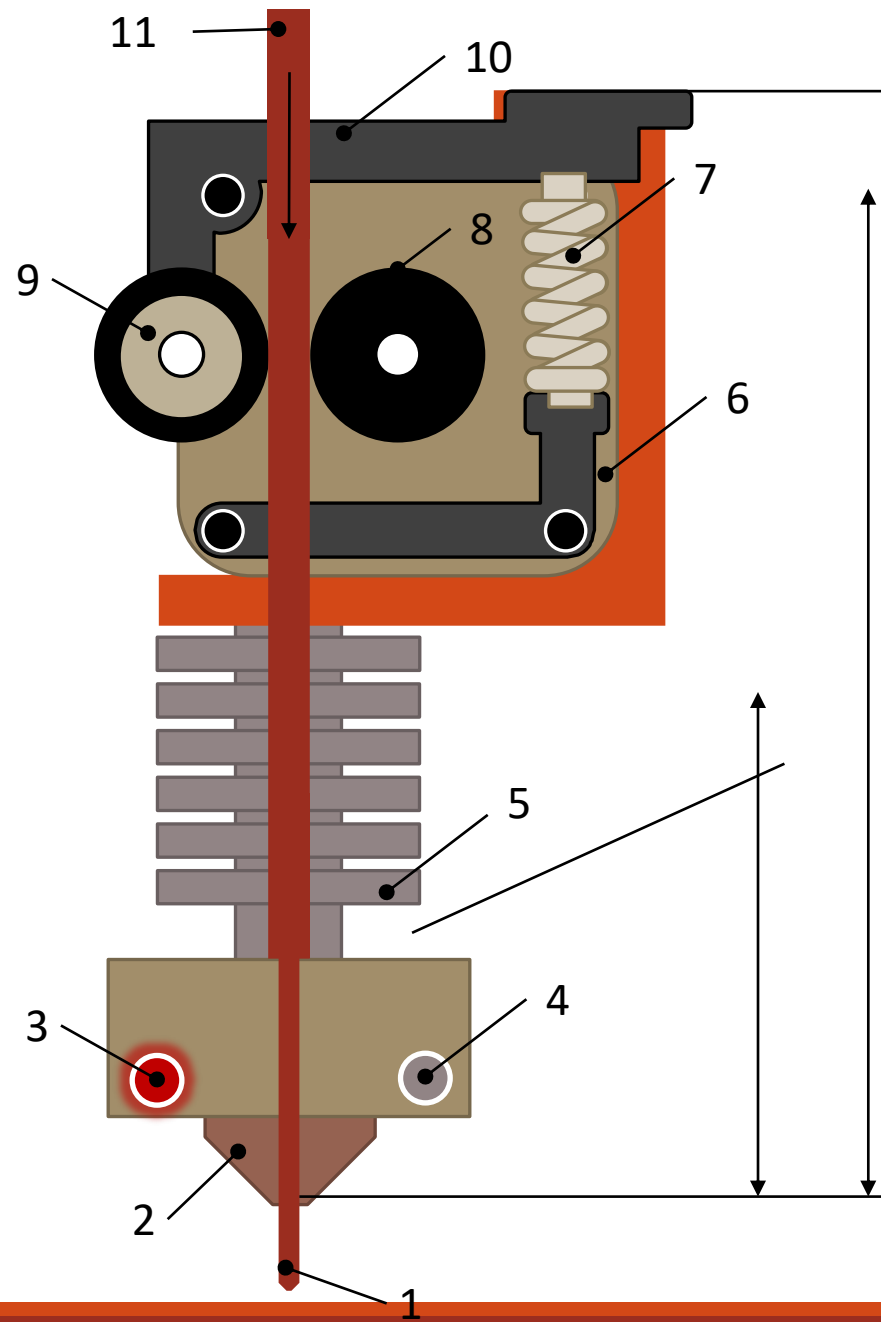
Rozdelenie AM podľa použitého materiálu



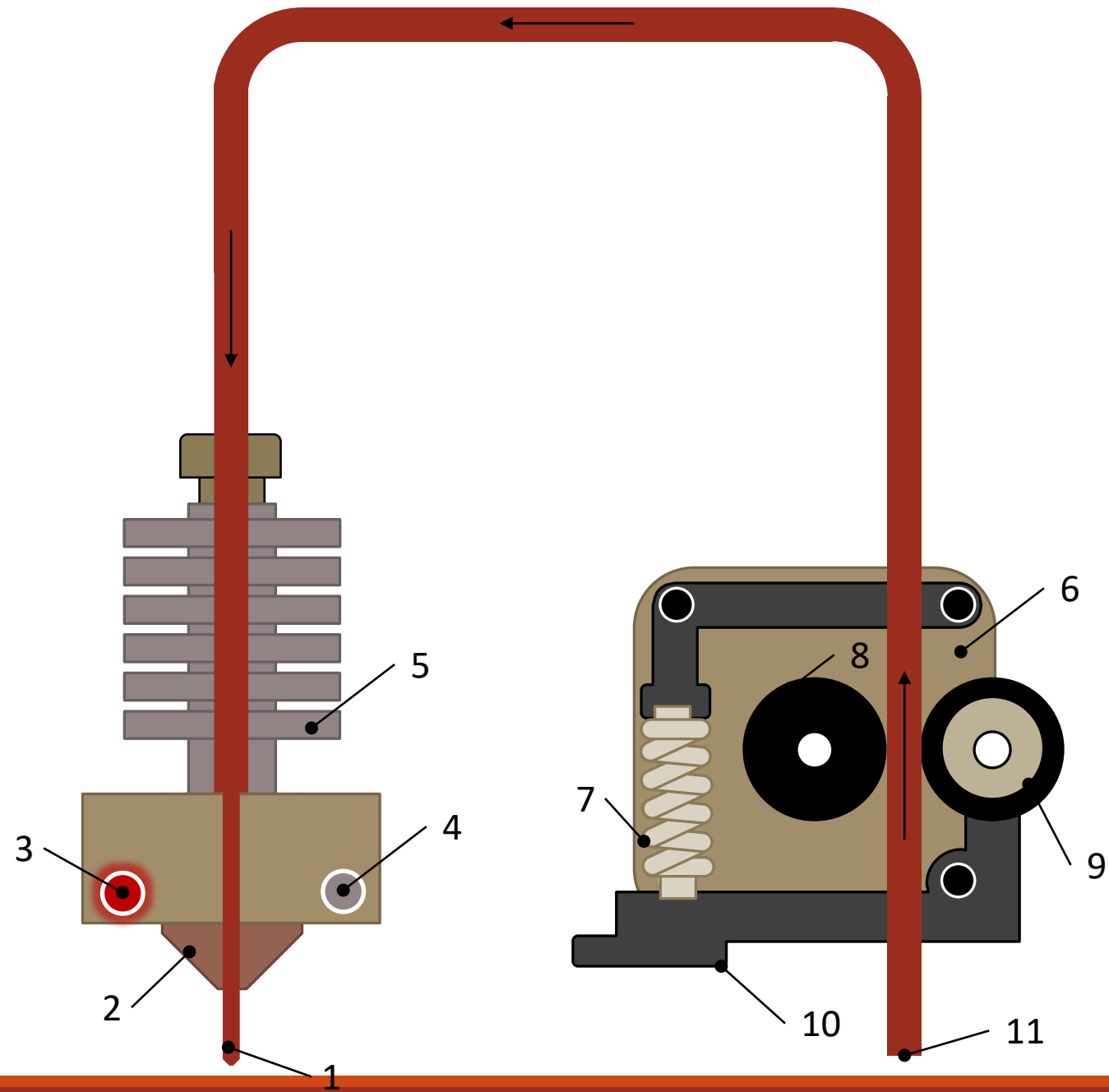
Material Extrusion (MEX) - Extruder



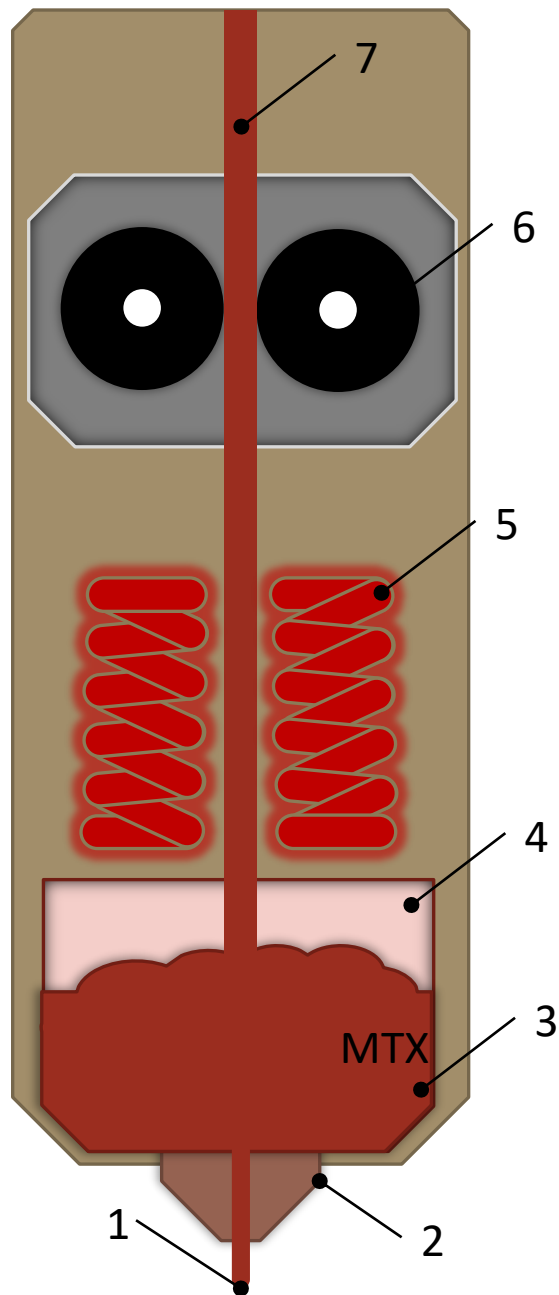
Fused Filament Fabrication (FFF)
Fused Deposition Modelling (FDM)



DIRECT SYSTEM



BOWDEN SYSTEM



METERING EXTRUDER TECHNOLOGY

