



Fakulta elektrotechniky  
a informatiky

# TECHNOLÓGIE 3D TLAČE

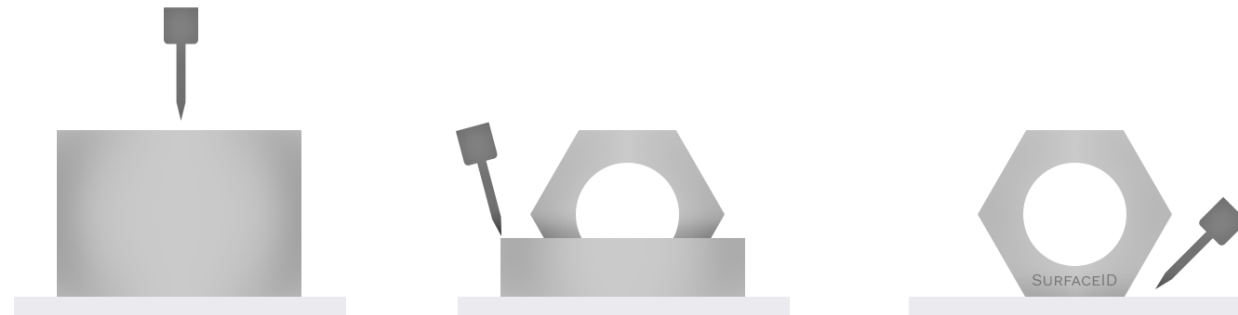
ING. PETER LUKÁCS, PHD.

[peter.lukacs@tuke.sk](mailto:peter.lukacs@tuke.sk)

# ZÁKLADNÁ CHARAKTERISTIKA

Dva spôsoby výroby komponentov

**CNC MACHINING** // subtractive manufacturing



**3D PRINTING** // additive manufacturing

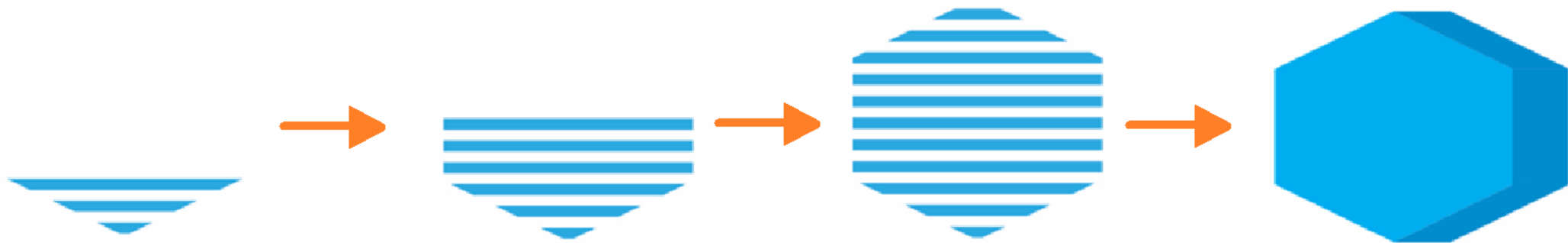


# ZÁKLADNÁ CHARAKTERISTIKA

3D tlač je aditívny spôsob výroby, kedy postupným nanášaním a spájaním materiálu vo vrstvách vzniká výsledný objekt podľa digitálnej predlohy.

## 3D printing and Additive Manufacturing

➡ 3D printing is also known as additive manufacturing due to the process of layering it involves.

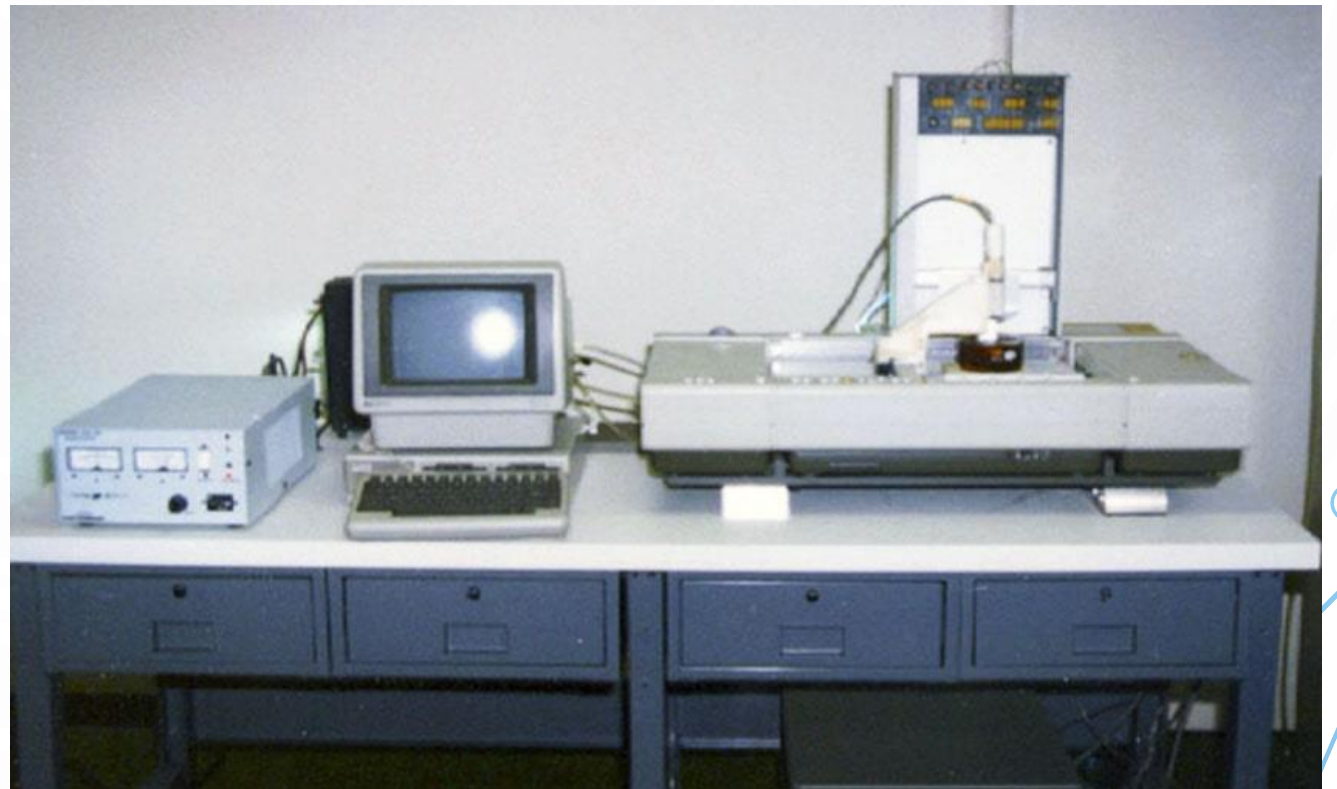


**Additive Manufacturing**

# ZÁKLADNÁ CHARAKTERISTIKA

**3D tlač je aditívny spôsob výroby, kedy postupným nanášaním a spájaním materiálu vo vrstvách vzniká výsledný objekt podľa digitálnej predlohy.**

- 1986 – prvá 3D tlačiareň
- Charles W. Hull vytlačil prvú súčiastku
- Rapid prototyping

