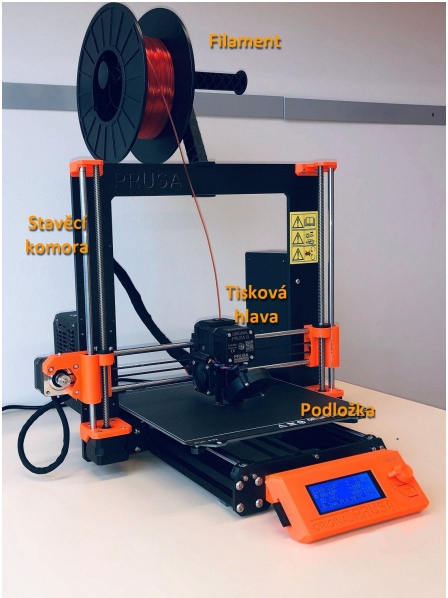
KATEDRA
INFORMATIKY
UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Tiskárna, materiály

KMI/3DT 3D tisk

Mgr. Markéta Trnečková, Ph.D.
www.marketa-trneckova.cz

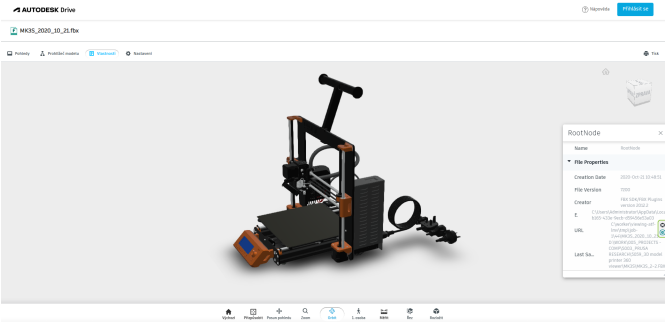
FDM 3D tiskárna



FDM 3D tiskárna

360 viewer

- Průša tiskárny modely
- Prohlížeč modelu – soupis všech částí + jejich zvýraznění
- Možnost rozložení
- `https://prusa3d.com/360viewer`



Kritéria při volbě tiskárny

- Podložka
- Velikost stavěcí plochy
- Z-rozlišení
- Průměr filamentu
- Tisková hlava – Hot end
- Extruder, počet extruderů
- Ovládání
- Senzory

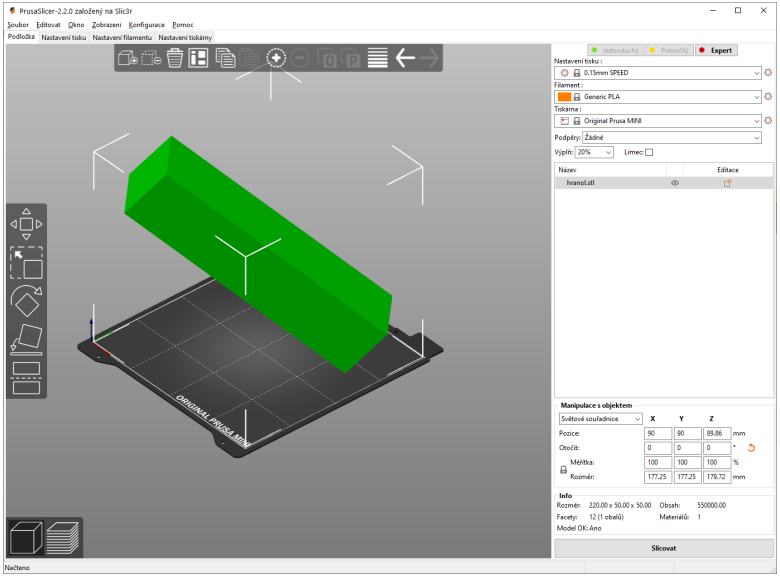
Stavěcí komora, krokové motory

- **Stavěcí komora**: oblast tisku
- **Krokové motory**: rozlišení tiskárny

Příklad

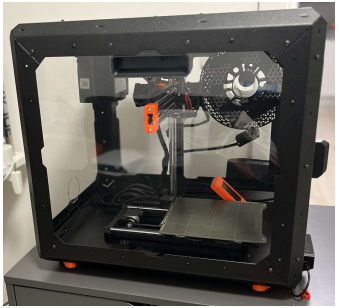
Velikost tiskové oblasti tiskárny Originál Průša Mini je $18 \times 18 \times 18$ cm. Je možné na tiskárně vytisknout hranol $5 \times 5 \times 20$ cm?