- Použitie pre výrobu súčiastok veľkých rozmerov,
- Vývoj zabezpečuje firma BigRep,
- Technológia dávkovacieho extrudera,
- Objem tlače viac ako 1m^3 ,
- Priemyselné využitie,
- Technológia FDM.

Materiál pre technológiu Material Extrusion (MEX)

PLA,

Nylon,

TPU,

ABS,

ABS+CF,

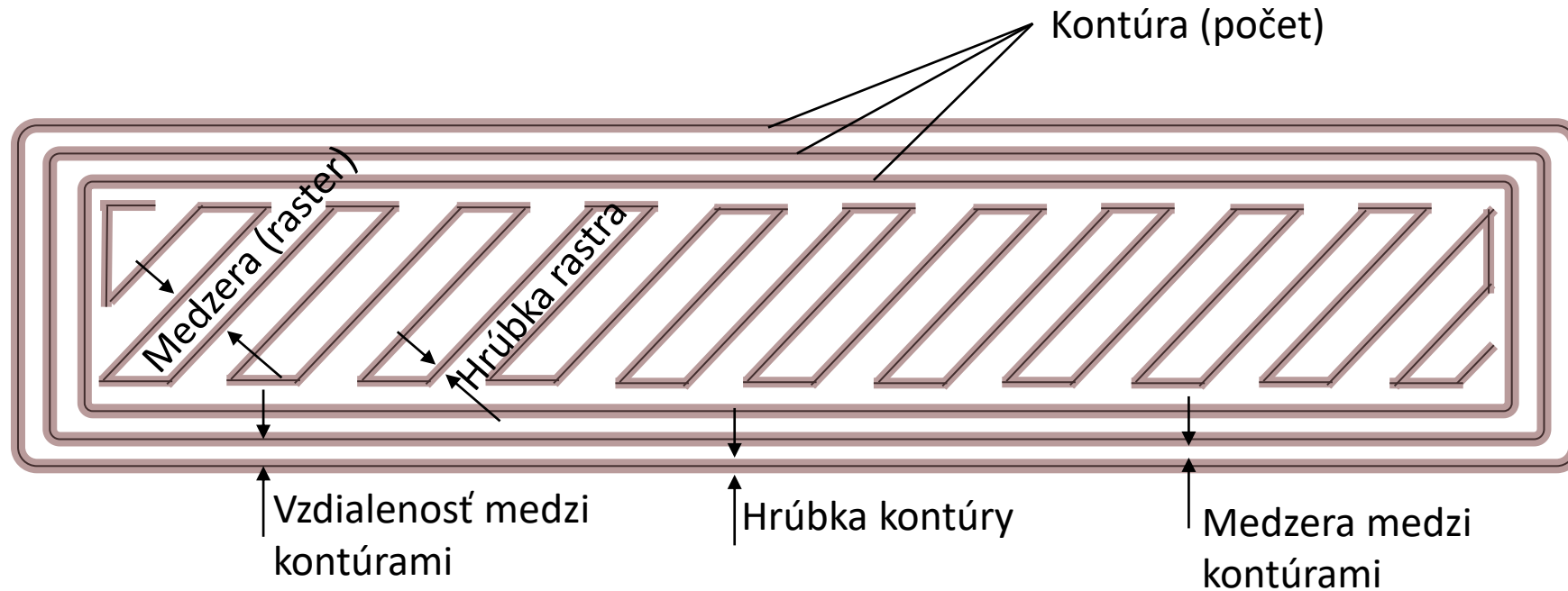
Kov + polymér (cca. 80% kov a 20% polymér),

a iné.