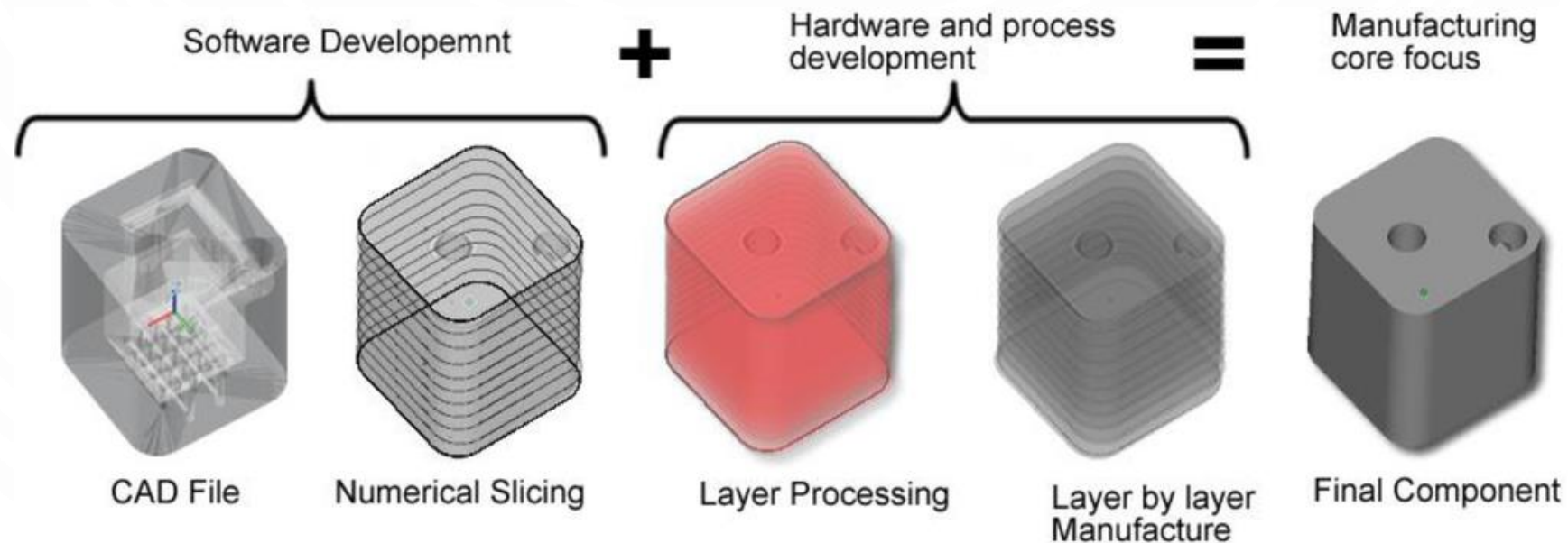


Prvá 3D tlačiareň

# PROCES VÝROBY

## Proces výroby:

- preprocessing (tvorba 3D modelu)
- processing (samotná tlač)
- postprocessing (čistiace a dokončovacie práce)



# 3D TLAČ - PREPROCESSING

## Proces výroby:

### preprocessing (tvorba 3D modelu)

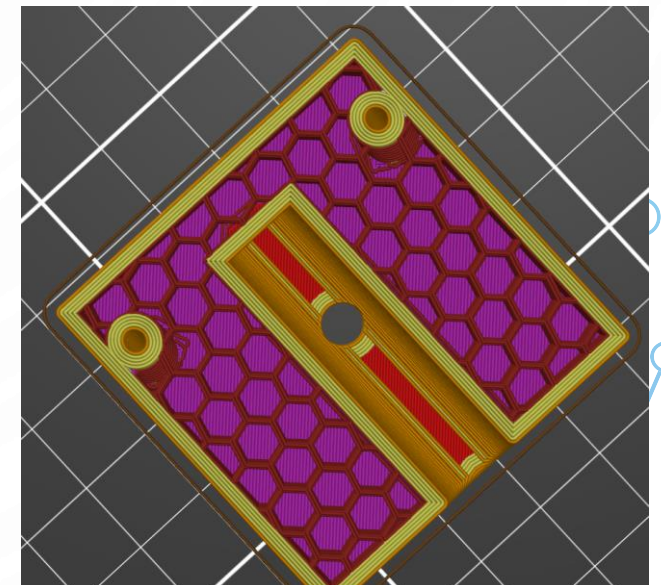
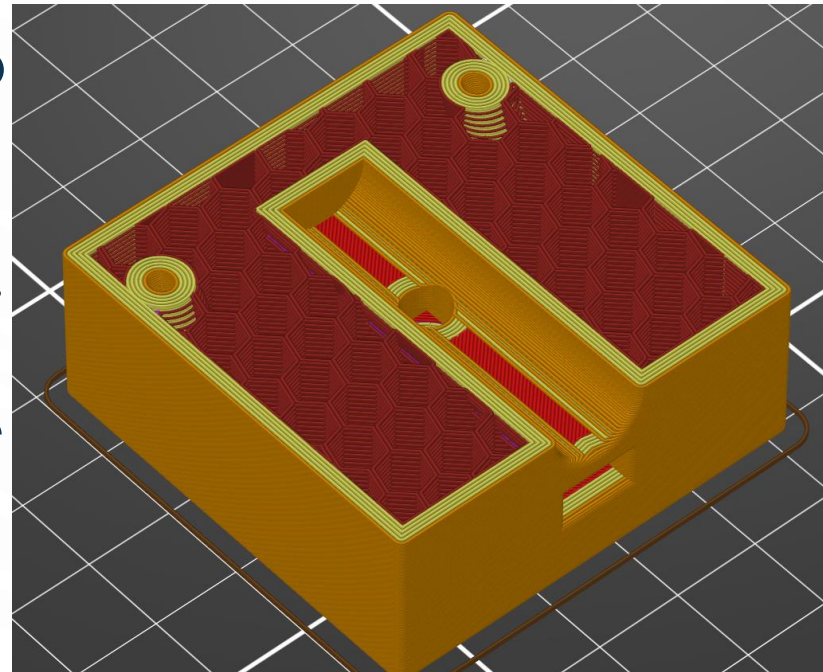
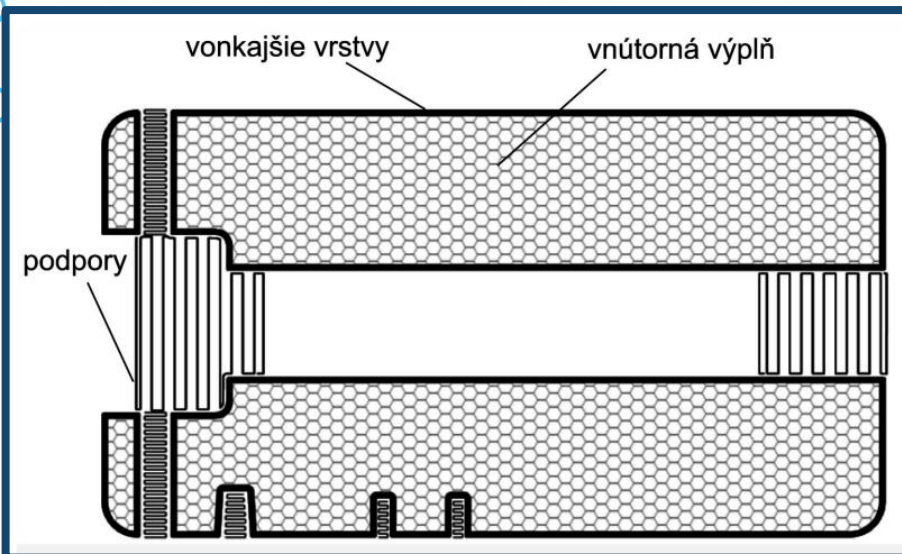
- Tento proces zahŕňa návrh 3D modelu, vrátane získania potrebných dát (rozmerov reálnej súčiastky) a prípravu podkladov pre 3D tlač (slicing)
- výber vhodnej technológie 3D tlače a materiálu/materiálov
- podporné vrstvy
- limity a obmedzenia vybranej technológie
- orientácia modelu počas tlače
- nastavenie výšky vrstiev

# 3D TLAČ - PREPROCESSING

## Proces výroby:

### preprocessing (tvorba 3D modelu)

- Tento proces zahŕňa návrh 3D modelu, vrátane získania potrebných dát (rozmerov reálnej súčiastky) a **prípravu podkladov pre 3D tlač (slicing)**
- výber vhodnej technológie 3D