Stavěcí komora, krokové motory



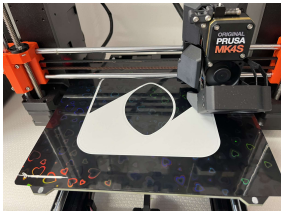
Enclosure

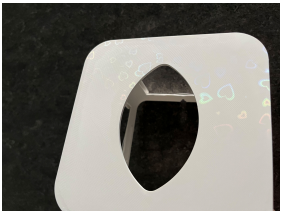
- udržuje teplotu – možnost tisku z pokročilejších materiálů
- filtr a jiné doplňky
- Originál Průša Mini enclosure



Podložka

- Vyhřívaná podložka: 40-110C
- Povrch:
  - Hladký
  - Texturovaný
- Povrchová úprava
- Odnímatelná podložka
- Kalibrace

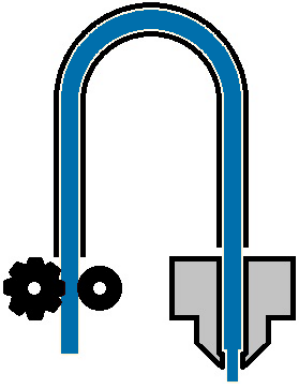




Extruder – Cold end

Direct

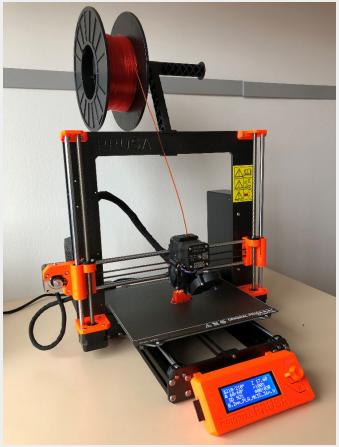
Bowden

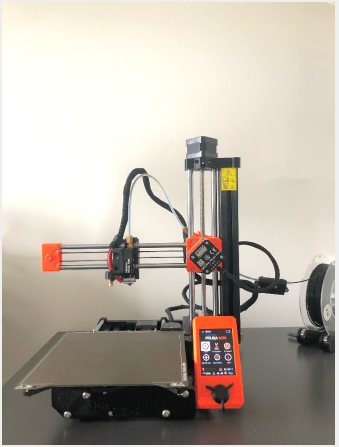


Extruder - příklad

Příklad

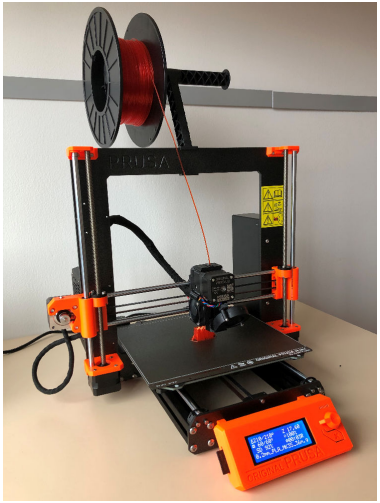
Která z tiskáren má bowdenový a která přímý extruder?





Extruder - příklad

Direct

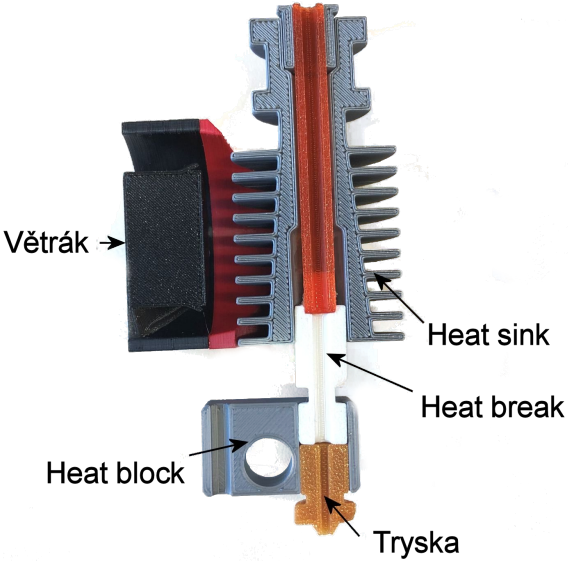


Bowden

Hot end

- PTFE/PEEK
- Kovové

- Tryska (Nozzle)
- Heat block
- Heat break
- Heat sink



Hot end

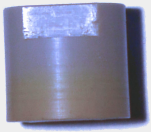
Příklad

Pojmenujte jednotlivé části hot endu.