(7)

FDM parametre dráhy extruder



NC program pre FDM

G0

G1

M107

F

X,Y,Z

E

The diagram shows an NC program pre FDM with several annotations. The program text is as follows:

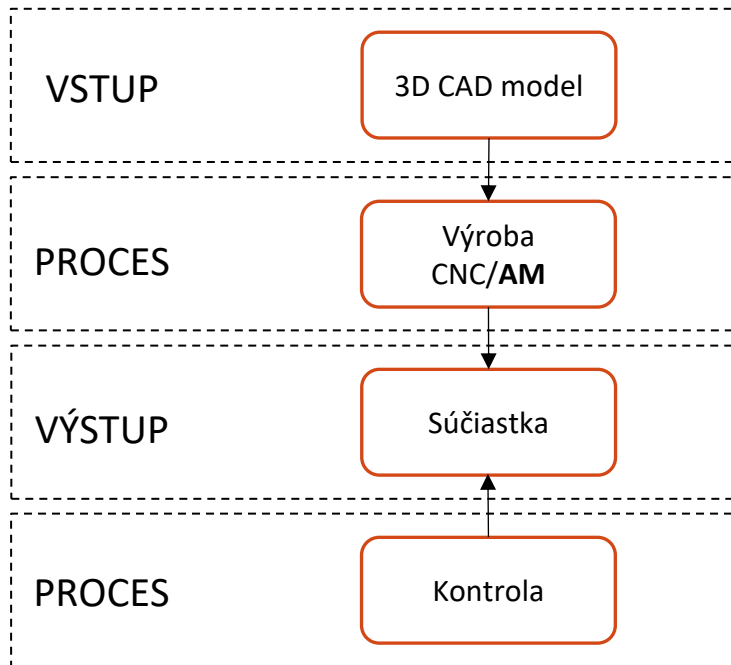
```
;Layer count: 25
;LAYER:0
M107
G0 F9000 X52.235 Y55.800 Z0.300
;TYPE:SKIRT
G1 F2340 X56.093 Y55.800 E0.18815
G1 X56.346 Y55.605 E0.20373
G1 X57.299 Y55.078 E0.25684
G1 X58.540 Y54.758 E0.31934
G1 X59.404 Y54.719 E0.36152
G1 X60.320 Y53.688 E0.42878
```

Annotations with arrows pointing to specific lines or values:

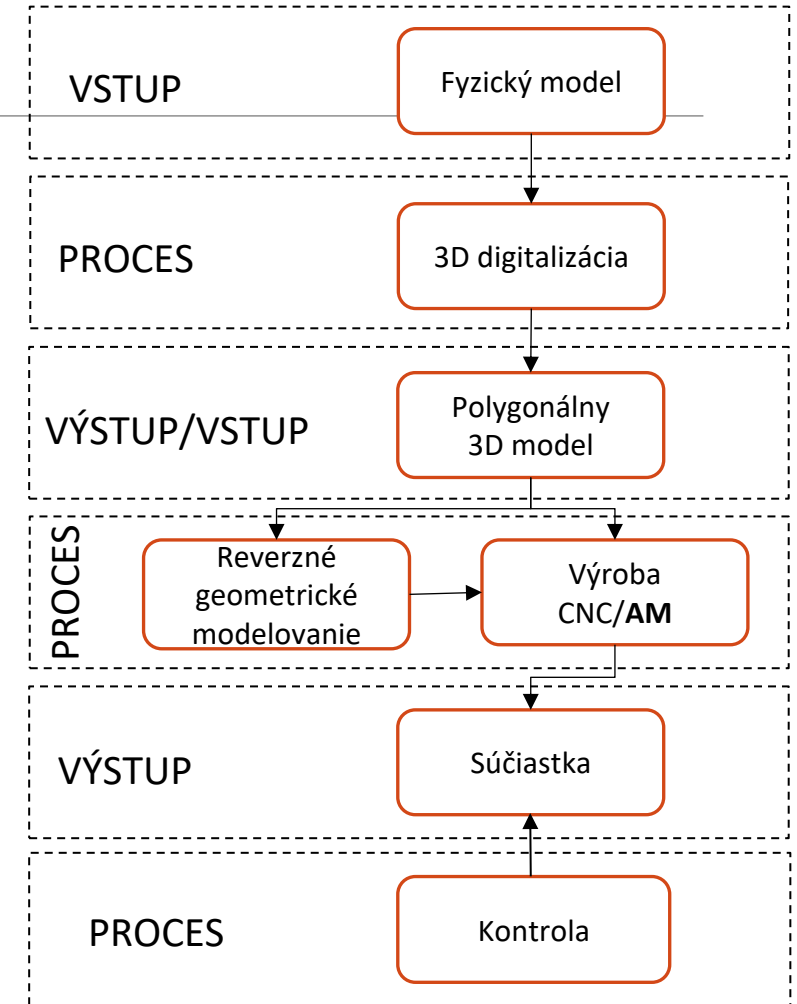
- Fan speed setting** points to `M107`.
- Nozzle travel speed (without extrusion)** points to `F9000`.
- Layer height** points to `Z0.300`.
- Nozzle printing speed (with extrusion)** points to `F2340`.
- Extrusion length** points to `E0.18815`.
- X, Y Coordinates** points to the `X` and `Y` values in the first `G1` line (`X56.093 Y55.800`).

Výroba súčiastok

KLASICKÝ SPÔSOB VÝROBY SÚČIASTKY



VÝROBA SÚČIASTKY POUŽITÍM REVERZNÉHO INŽINIERSTVA



Oblasť využitia reverzného inžinierstva - aditívna výroba

Vývoj nových produktov,
Výroba produktov (**AM**, CNC, ...),
Výroba náhradných dielov (**AM**, CNC, ...),

Spätná tvorba 3D modelov,
Tvorba výkresovej dokumentácie,
Vstup pre numerickú simuláciu,
Digital Twin (Digitálne Dvojča),
Virtual reality (Virtuálna realita).



3D MODEL

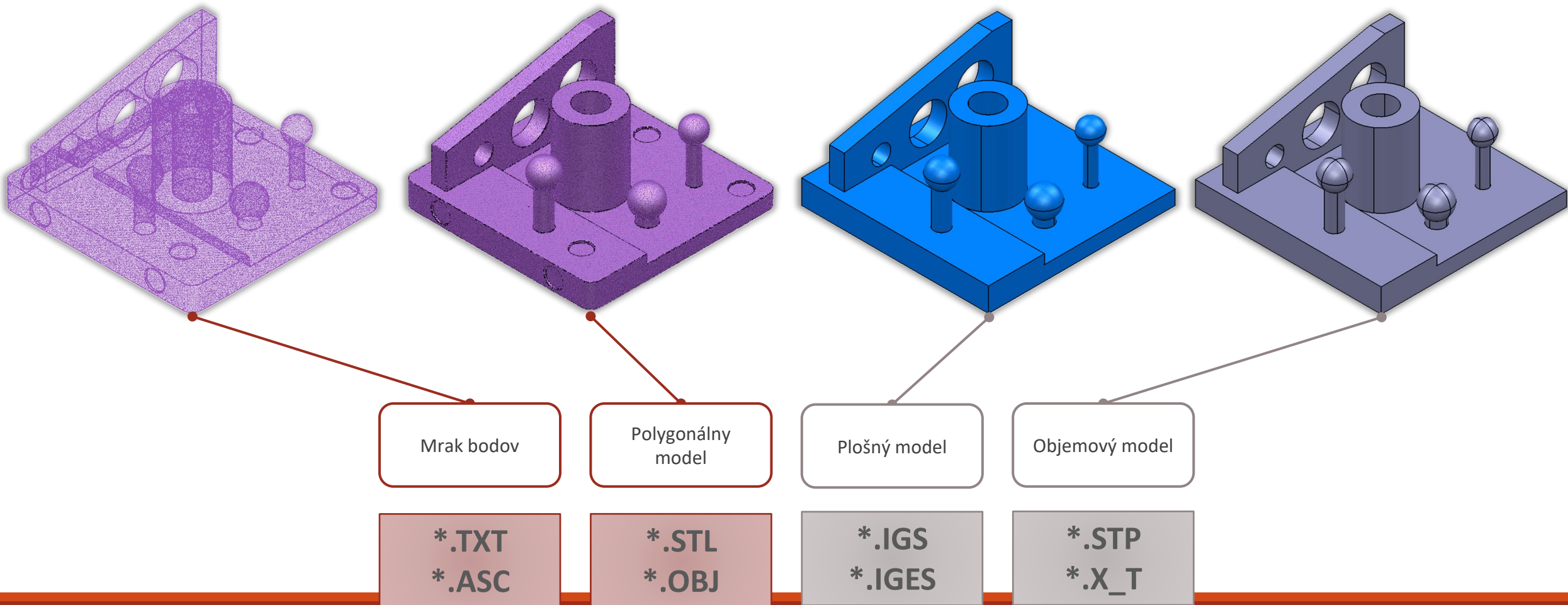
3D Formáty pre aditívnu výrobu

❑ **CAD SOFTVÉR** – TVORBA 3D MODELU.