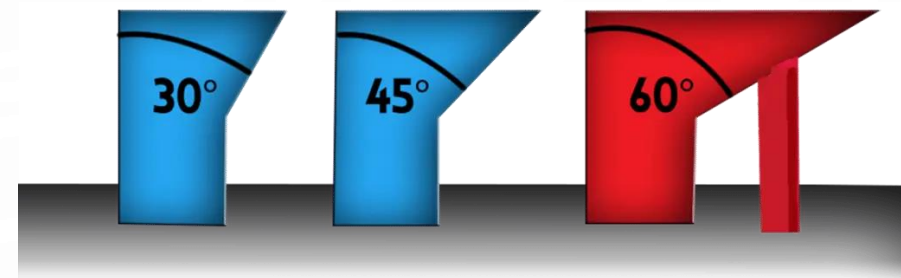
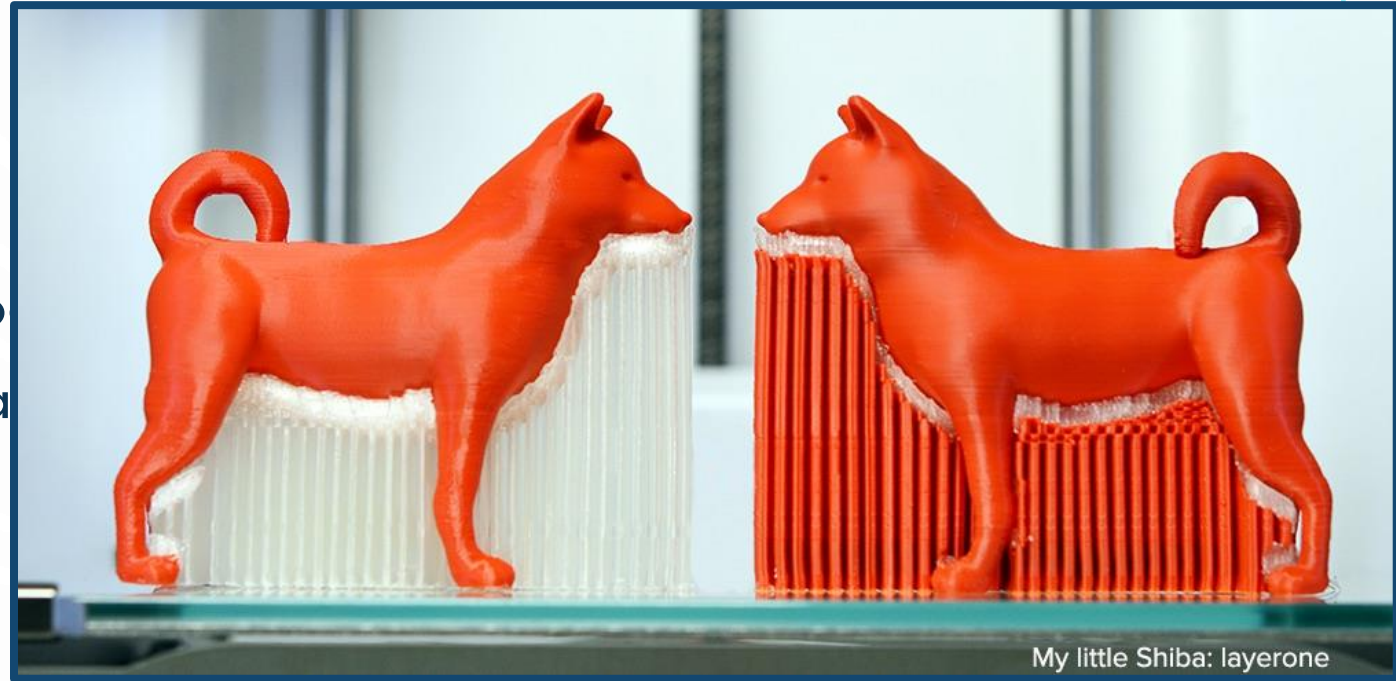


# 3D TLAČ - PREPROCESSING

## Proces výroby:

### preprocessing (tvorba 3D modelu)

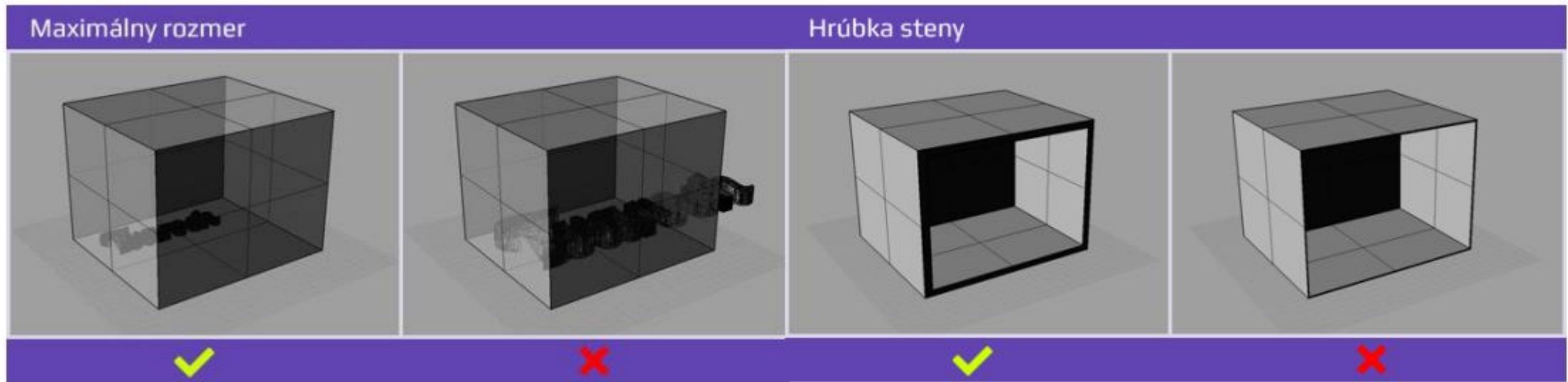
- Tento proces zahŕňa návrh 3D modelu (reálnej súčiastky) a prípravu podkladu
- výber vhodnej technológie 3D tlače
- **podporné vrstvy**
- limity a obmedzenia vybranej technológie
- orientácia modelu počas tlače
- nastavenie výšky vrstiev





# 3D TLAČ - PREPROCESSING

## Proces výroby:



- **limity a obmedzenia vybranej technológie**
- orientácia modelu počas tlače
- nastavenie výšky vrstiev

# 3D TLAČ - PREPROCESSING

## Proces výroby:

prep

• Ter

rec

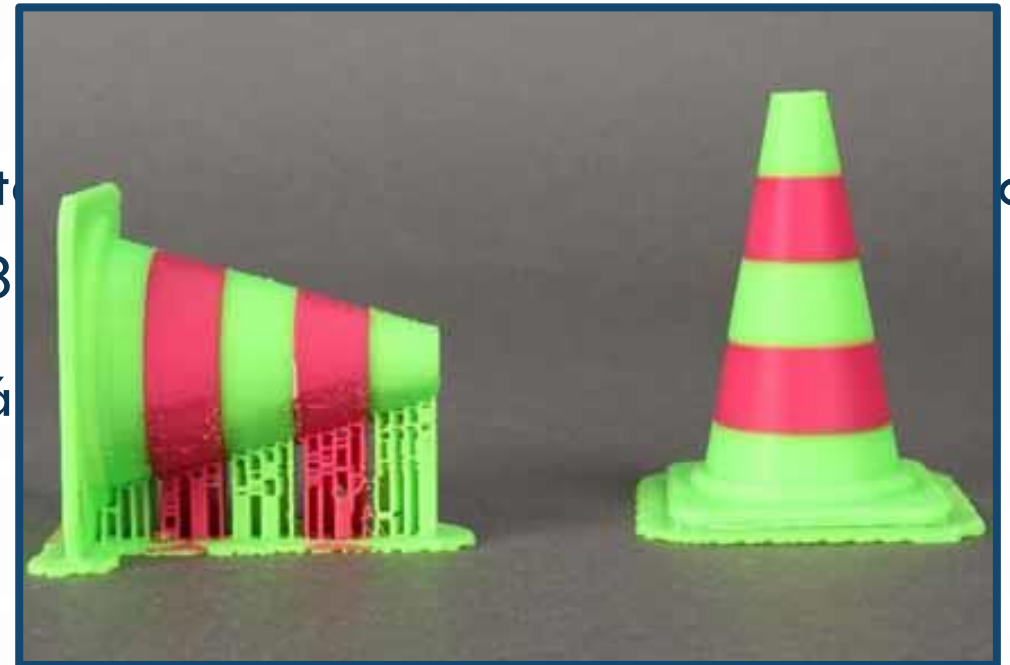
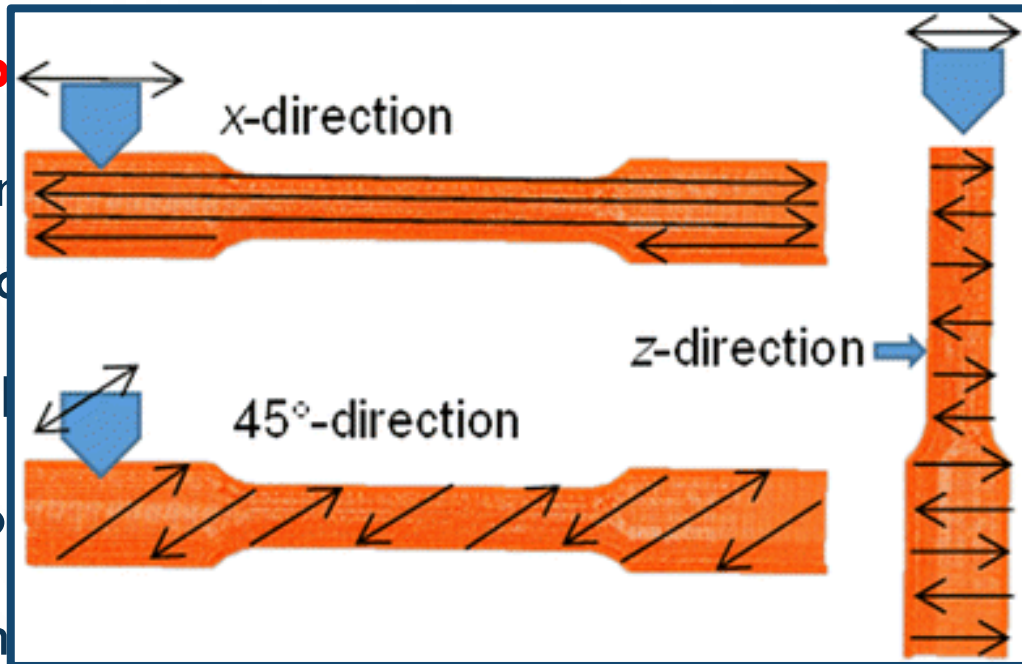
• výl