(a)

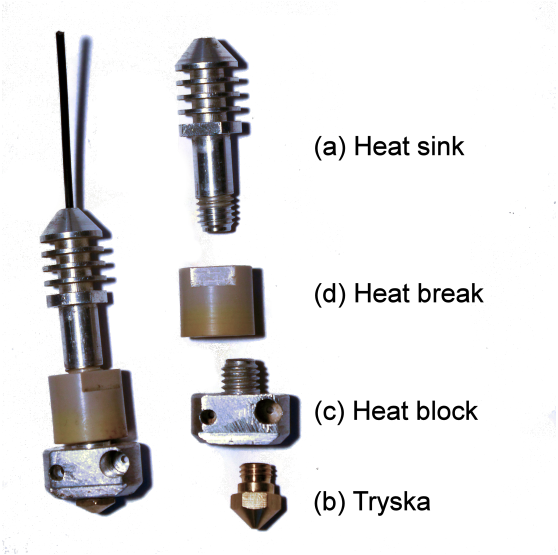
(b)

(c)



(d)

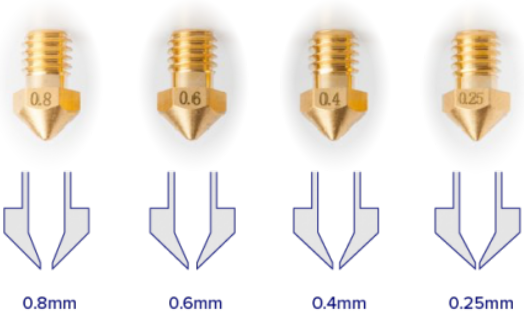
Hot end



Hot end

Tryska

- průměr trysky – nejčastější 0,4 mm
- materiál, ze kterého je vyrobená
- snadnost výměny trysky



Senzory a moduly

- **Automatická kalibrace první vrstvy** (bed leveling)
  - manuální kalibrace pomocí šroubů
  - kalibrace zkroucení podložky – mesh bed leveling
  - úplně automatická kalibrace
- **Senzor filamentu**
  - přerušení tisku, pokud došel filament
- **Další rozšíření**
  - wifi modul
  - multimateriálové upgrady
  - a jiné

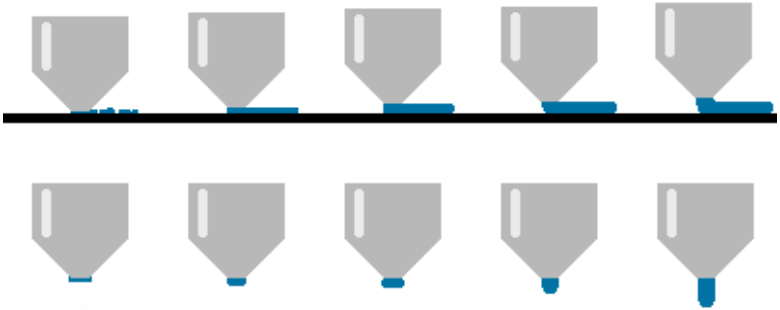
Filament

- Různé materiály, barvy
- Průměr: 1.75 mm, 2.85 mm (3 mm)
- Výběr filamentu:
  - Síla
  - Flexibilita
  - Přesnost
  - Speciální podmínky

Kalibrace tiskárny

- Extruze – Extrusion
- Retrakce – Retraction
- Pozice extruderu vůči podložce – Bed leveling
- Kalibrace jednotlivých os