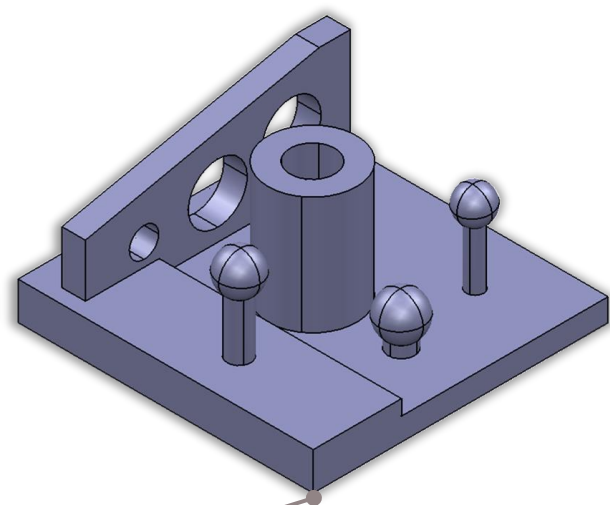
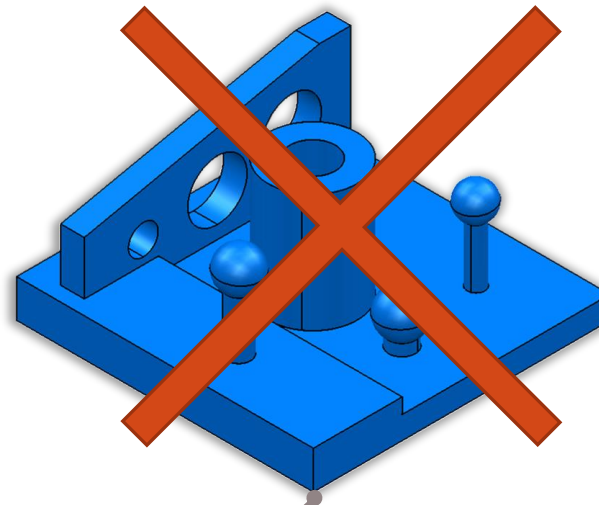
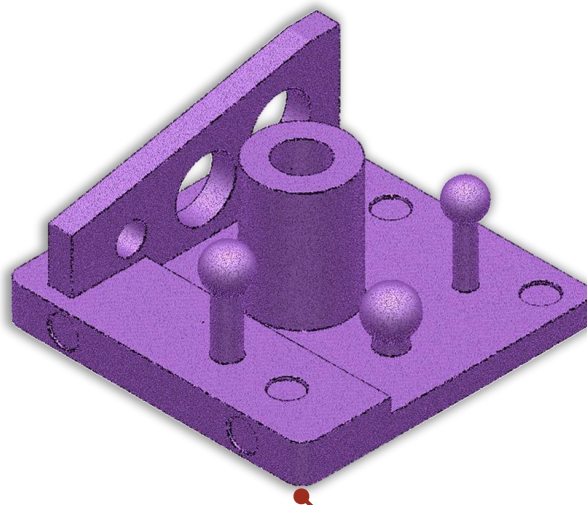
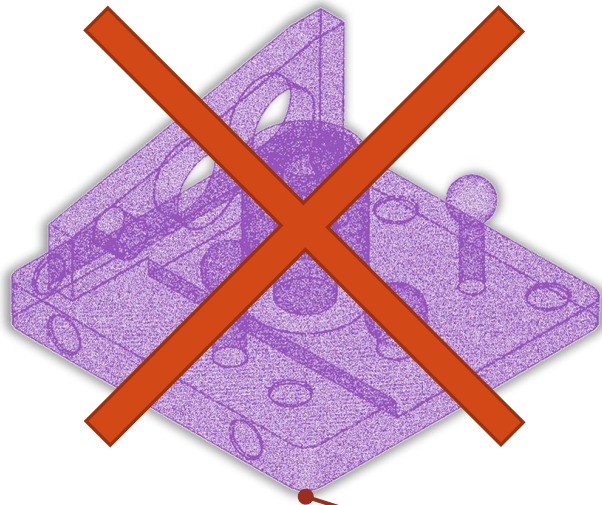
❑ **CAD SOFTVÉR S INTEGROVANÝM SLICER-OM** – TVORBA 3D MODELU A TVORBA NC PROGRAMU PRE AM.

❑ **SLICER** - NC PROGRAMU PRE AM, NC PROGRAM ODOSLANÝ DO AM ZARIADENIA.

Modely pre aditívnu výrobu



Modely vhodné pro aditivnu výrobu



Mrak bodov

*.TXT
*.ASC

Polygonální
model

*.STL
*.OBJ

Plošný model

*.IGS
*.IGES

Objemový model

*.STP
*.X_T

Polygonálny model – STL model

pre aditívnu výrobu,

pre CAQ softvér,

pre CAM softvér,

pre reverzné inžinierstvo,

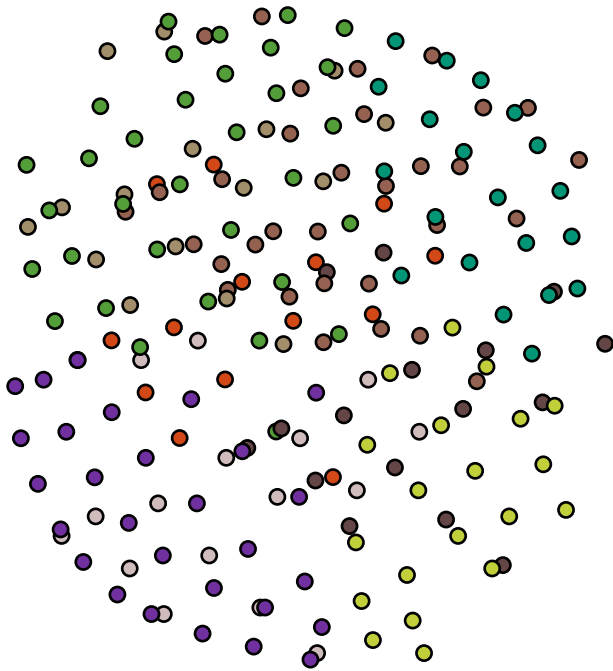
Ako vzniká polygonálny 3D model

❑ OPTICKÝM 3D SKENOVANÍM.

❑ KONVERZIOU OBJEMOVÉHO MODELU NA POLYGONÁLNY MODEL.