• po

• lim

• orientácia modelu počas tlače

• nastavenie výšky vrstiev



• ráte

• e 3

• eria

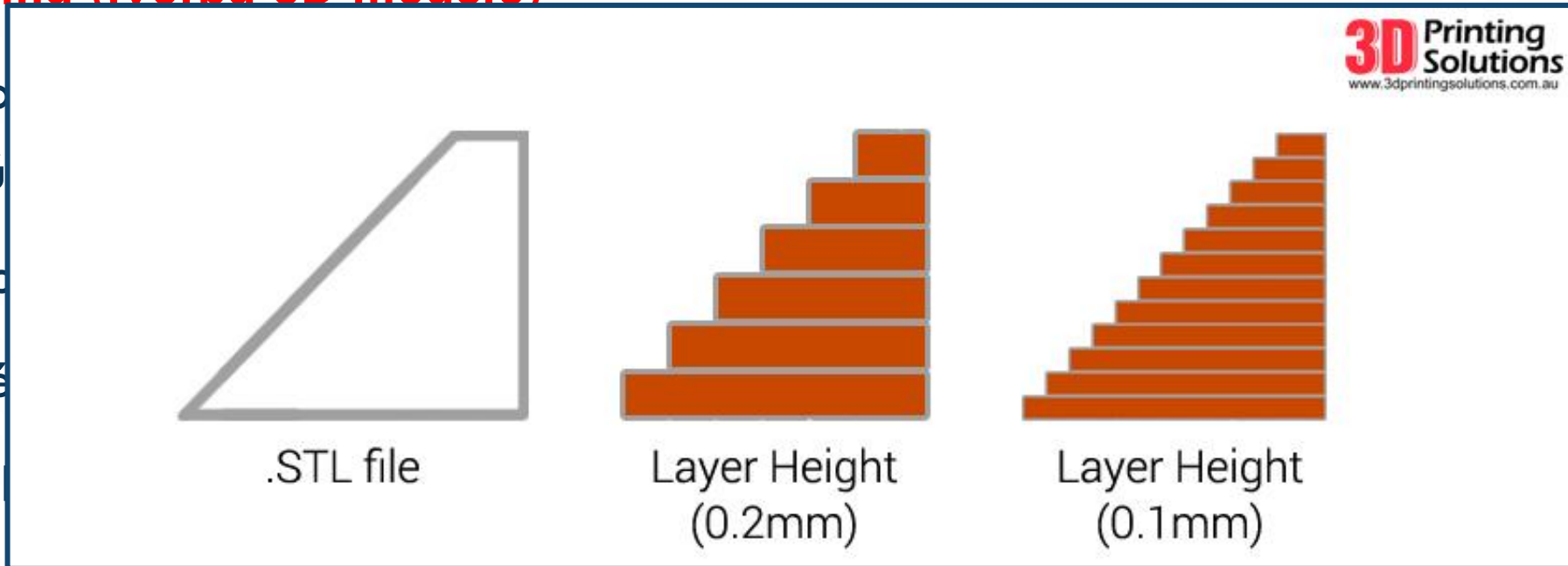
ov

# 3D TLAČ - PREPROCESSING

## Proces výroby:

### preprocessing (tvorba 3D modelu)

- Tento proces je dôležitou súčasťou reálnej výroby
- výber vhodných parametrov
- podporné štruktúry
- limity a možnosti tlače
- orientácia modelu počas tlače
- nastavenie výšky vrstiev



zmerov

# 3D TLAČ - PROCESSING

## Proces výroby:

### **processing (3D tlač)**

- Vo všeobecnosti platí, že 3D tlač je aditívny spôsob výroby, kedy postupným nanášaním a spájaním materiálu vo vrstvách vzniká výsledný objekt podľa predlohy v počítači. Aditívnym spôsobom výroby pridávame materiál, jedná sa vlastne o opačný proces ako ten, ktorý pri výrobe používajú napríklad obrábacie stroje, kedy je z celistvého kusu materiál postupne odoberaný.

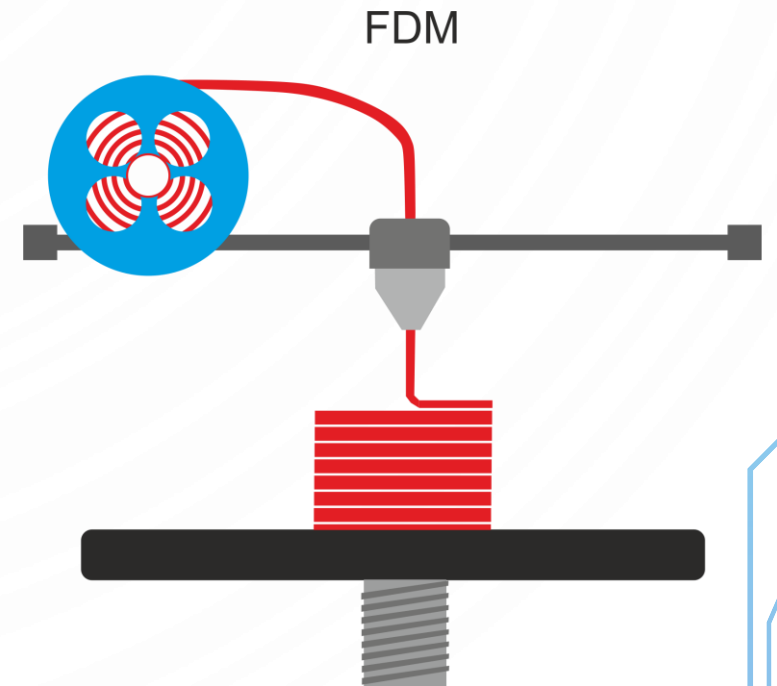
# 3D TLAČ - PROCESSING

**Fused Deposition Modeling (FDM)** alebo aj **FFF (Fused Filament Fabrication)** je spôsob 3D tlače, kde sa používa priame nanášanie materiálu roztavením v tlačovej hlave a nanášaním bod po bode vrstvu po vrstve. V súčasnosti tento spôsob najčastejšie označujeme skratkou FDM. Ako materiál sa najčastejšie používa tlačová struna v praxi označovaná ako filament. Ten je v zásobníku 3D tlačiarne uložený na cievke, z ktorej si tlačiareň materiál postupne odmotáva. Tlačová hlava 3D tlačiarne potom vrstvu po vrstve tlačí fyzicky 3D model, ktorý jej bol dodaný v digitálnej predlohe.

Filament prechádza takzvaným extruderom, ktorý ho roztaví a postupne nanáša na podložku. Postupným nanášaním po vrstvách vzniká 3D výtlačok. FDM/FFF technológia 3D tlače je najlacnejšou technológiou 3D tlače, čo je hlavný dôvod, prečo je tak veľmi rozšírená.

# 3D TLAČ - PROCESSING

Nevýhodou tejto technológie je dlhý čas tlačenja, široký rozptyl kvality tlače, ktorá je závislá na modeli tlačiarne aj použitom materiáli. V súčasnosti sú však na trhu veľmi kvalitné FDM tlačiarne a materiály, pomocou ktorých sa dá zabezpečiť veľmi vysoká kvalita tlače. Nevýhodou môže byť aj nutnosť používania podporných vrstiev hlavne v častiach previsov.



