

VYUŽITÍ 3D TISKU PŘI VZDĚLÁVÁNÍ ŽÁKŮ SE ZRAKOVÝM POSTIŽENÍM

PETR DUŠEK, SEMINÁŘ PRO ŘEDITELE, UČITELE A ASISTENTY PEDAGOGA, 20. BŘEZNA 2019

CENTRUM KOLEGIÁLNÍ PODPORY NA GYMNÁZIUM PRAZE 6, NAD ALEJÍ 5/1952, POD ZÁŠTITOU STŘEDISKA TEIRESIÁS
MASARYKOVY UNIVERZITY

KVALITA V INKLUZI ŽÁKŮ SE SPECIFICKÝMI VZDĚLÁVACÍMI POTŘEBAMI, PROJEKT Č. CZ.02.3.62/0.0/0.0/16_037/0004872

PV KA2 - ŠKOLA JAKO CENTRUM KOLEGIÁLNÍ PODPORY

3D TISK

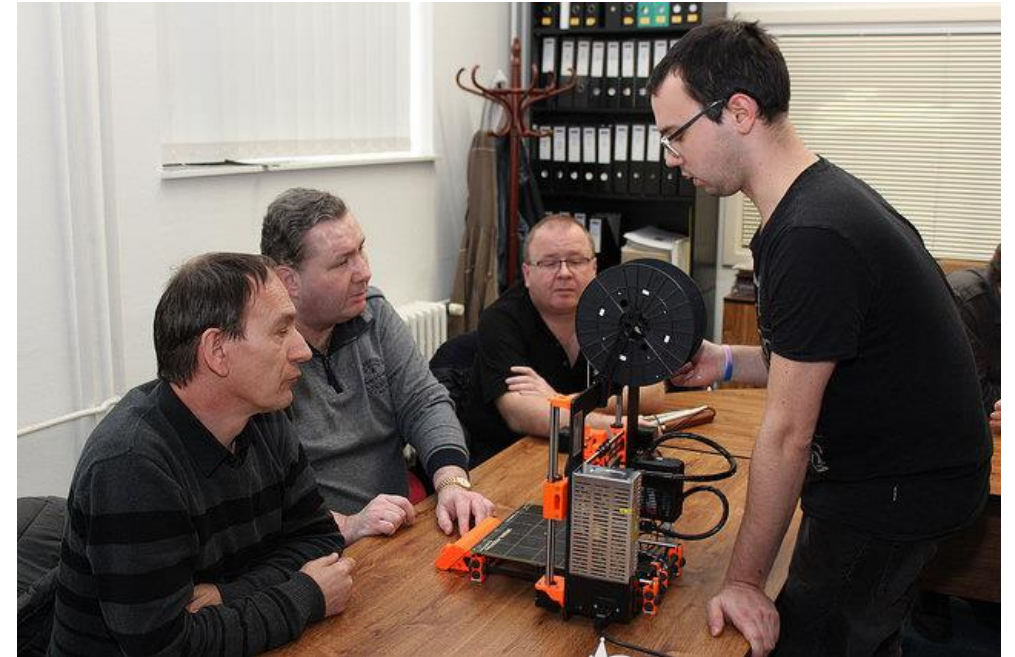
- Aditivní (tzn. přídavná) výroba, 3D printing, additive manufacturing (AM). Aditivní výrobu popisuje norma ISO/ASTM 52900:2015.
- Tvorba třírozměrných hmotných objektů.
- Na základě digitálního vstupu (souboru) – additive manufacturing file (AMF).
- „3D“ – starší, než si myslíme – viz prezentace Stručná historie 3D tisku
- 3D: trojdimenzionální (trojrozměrné) ve smyslu rozměrů kartézské soustavy souřadnic (se 3 vzájemně kolmými osami).
- 3D tisk: zlidovělý pojem pro postup syntetizace (slučování, uměle vyráběné) trojrozměrného objektu; resp. 3D aditivní (přídavná) robotizace; pojem se odkazuje se na postupy inkoustové tiskárny, kdy je tištěný materiál také injektován a odtud se význam rozšířil na další techniky (vytlačování, spékání, slinování aj.).

3D TISKÁRNY

- **FFF / FDM** – Fused Deposition Modeling: Termoplastický materiál je tavnou tryskou nanášen vláknem vedle vlákna až vznikne vrstva. Postupně je nanášena vrstva za vrstvou, až vznikne objekt.
- **SLA** – Stereolithography: Vrstva tekuté fotosenzitivní pryskyřice je vystavena UV laserovému paprsku. Objekt je budován vrstvou po vrstvě – každá vrstva je vlivem UV světla vytvrzena.
- **DLP (SLA?)** – Digital Light Processing: Na rozdíl od SLA vytvrzuje pryskyřici s pomocí digitálního projektoru a UV světla. Bliká obrázky celých vrstev na dně nádrže s pryskyřicí. Světlo je selektivně řízeno za pomoci mikrozrcadlového zařízení (stovky tisíc malinkých zrcadel – [DMD](#)).
- **LCD (SLA?)** – Bliká také kompletní vrstvy na dně nádrže s pryskyřicí, na rozdíl od DLP UV světlo prochází z řady LED, které prochází přes LCD (obrazovka slouží jako maska, propouštějící jen pixely potřebné pro danou vrstvu).
- **SLS** – Selective Laser Sintering: Obdoba SLA, ale místo tekuté pryskyřice je použit práškový materiál, který je spékán laserovým paprskem. „SLS“ se spíše používá pro slinování plastů, SLM (Selective Laser Melting), pro slinování kovů. ([ukázka desktopové SLS tiskárny](#), [The 5 Best Prof. Desktop SLS 3D Printers](#))
- **EBM** – Electron Beam Melting – navařování materiálu (prášek, drát) roztaveného působením elektronového paprsku.
- **LOM** – Laminated Object Manufacturing: lepené vrstvení plastových, papírových či kovových laminátů postupně tvarovaných nožem či laserem. ([ukázka LOM](#))
- **BJ** – Binder Jetting: tryskání pojiva; tekuté pojivo je nanášeno vrstvou za vrstvou pro spojení práškového materiálu (kovy, keramika aj.) ([ukázka BJ](#))
- **MJ** – Material Jetting: nanášení tryskáním; selektivní ukládání kapiček materiálů (polymery, vosky). ([ukázka MJ](#))
- ...