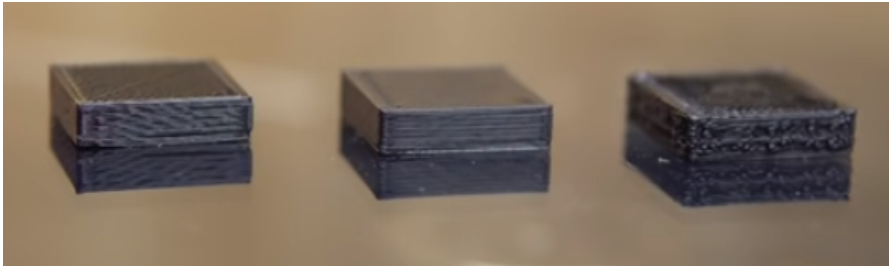
Bed leveling



- příliš blízko
- blízko
- akorát
- daleko
- příliš daleko

Kalibrace: Kalibrace podložky tiskárny

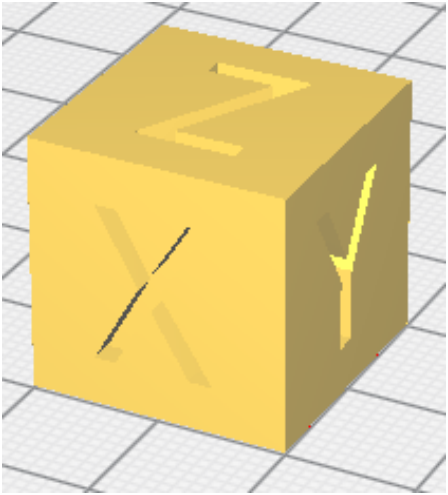
Extruze



- Under extrusion
- Right extrusion
- Over extrusion

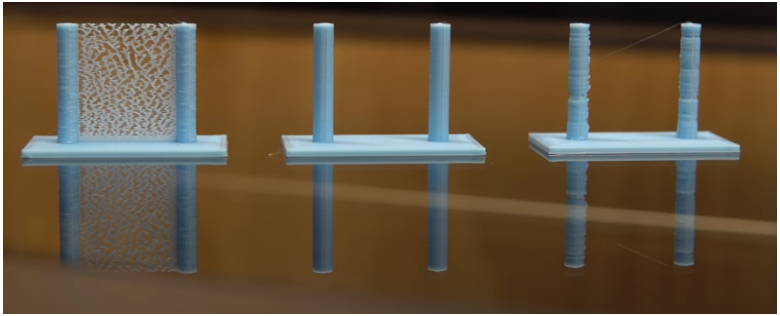
Kalibrace: Vytlačení určitého množství filamentu - výpočet chyby

X, Y, Z kalibrace



Kalibrace: Nastavení motorů

Retrakce



- bez retrakce
- správná retrakce
- příliš retrakce

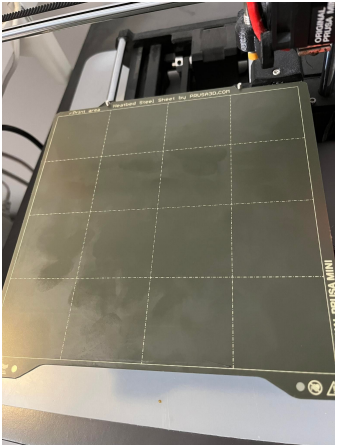
Kalibrace: Nastavení sliceru

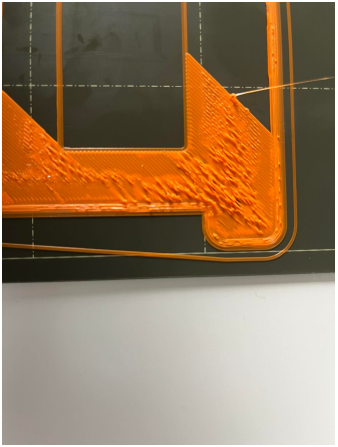
Údržba tiskárny

- Pravidelná údržba – po několika stovkách tiskových hodin
- čistý tiskový plát
- volný pohyb os
- čištění trysky a hotendu
- čištění a utahování extruderu
- čištění a mazání tyčí
- průchodnost extruderu
- updatování frmware

Údržba tiskárny

Čistý tiskový plát





- čištění pomocí IPA

Údržba tiskárny

Hotend

- čistý hotend
- průchodnost trysky – cold pull

Údržba tiskárny

Jednotlivé osy

- kontrola přesnosti os
- mazání tyčí a ložisek
- volný pohyb os

Údržba tiskárny

Extruder

- čištění:
  - snižuje hlučnost
  - zvyšuje přesnost
- odstranění zbytků filamentu
- mazání

Materiály

- termoplasty
- kov
- netradiční materiály
- termolasty s příměsí:
  - vzhled
  - vlastnosti