# 3D TLAČ - PROCESSING

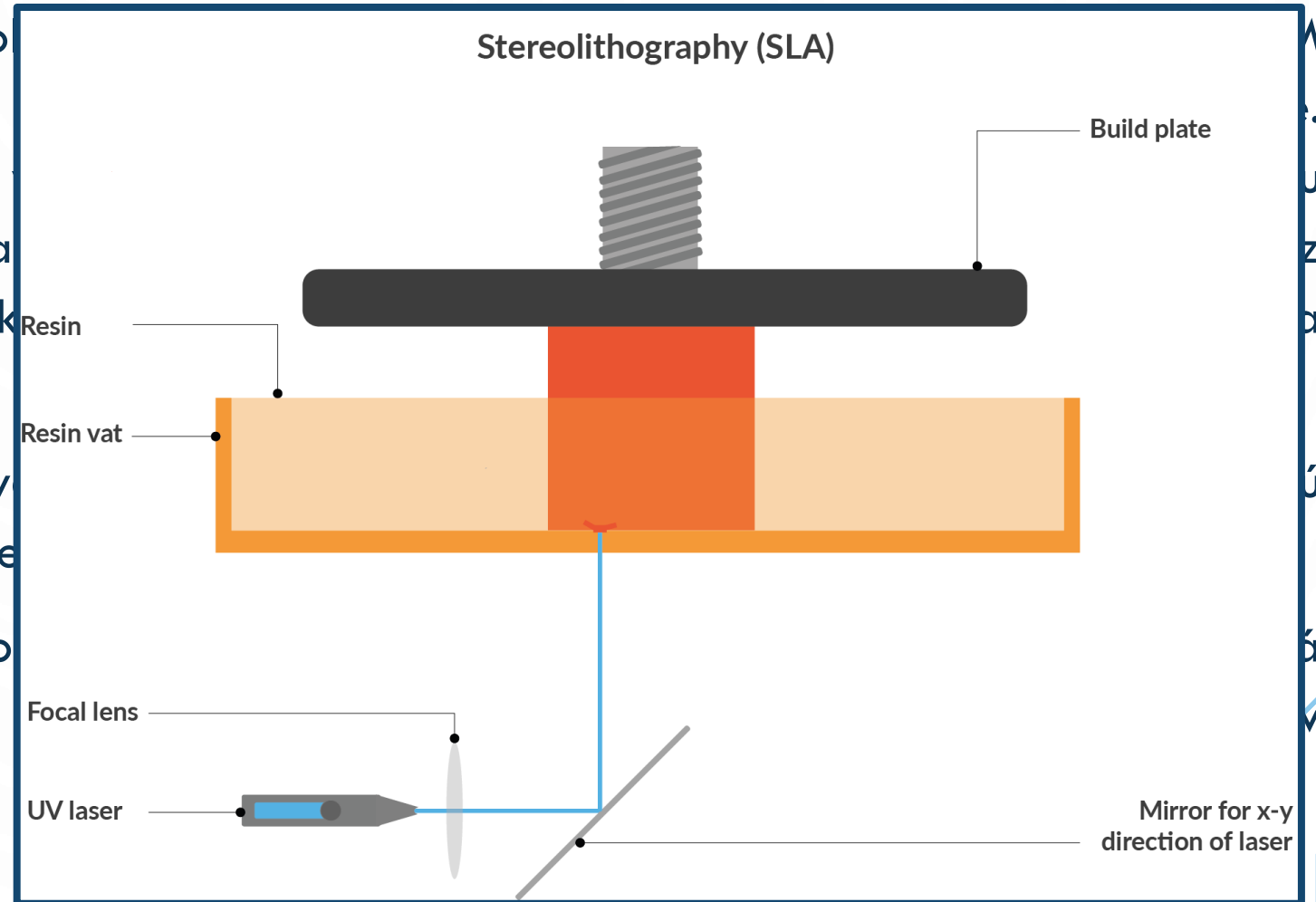
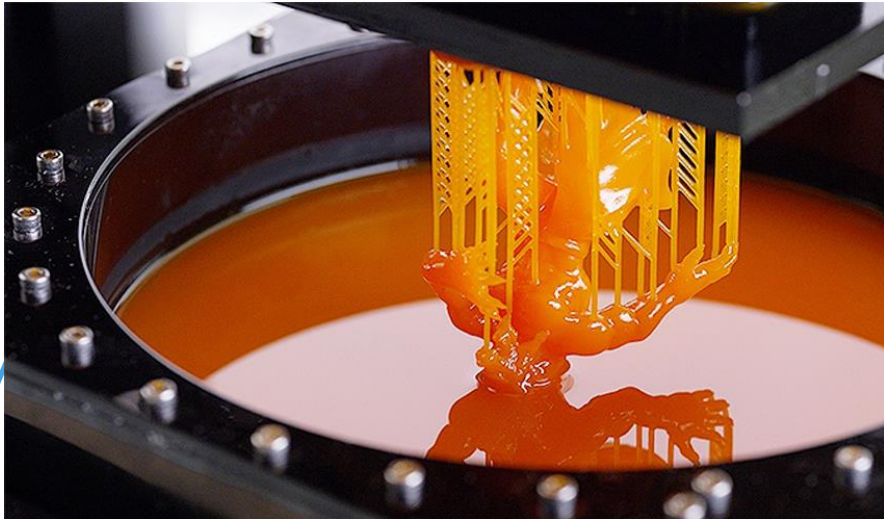
**Stereolitografia (SLA)** je prvou patentovanou technológiou 3D tlače. K vytváraníu objektov využíva UV lúč, ktorý vytvrdzuje polymérovú živicu do požadovaného tvaru. Na rozdiel od FDM 3D tlače, sa na tvorbu nevyužíva termoplast čiže tuhý materiál, ale tekutá polymérna živica. Zameraním lasera na určité miesto vznikne vrstva čiastočne vytvrdeného polyméru. Na túto vrstvu sa nanášajú ďalšie vrstvy. V praxi to vyzerá ako keby sa samotný objekty “vyťahoval” z tekutiny. Po dokončení tlače sa tekutý materiál odstráni a výsledný produkt je veľmi hladký a presný.

Tento spôsob 3D tlače sa využíva hlavne na veľmi malé objekty, kde požadujeme vysokú presnosť resp. vysoké detaily modelu, napr. miniatúry sôch alebo modelov.

Nevýhodou je ale pomalá rýchlosť tlače a problematická tlač vertikálnych štruktúr. Pomalá rýchlosť tlače priamo negatívne vplýva na výslednú cenu modelu. Preto sa využíva len v špecifických prípadoch.

# 3D TLAČ - PROCESSING

**Stereolitografia (SLA)** je prvou patentovanou technológiou 3D tlače. K vytváraníu objektov využíva UV lúč, ktorý stvrdzuje po 3D tlače, sa na tvorbu nevyužíva. Zameraním lasera na určité miesto sa nanášajú ďalšie vrstvy. V praxi sa používajú tekutiny. Po dokončení tlače sa tekutina odstraňuje a objekt je presný.