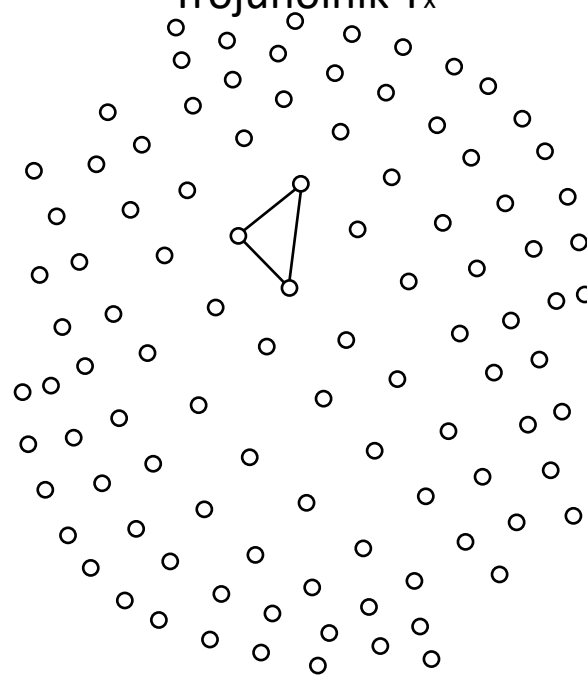
MRAK BODOV – POLYGONIZÁCIA – POLYG. SIEŤ

Body $P_1 - P_n$



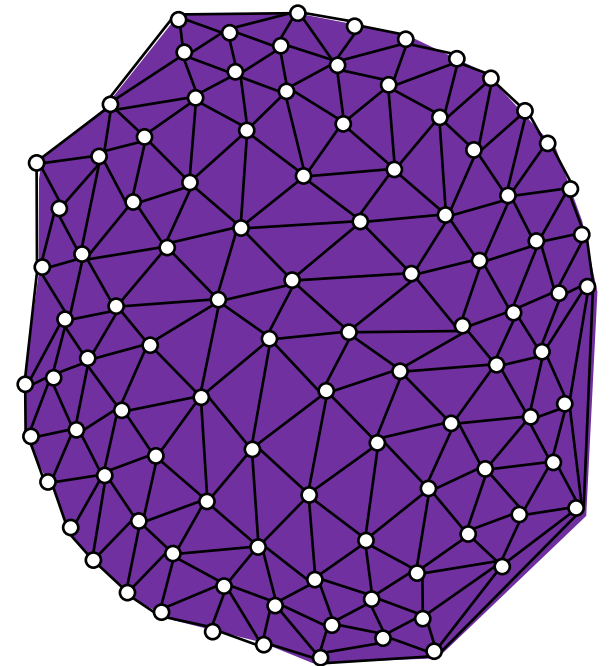
MRAK BODOV

Body P_x
Čiara L_x
Trojuholník T_x



POLYGONIZÁCIA
vyrovnanie-redukcia-triangulácia

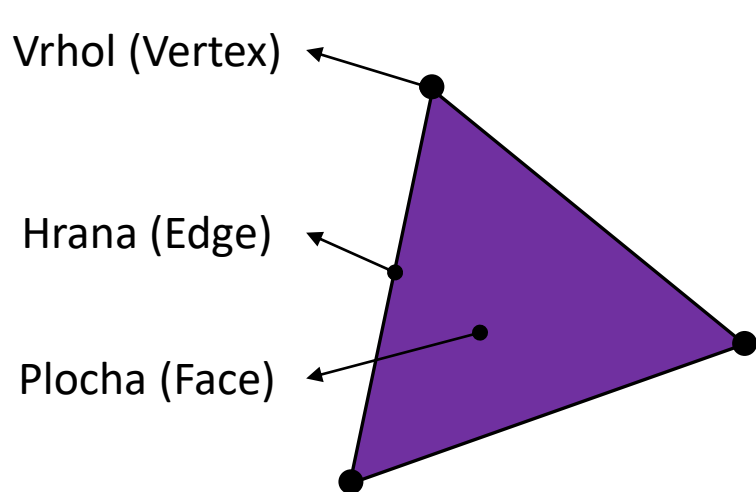
Body P_x
Trojuholník T_x



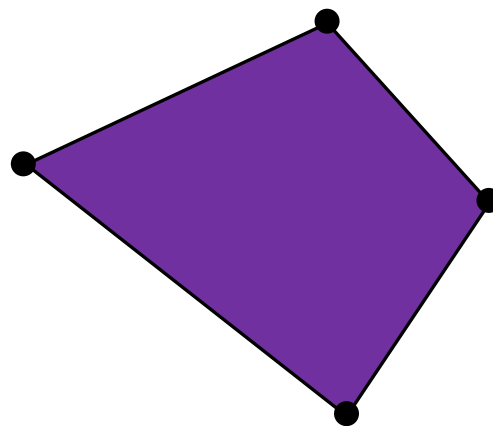
POLYGONÁLNA SIEŤ

POLYGONÁLNY MODEL

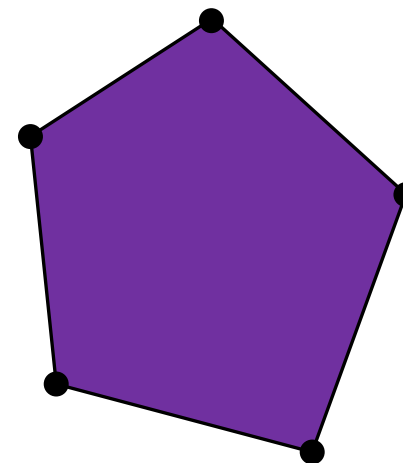
Pozostáva z mnoho polygónov, ktoré tvoria polygonálnu sieť.