Materiály

Materiál	Tisk se zakrytovanou tiskárnou	Doporučuje se drybox	Nutnost tvrzené trysky	Teplota trysky	Teplota podložky	Tisknutelné na texturovanou podložku	Tisknutelné na hladkou PEI podložku	Tisknutelné na saténovou podložku	Rozpustné běžnými rozpouštědly	Teplotní odolnost	Rázová houževnatost Charpy	Odolnost v tahu	Cena
PLA	Ne	-	Ne	185-235 °C	50-60 °C	✓	✓	✓	✗				
PETG	Ne	Ne	Ne	215-270 °C	70-90 °C	✓	! s tyčinkovým lepidlem	✓	✗				
PETG HT	Ne	Ne	Ne	270 °C	110 °C	✓	! s tyčinkovým lepidlem	✓	✗				
ASA	Ano doporučeno	Ne	Ne	220-275 °C	90-110 °C	! s tyčinkovým lepidlem	! s tyčinkovým lepidlem	✓	✓				
ABS	Ano doporučeno	Ne	Ne	230-255 °C	95-110 °C	! s tyčinkovým lepidlem	! s tyčinkovým lepidlem	✓	✓				
PC (Polycarbonate)	Ano doporučeno	Ne	Ne	270-275 °C	100-115 °C	! s tyčinkovým lepidlem	! s tyčinkovým lepidlem	✓	✗				
CPE	Ne	Ano	Ne	275 °C	90-110 °C	✓	! s tyčinkovým lepidlem	✓	✗				
PVA / BVOH	Ne	Ano	Ne	195-215 °C	60 °C	✓	✓	✓	✓				
HIPS	Ne	Ne	Ne	225-255 °C	100-110 °C	✓	✓	✓	✓				
PP (Polypropylene)	-	Ne	Ne	220-245 °C	70-100 °C	✗ nedoporučeno	! s izolepou	-	✗				
Flex	Ne	Ano	Ne	220-260 °C	40-85 °C	✓	! s tyčinkovým lepidlem	! s tyčinkovým lepidlem	✗				
nGen	Ne	Ne	Ne	240 °C	90 °C	✓	! s tyčinkovým lepidlem	✓	✗				
PA (Nylon)	Ano doporučeno	Ano	Ne	240-285 °C	70-115 °C	! s tyčinkovým lepidlem	✗ nedoporučeno	! s tyčinkovým lepidlem	✗				
Composite materials	-	-	Ano	225-285 °C	40-115 °C	-	-	-	✗				
Wood / metal filled	Ne	Ne	-	190-260 °C	60-85 °C	-	-	✓	✗				
PVB	Ne	Ne	Ne	215 °C	75 °C	✗ nedoporučeno	✓	✓	✓				

Zdroj: `https://help.prusa3d.com/cs/materials`

PLA

- Polyactic Acid – kyselina polymléčná
- **Pro:**
  - nízká cena
  - tuhý a odolný
  - nesmršťuje se
  - nepotřebuje vyhřívanou podložku
  - dobrá trvanlivost
  - biologicky rozložitelný (ale jen v průmyslových komposterech)
- **Proti:**
  - malá tepelná odolnost
  - stringování (potřeba chladících větráků)
  - filament je křehký
  - není vhodný na použití venku

PLA+

- Více ohebný – není tak křehký
- Vypadá méně plastově
- Jednodušší tisk – lépe přilne k podložce

ABS

- Acrylonitrile Butadine Styrene
- **Pro:**
  - nízká cena
  - odolnost
  - málo artefaktů
  - tepelná odolnost
- **Proti:**
  - při chladnutí se kroutí a smršťuje
  - potřeba vyhřívané podložky
  - je cítit při tisku

ASA

- Acrylic Styrene Acrylonitrile
- **Pro:**
  - velmi odolný
  - vysoký skelný přechod
- **Proti:**
  - drahý
  - vyžaduje vyšší teploty extruderu
  - produkuje nebezpečné plyny

PET-G

- Glycol modified PET
- **Pro:**
  - lesklý a jemný povrch
  - dobře přilne k podložce
  - bez zápachu při tisku
  - recyklovatelný
  - jednotlivé vrstvy dobře přilnou
- **Proti:**
  - stringing
  - špatné vlastnosti při tisku mostů
  - vyžaduje vyhřívanou podložku
  - těžko se odlamují podpěry

PVB

- Polyvinyl butyral
- **Pro:**
  - snadné vyhlazení pomocí IPA
  - průsvitný
  - tiskovými vlastnostmi podobný PLA
  - mechanické vlastnosti podobné PET-G
- **Proti:**
  - vyšší cena
  - náchylný na vlhkost