# 3D TLAČ - PROCESSING

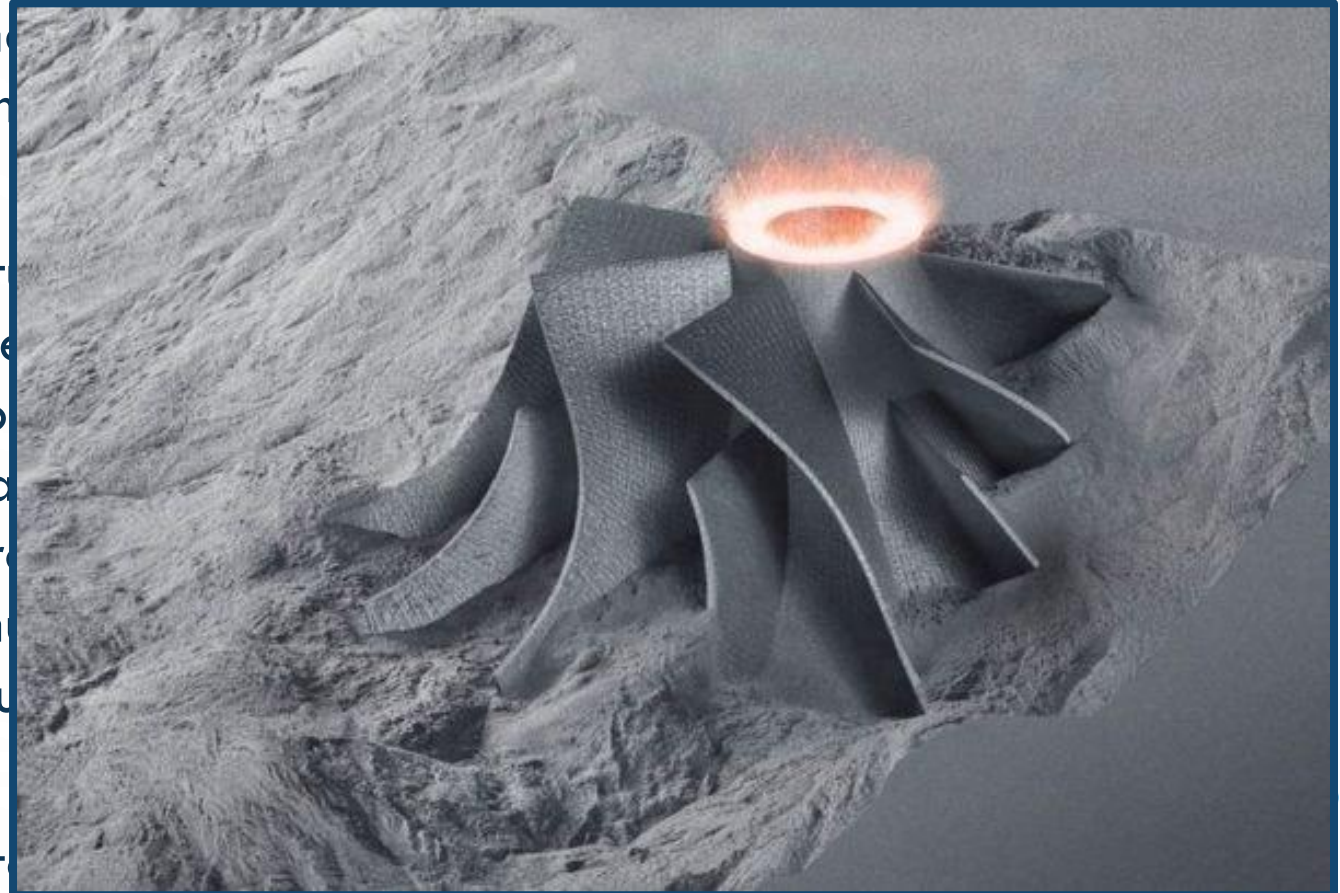
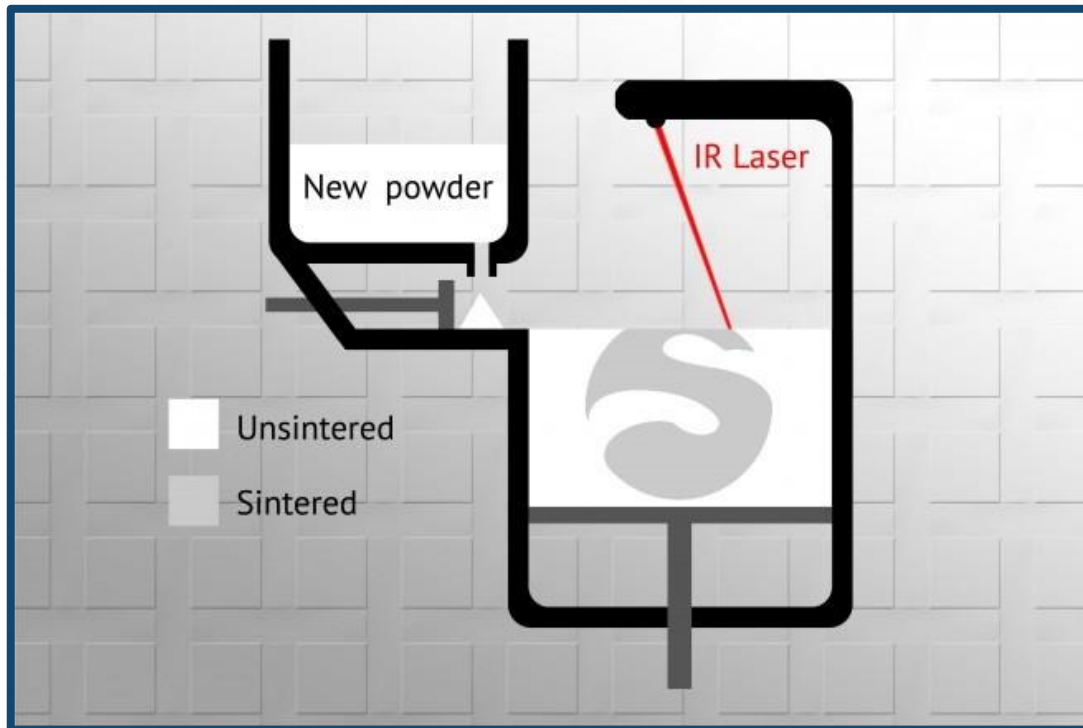
Ďalšou technológiou je **technológia SLS (Selective Laser Sintering)**. U tejto technológie, ktorá je podobná SLA, sú využívané práškové materiály (plast, kov a keramické prášky), ktoré sú natavované presnejšie povedané spekané laserovým lúčom. Niekedy je táto technológia označovaná tiež ako laserové sintrovanie.

Laser vytvrdzuje požadovaný tvar objektu do materiálu vo forme pevného prachu, ktorý je umiestnený na tlačovej doske. Po stvrdnutí jednej vrstvy stroj nanesie ďalšiu tenkú vrstvu prachu a tú laser znova vytvrdí. Výtlačok je po dokončení potrebné doslova vyhrabať z prachu a opatrne ho očistiť. Výsledkom sú veľmi presné a odolné výtlačky. Tlačiarne fungujúce na princípe laserového sintrovania sú profesionálne stroje, ktoré nachádzajú využitie v oblasti priemyselnej výroby a výroby prototypov k funkčnému testovaniu. Základným rozdielom je, že výsledné materiály už nemusia byť z plastu ale môžu byť priamo z kovov alebo iných pevných materiálov ako napr. keramika.

Jedná so veľmi nákladnú technológiu, ktorú používajú hlavne veľké firmy, ktoré nehľadajú kompromisy ale požadujú tú najvyššiu kvalitu.

# 3D TLAČ - PROCESSING

Ďalšou technológiou je **technológia SLS (Selective Laser Sintering)**. U tejto technológie, ktorá je podobná SLA, sú využívané práškové materiály.



Jedná so veľmi nákladnú technológiu, ktorá má svoje kompromisy ale požadujú tú najvyššiu kvalitu.

# 3D TLAČ - PROCESSING



FDM

SLA

SLS

# 3D TLAČ - PROCESSING

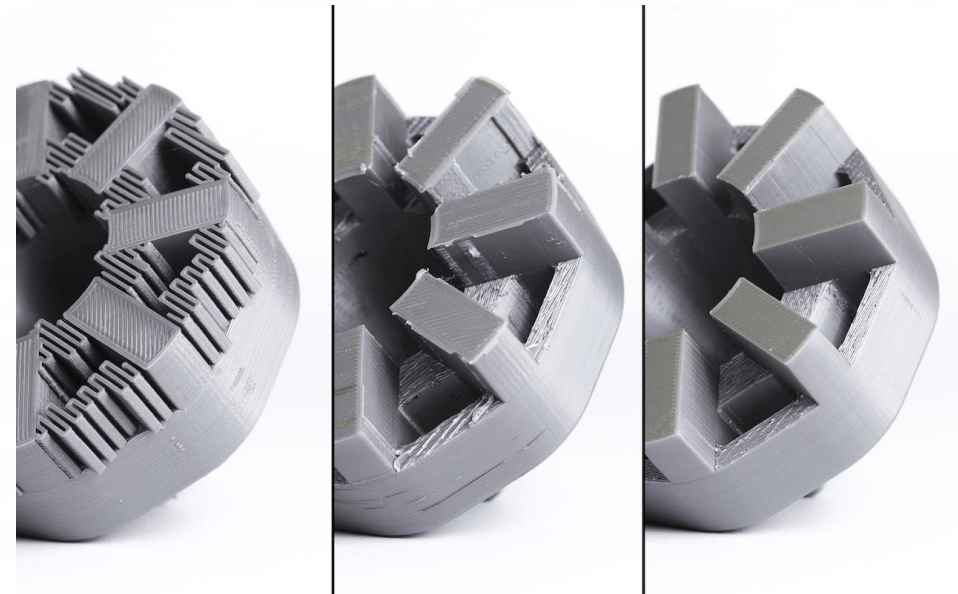
- **DMLS (Direct Metal Laser Sintering)** – spekanie kovového prášku, princíp SLS
- **EBM (Electron Beam Melting)** – tavenie materiálu elektrónovým lúčom. Kovový prášok (zliatiny titánu) sa pomocou elektronových lúčov roztaví a vo vrstvách vytvára model. Proces prebieha vo vákuu. Veľkou výhodou je okrem presnosti aj vlastnosti hotovej súčiastky. Nájdeme ju v strojárskom, automobilovom priemysle a medicíne. Ide o veľmi drahú metódu.
- **Material jetting** - tlač voskových modelov.
- **DLP (Digital Light Processing)** - Podobná ako metóda SLA. Líši sa ale v zdroji svetla, kde DLP využíva oblúkové lampy alebo displeje z tekutých kryštálov. Výrobky dosahujú vysokú presnosť ako aj pri SLA. Ale okrem toho, že je táto metóda rýchlejšia, produkuje menej odpadu vďaka plytšej vani a je cenovo priaznivejšia.