Trojuholníkový
polygón

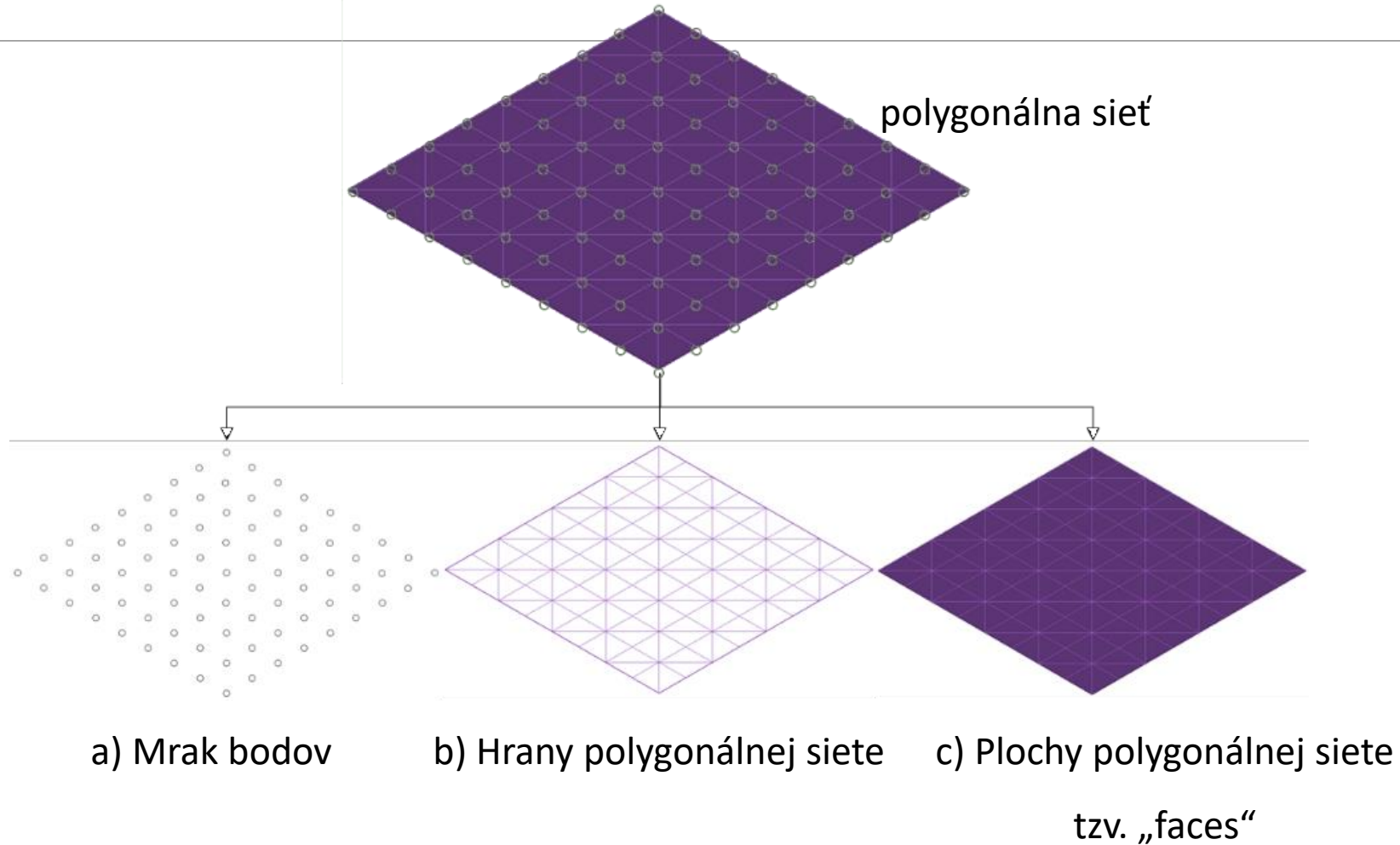


Štvorstranný
polygón

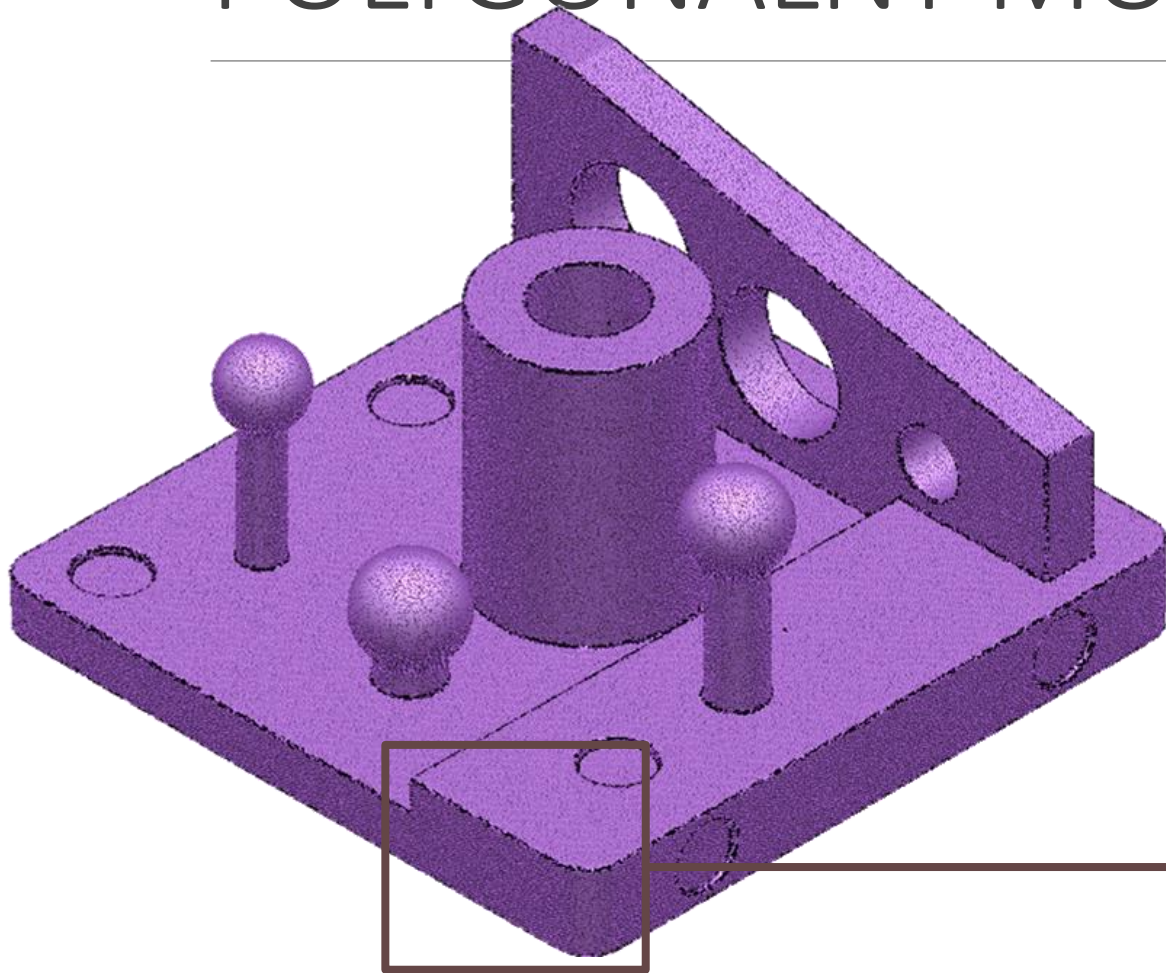


Päťstranný
polygón

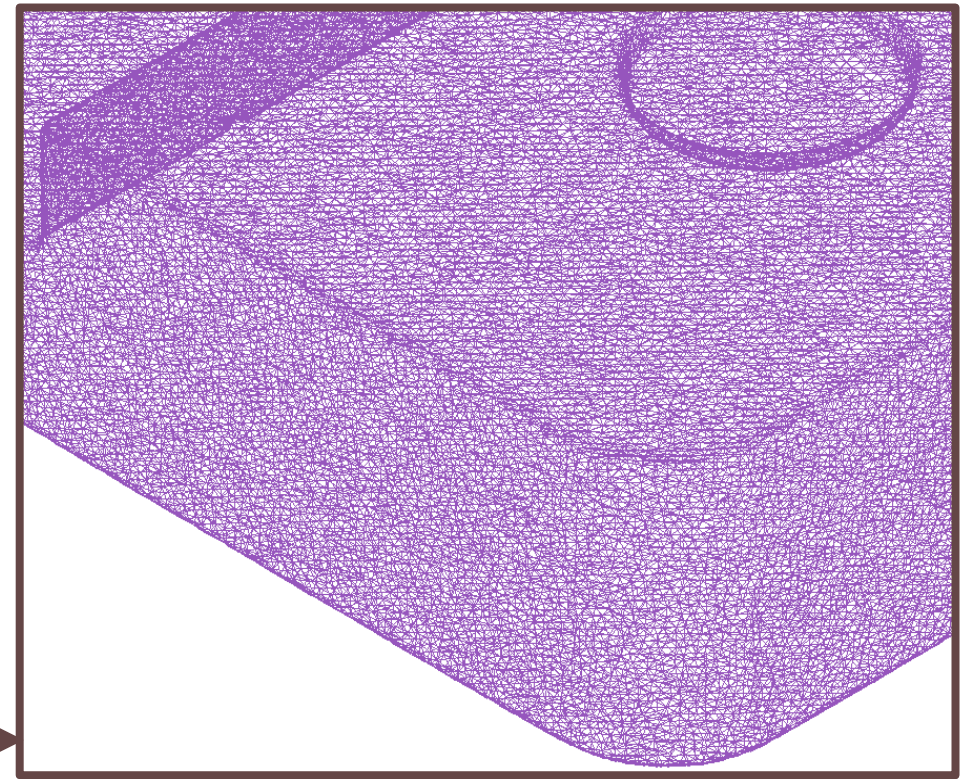
POLYGONÁLNY MODEL



POLYGONÁLNY MODEL



a) Polygonálny (trojuholníkový) 3D model



b) Detail na polygonálnu (trojuholníkovú) sieť

POLYGONÁLNÝ MODEL – VÝSTUPNÝ FORMÁT

PLY

OBJ

3MF

STL

POLYGONÁLNY MODEL – FORMÁT STL

STL formát je štandardný formát pre prenos dát. STL súborový formát (Surface Tesellation Language alebo Stereolitografia) sa etabloval ako kvázi priemyselný štandard pre prenos údajov v aditívnej výrobe.

Je to neutrálny formát na výmenu čisto geometrických dát. Hraničné plochy sú opísané trojuholníkmi a normálovými vektormi.

Súbor údajov možno uložiť ako **ASCII** alebo **binárne**.

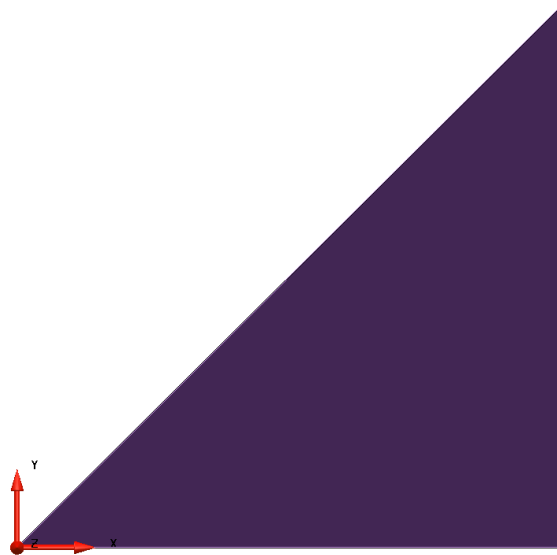