Flexible – TPE, TPU

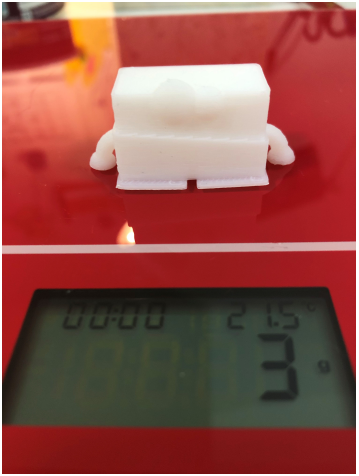
- termoplastický elasten, termoplastický polyuretan
- různá tuhost - scale A,D (0-100)
- **Pro:**
  - ohebné, jemné
  - tlumí vibrace
  - dlouhá životnost
- **Proti:**
  - obtížně se z nich tiskne
  - stringing, bubliny
  - těžko se tisknou bowdenovými extrudery

Příklad

Spočítejte na kolik vyjde vytištění modelu z PLA filamentu, když se na jeho výrobu spotřebuje 12 g materiálu, přičemž 1 kg PLA stojí 480 Kč.
Na stejný model se spotřebuje 13,5 g flexibilního materiálu, který stojí 605 Kč za 500 g.
Na kolik vyjde tisk modelu z tohoto materiálu?

HIPS

- High Impact Polystyrene
- **Pro:**
  - rozpustný v d-Limonenu, acetonu
  - nerozpustný ve vodě
  - levný
  - lehký
- **Proti:**
  - potřeba vyhřívané podložky
  - doporučená vyhřívaná komora
  - vysoká teplota tisku
  - potřeba ventilace při tisku



PVA, BVOH

- Polyvinyl Alkohol, Butenediol vinyl alcohol copolymer
- **Pro:**
  - vodou rozpustný
  - nejsou potřeba rozpouštědla
  - není potřeba další hardware
- **Proti:**
  - náchylný na vlhkost
  - špatně se skladuje
  - drahý
  - ucpává trysku

Nylon

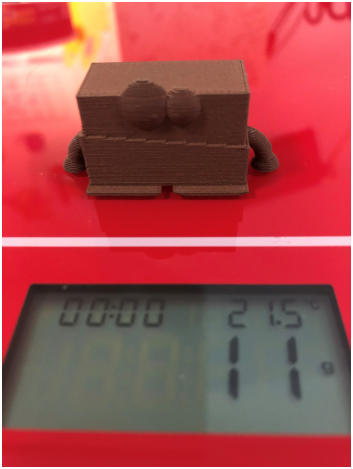
- Polyamid
- **Pro:**
  - tuhý, flexibilní
  - odolnost vůči nárazům a oděru
  - žádný nepříjemný zápach při tisku
- **Proti:**
  - náchylný ke zkroucení
  - nutné vzduchotěsné skladování
  - špatně vysušený filament vede k chybám při tisku

Příměsové – Carbon

- PLA, ABS, PET-G
- **Pro:**
  - zvyšuje pevnost a sílu
  - nesmršťuje se při chladnutí
  - lehký
- **Proti:**
  - stringing
  - abrazivní, nutná tvrzená ocelová tryska
  - křehký filament
  - ucpává trysku

Příměsové – Kov

- měď, bronz, mosaz, nerezová ocel
- **Pro:**
  - nepotřebuje vysokoteplotní extruder
  - těžší než standardní vlákna
  - kovový vzhled
- **Proti:**
  - abrazivní
  - vytištěné díly jsou křehké
  - špatně se tisknou mosty a převisy
  - drahé
  - ucpává trysku



Příměsové – Dřevo

- PLA
- **Pro:**
  - vzhled dřeva
  - nepotřebuje speciální trysky
  - příjemná vůně při tisku
- **Proti:**
  - stringing
  - ucpává úzké trysky

Netradiční materiály

- Stavba / konstrukce
- Materiály, co vypadají jako jiné
- Umělecké materiály
- Lidské tělo
- Jídlo

Stavba / konstrukce

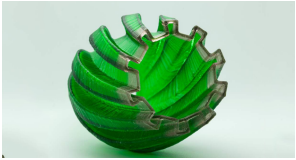
Cement, Hlína

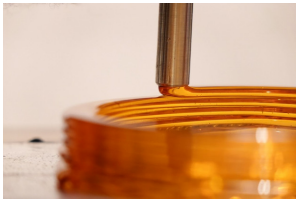
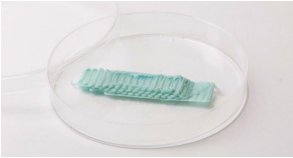
Příměsové materiály

Dřevo, Kámen, Mramor, Korek, Bambus, Len

Umělecké materiály

Vosk, Písek, Sklo, Papír, Pneumatiky, Popel



Jídlo

Čokoláda, Pivo, Cukr, Těstoviny, Žvýkačka, Různé pasty