# 3D TLAČ - POSTPROCESSING

## Proces výroby:

### postprocessing (čistiace a dokončovacie práce)

- Posledná fáza výroby, kde už hotový 3D model podstupuje dokončovacie operácie.
- Brúsenie, odstraňovanie podporných vrstiev, zjemnenie povrchu súčiastky, ošetrenie povrchovej vrstvy.

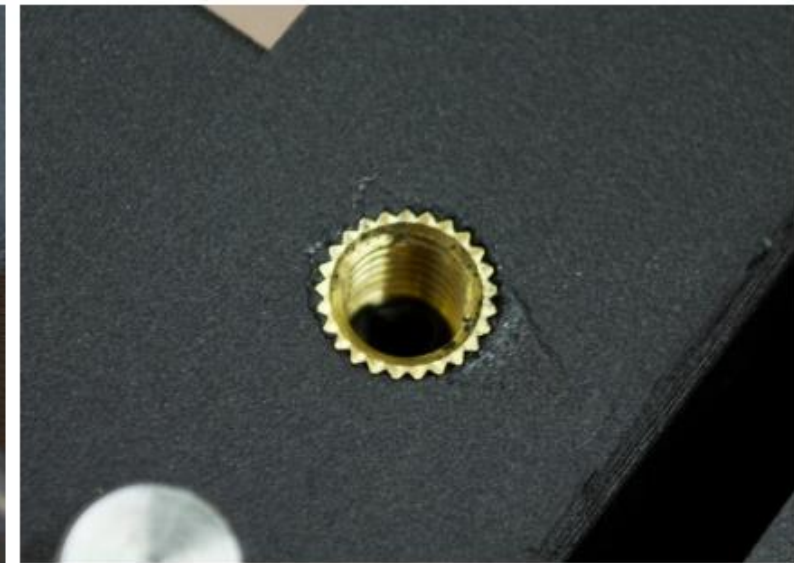
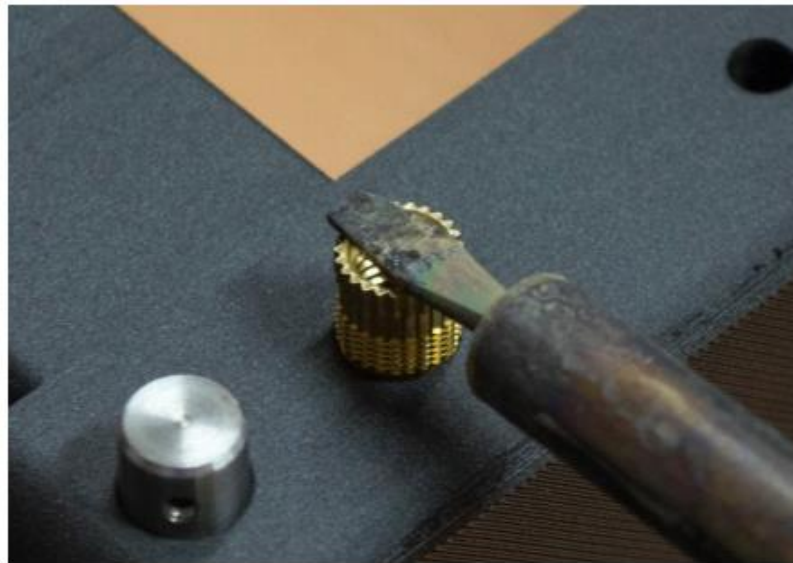


# 3D TLAČ - POSTPROCESSING

Proces výroby:

**postprocessing (čistiace a dokončovacie práce)**

- Závity v 3D tlači



# 3D TLAČ - POSTPROCESSING

Proces výroby:

**postprocessing (čistiace a dokončovacie práce)**

- Závity v 3D tlači



# 3D TLAČ - MATERIÁLY

## Polymérne materiály využívané v 3D tlači:

**PLA** – *Polylaktid* je najčastejšie používaným materiálom pre 3D tlač. Je biologicky odbúrateľný, ľahko sa z neho tlačí a je veľmi tvrdý. Je vyrábaný z kukurice alebo cukrovej repy a trstiny. Vďaka nízkej teplotnej rozťažnosti je to perfektná voľba pre tlač veľkých objektov ale aj pre tlač malých a detailných objektov. Je však nevhodný pre tlač objektov pre vonkajšiu aplikáciu. Jediný materiál, ktorý je overený pre tlač 50 mikrometrových vrstiev.

Nízka cena, široký výber farieb a veľká dostupnosť.

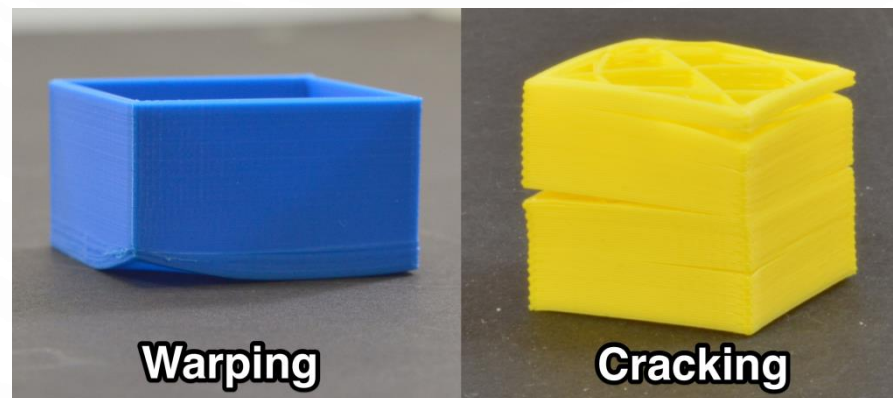




# 3D TLAČ - MATERIÁLY

## Polymérne materiály využívané v 3D tlači:

**ABS** – *Akrylonitrilbutadiénstyrén* je veľmi pevný a všestranný materiál s výbornou tepelnou odolnosťou. V priemysle sa plast ABS už dlhodobo používa na výrobu automobilových dielov alebo napríklad na kryty rôznych zariadení. Je odolný voči vlhkosti, ale aj kyselinám či olejom. Požíva sa hlavne na výrobu mechanických dielov s požiadavkou na vysokú mechanickú pevnosť. **Hlavnou nevýhodou ABS plastu je vysoký stupeň zmrštenia počas chladnutia, preto sa neodporúča pre tlač veľkých modelov.**



# 3D TLAČ - MATERIÁLY

## Polymérne materiály využívané v 3D tlači:

**PET/PETG** sa vyznačuje vysokou mechanickou pevnosťou, preto sa odporúča pre tlač väčších a zložitých mechanických častí. PETG je húževnatý, tak akurát pružný a vďaka tomu sa pri namáhaní často iba dočasne ohne čo zabráni prasknutiu.



# 3D TLAČ - MATERIÁLY

## Polymérne materiály využívané v 3D tlači:

**FLEX** je flexibilný filament. Ponúka úplne nové možnosti v oblasti 3D tlače. Na rozdiel od štandardných materiálov určených pre 3D tlač, disponuje vysokou ohybnosťou, výborným prepojením jednotlivých vrstiev ale aj elasticitou. Vytlačené modely sú preto nielen pružné ale aj veľmi odolné, v mnohých prípadoch je skoro nemožné ich roztrhnúť alebo poškriabať. V súčasnosti sú na trhu dostupné viaceré variácie tvrdosti FLEX materiálov, väčšinou označované číslami a písmenami od 60A (najohybnější) až po 90A, ktorý je najtvrdší. Samozrejme mnohí výrobcovia majú ešte vlastné označenia, no vo všeobecnosti platí čím nižšie číslo, tým ohybnější/mäkší materiál.