Binárny formát je preferovaný, pretože objem údajov je výrazne menší ako pri ASCII.

Formát STL nie je odporúčaný na výmenu údajov medzi CAD/CAM systémami, pretože geometria je tvorená trojuholníkmi (okrem polotovar).

POLYGONÁLNY MODEL – ZÁPIS STL FORMÁTU

```
solid Jeden_trojuholnik_ASCII.stl
facet normal 0.000000 0.000000 1.000000
outer loop
  vertex 6.250000 6.250000 0.000000
  vertex 0.000000 0.000000 0.000000
  vertex 6.250000 0.000000 0.000000
endloop
endfacet
endsolid Jeden_trojuholnik_ASCII.stl
```

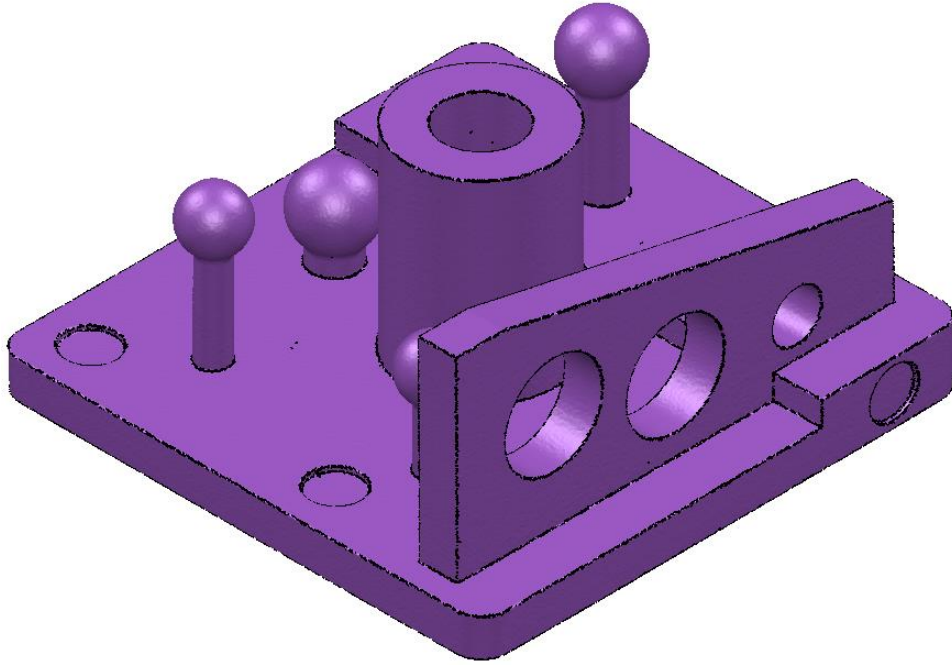
a) ASCII
Príklad: 116 MB



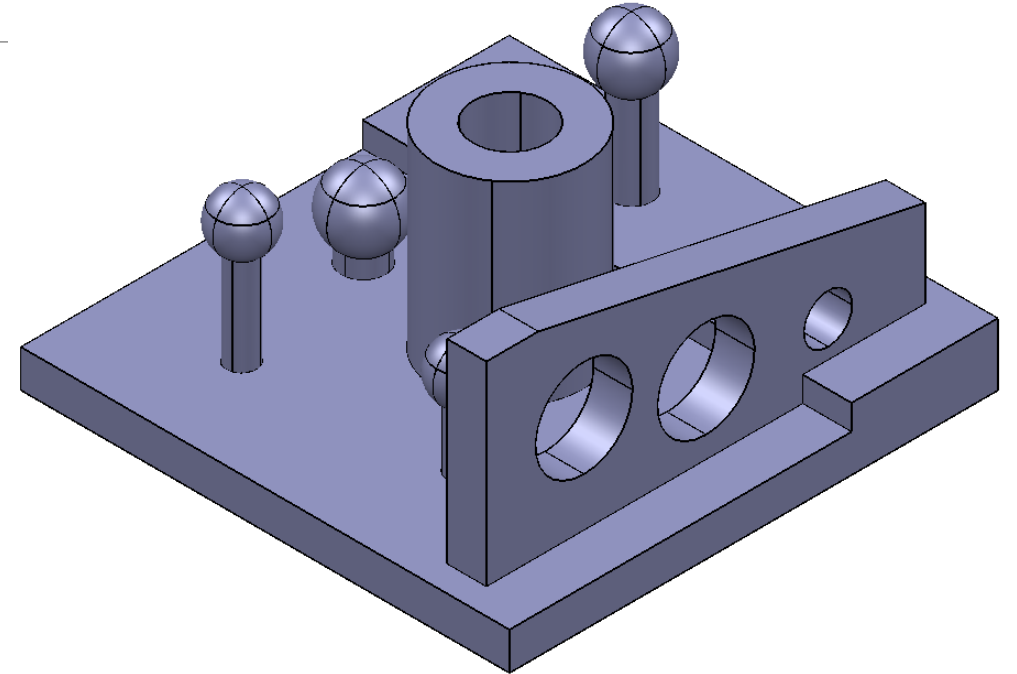
```
UINT8[80] – Header
UINT32 – Number of triangles
foreach triangle
  REAL32[3] – Normal vector
  REAL32[3] – Vertex 1
  REAL32[3] – Vertex 2
  REAL32[3] – Vertex 3
  UINT16 – Attribute byte count
End
```