# 3D TLAČ - MATERIÁLY

## Polymérne materiály využívané v 3D tlači:

**Nylon** je v oblasti 3D tlače používaný len vo výnimočných prípadoch a to hlavne na tlač mechanických dielov, na ktoré sú kladené tie najnáročnejšie požiadavky na mechanické vlastnosti a chemickú stálosť. Nylon je vhodný aj na prototypovanie a testovanie modelov pre projektantov a mechanických súčiastok. Nevýhodou je zložitá 3D tlač a vysoké požiadavky na skladovanie filamentov a abrazívnosť.



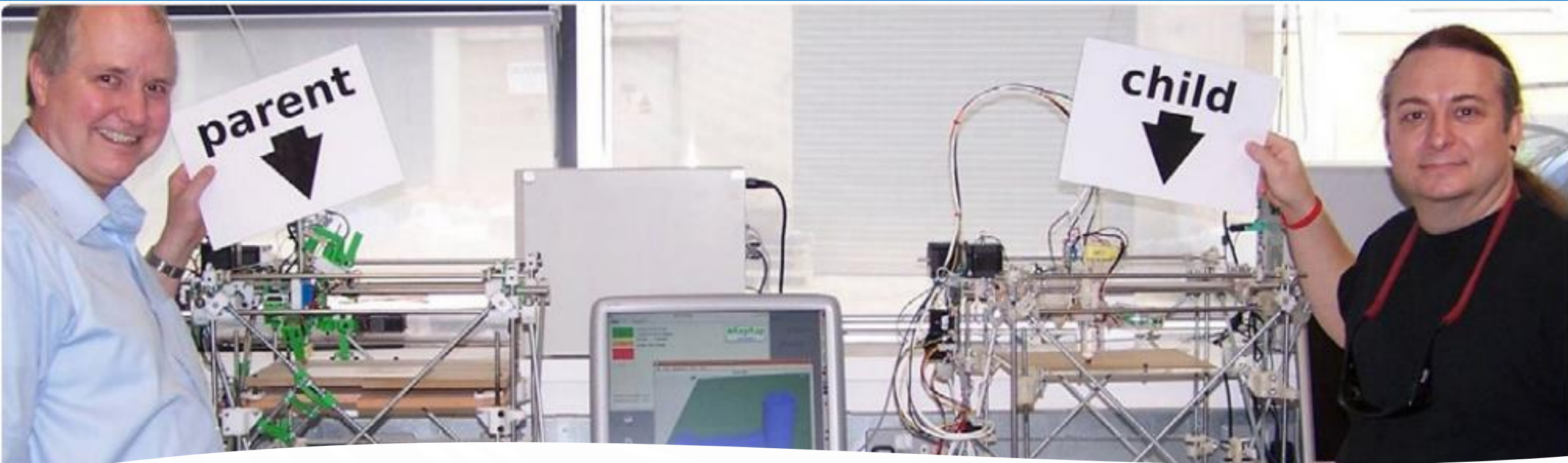
# 3D TLAČ - MATERIÁLY

## Polymérne materiály využívané v 3D tlači:

**Kompozitné materiály** (corkfill, copperfill, bronzefill, karbon a podobne) sú založené na hlavnej plastovej zložke a sekundárnom materiály vo forme jemného prachu. Tieto materiály sú počas tlače veľmi abrazívne, preto vyžadujú pri dlhodobej tlači špeciálne trysky. Tento faktor veľmi ovplyvňuje cenu tlače, ktorá v prípade napríklad karbónových materiálov narastá z dôvodu nutnosti použitia špeciálnych častí 3D tlačiarne. Hlavnou výhodou týchto filamentov je vzhľad, ktorý pripomína priamo vzhľad kovu, carbonu, alebo dreva. V mnohých prípadoch nielen pripomína daný materiál ale má aj jeho vlastnosti.



# 3D TLAČ - REPRAP



- 2005, University of Bath, England, Adrian Bowyer

- open source 3D printer

- samoreplikácia tlačiarne - navrhnuť 3D tlačiareň, ktorá bude môcť vytlačiť, čo najviac svojich súčiastok

# 3D FORMÁTY

Najčastejšie používané 3D formáty (formáty 3D modelov):

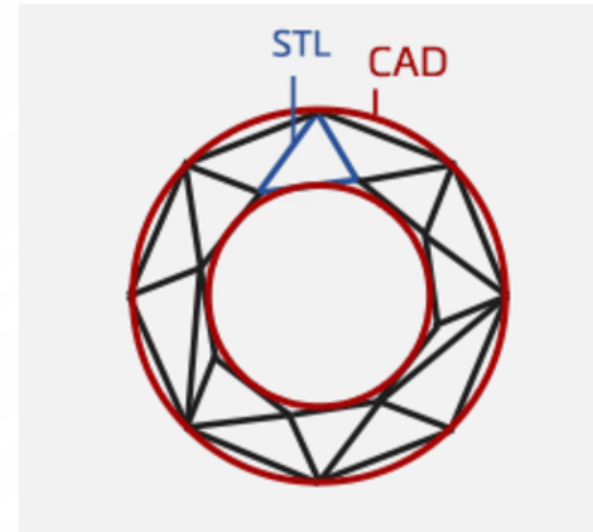
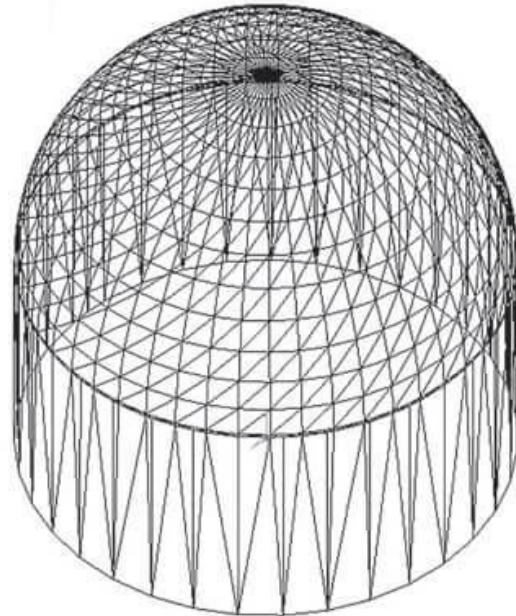
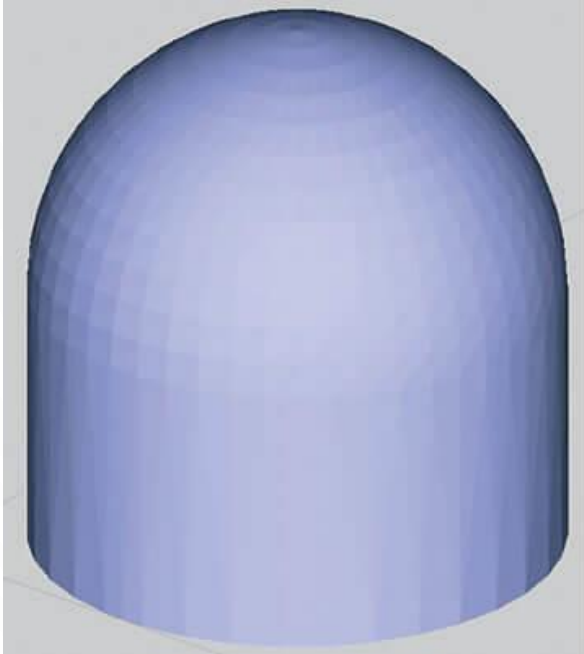


3D file format	Type
STL	Neutral
OBJ	ASCII variant is neutral, binary variant is proprietary
FBX	Proprietary
COLLADA	Neutral
3DS	Proprietary
IGES	Neutral
STEP	Neutral
VRML/X3D	Neutral

# 3D FORMÁTY

## Najčastejšie používané 3D formáty (formáty 3D modelov):

**STL** – neutrálny (natívny) formát vytvorený firmou 3D Systems. STL súbor popisuje iba geometriu povrchu trojrozmerných objektov bez reprezentácie farby, textúr a iných atribútov CAD modelov. Ide o povrch modelu vyskladaný iba trojuholníkmi (3 vertexy + normála).





# 3D FORMÁTY

**Najčastejšie používané 3D formáty (formáty 3D modelov):**

**STP/STEP** – súbor ukladá 3D objekty tak, ako boli vytvorené, nedochádza teda ku konvertovaniu objektov, ako je tomu v prípade stl. STP je možné znova upravovať.



Ďakujem za pozornosť.

---



**Faculty of Electrical Engineering  
and Informatics**

**Peter Lukacs, Ph.D.**

Department of Technologies in Electronics  
Faculty of Electrical Engineering and Informatics  
Technical University of Košice  
Košice, Slovakia  
[peter.lukacs@tuke.sk](mailto:peter.lukacs@tuke.sk)