b) Binárny
Príklad: 29 MB

POLYGONÁLNÝ MODEL VS. OBJEMOVÝ MODEL



a) Polygonálny model



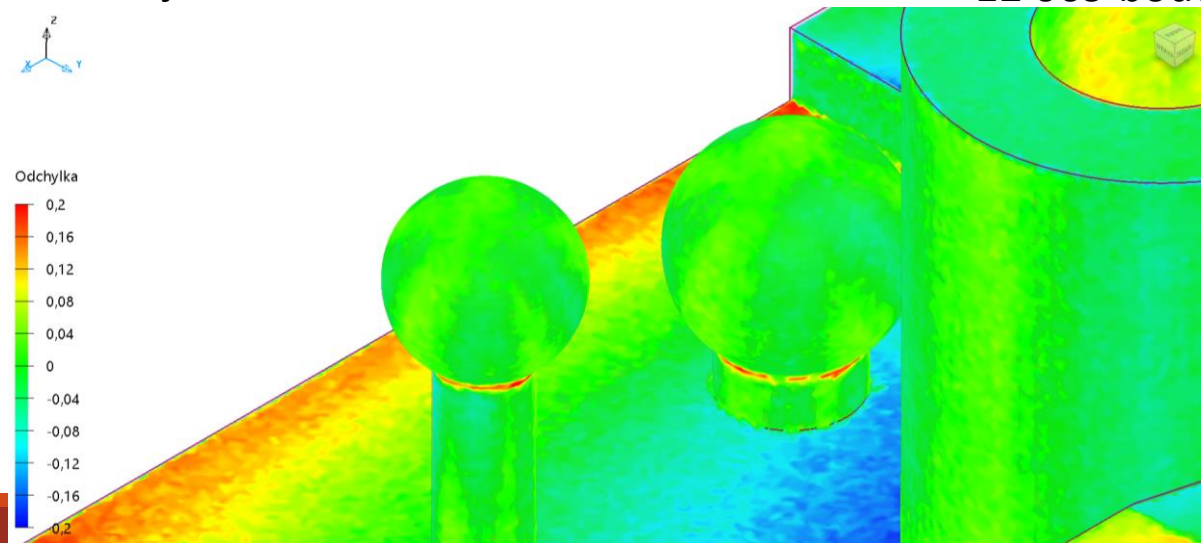
b) Objemový model





a) Polygonálny model získaný 3D optickým skenovaním
29 7246 bodov, 59 4500 trojuholníkov

b) Polygonálny model získaný diskretizáciou
12 069 bodov, 24 146 trojuholníkov

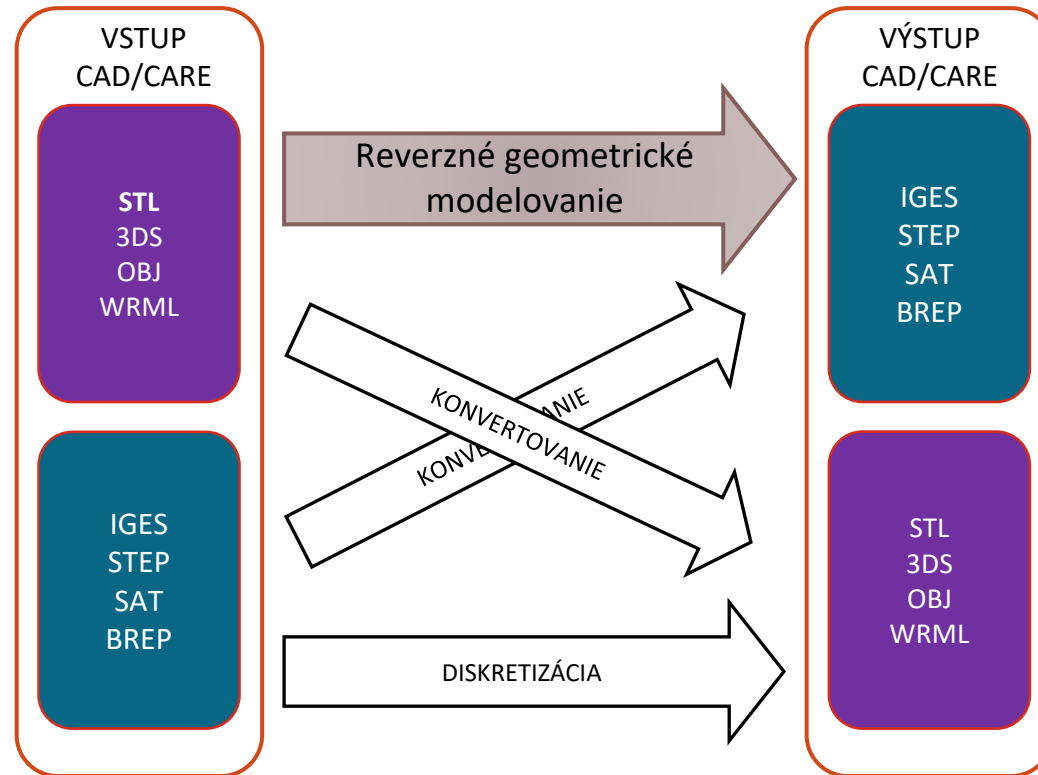


c) Farebná mapa odchýlok

POLYGONÁLNY MODEL - FUNKCIE

- ☐ ZAPLÁTANIE OTVOROV POLYGONÁLNEJ SIETE.
- ☐ VYHLADENIE.
- ☐ REDUKCIA TROJUHOLNÍKOV.
- ☐ ROVNOMERNÉ ROZDELENIE TROJUHOLNÍKY POLYGONÁLNEJ SIETE.
- ☐ ROZDELENIE POLYGONÁLNEJ SIETE.

Schéma konverzie 3D modelov



Odkazy

- 1) <https://www.youtube.com/watch?v=a6elq83OVWQ>
- 2) <https://www.youtube.com/watch?v=mdN0Brmo8rw>
- 3) <https://www.youtube.com/watch?v=1LDlMcy22Z8>
- 4) <https://www.youtube.com/watch?v=yiUUZxp7bLQ>
- 5) <https://www.youtube.com/watch?v=yW4EbCWaJHE>
- 6) <https://www.youtube.com/watch?v=NV9cVofqQ38>
- 7) <https://www.makerbot.com/3d-printers/materials/replicator/>
- 8) <https://www.youtube.com/watch?v=Som3CddHfZE>
- 9) <https://www.youtube.com/watch?v=a6bDLMWIS98>
- 10) <https://www.hubs.com/guides/3d-printing/#chap>
- 11) <https://www.youtube.com/watch?v=CUeDevI6kyE>
- 12) <https://www.youtube.com/watch?v=VRrVtCmhn30>
- 13) <https://www.youtube.com/watch?v=z3nNIVcoba8>