FFF / FDM 3D TISKÁRNA

- FFF (Fused Filament Fabrication) / FDM (Fusing Deposition Modeling).
- Nanášení roztaveného materiálu po vrstvách o tloušťce zpravidla od několika setin do několika desetin milimetrů.
- Patří mezi nejrozšířenější spotřebitelské (domácí) 3D tiskárny.
- Spojeny s RepRap (Replicating Rapid Prototyper), globální komunitou společně pracujících na vývoji hardwaru a softwaru.
- Výrobci FFF 3D tiskáren je mnoho – jejich přehled lze získat například v ezinu Make.
- Obvyklá konstrukce: nosný rám, tisková deska, tisková hlava (podavač a tryska), krokové motory, ventilátory, vlákno materiálu (filament), další elektronika.
- Má FFF 3D tiskárna: 25 × 21 × 20 cm (jsou i větší/menší), výška vrstvy: od 0,05 mm, průměr trysky: 0,4 mm (jsou různé), průměr tiskové struny: 1,75 mm (dříve 3 mm), spotřeba (uváděná průměrná; záleží zejména na nastavených teplotách) 70 W (pro PLA), 110 W (pro ABS).



FFF / FDM 3D TISKÁRNA

- Má FFF 3D tiskárna:
 - Tiskový prostor 25 × 21 × 20 cm (jsou i větší/menší), výška vrstvy: od 0,05 mm, průměr trysky: 0,4 mm (různé), průměr tiskové struny: 1,75 mm (dříve 3 mm), spotřeba (uváděná průměrná; záleží zejména na nastavených teplotách) 70 W (pro PLA), 110 W (pro ABS), tavná teplota materiálu kolem 190–250 °C.
 - Podporované materiály: ABS, PLA, PET, HIPS, Ninjaflex, Flex PP, Laywood, Laybrick, Nylon, Bamboofill aj.
 - Přednosti: otevřený design, integrovaný LCD, možný tisk z SD karty i z počítače, vyhřívaná podložka s kompenzací chladnějších rohů pro rovnoměrnější chladnutí během tisku, podložka méně náročná na přípravu – beze skla, není nutné používat lepidlo či ABS juice, automatická kalibrace tiskové plochy, automatická kompenzace nepřesně složených tiskových os, možné zapnutí tichého režimu.

[Možnosti použití FFF/FDM 3D tiskáren zrakově postiženými [1. část](#), [2. část](#)]



FFF / FDM 3D TISKÁRNA

- Cena 3D tiskárny: od tisíců po desetitisíce až statisíce Kč.
- Pozor na levné, zpravidla méně kvalitné nebo zastaralé.
- Dobrá je 3D tiskárna od Prusa 3D: stavebnice cca 20 000 Kč, sestavená cca 27 000 Kč. Plus Multi Material upgrade cca 7 000 Kč (není nutný). Ale nemusí vyhovovat každému.
- Cena filamentu za 1 kg: cca 450 Kč až 3 000 Kč (neuvažují-li nějaké speciální).



FFF / FDM 3D TISKÁRNA

- **Může vadit:**
 - starší modely jsou hlučnější,
 - je nutné myslet na bezpečnost (teploty trysky a podložky, mechanické součástky, elektrické součástky),
 - omezená přesnost výtisku,
 - pro někoho možná složitější ovládání,
 - více odpadu.
- **Klady:**
 - docela dobrá velikost modelovacího prostoru,
 - rozšířená komunita nadšenců,
 - u nových modelů velmi dobré výstupy,
 - cenová dostupnost materiálů.



LCD (SLA?) 3D TISKÁRNA

- Vrstva tekuté fotosenzitivní pryskyřice je vystavena UV laserovému světlu. Objekt je budován vrstvu po vrstvě – každá vrstva je vlivem UV světla vytvrzena.
- SLA / LCD / DLP: Patří mezi rozšířené spotřebitelské (domácí) 3D tiskárny – podstatně méně než FFF.
- Mnoho výrobců – některé [viz článek](#).
- Obvyklá konstrukce: vana s kapalnou pryskyřicí, deska orientovaná dolů (vnořená do vany) – na ni zespodu dopadá UV světlo (Anycubic Photon pro vytvrzení využívá 405 nm, jiné třeba 385 nm) vytvrzující pryskyřici, po každé vrstvě se deska malinko posune nahoru... Zpravidla menší modelovací prostro (Anycubic Photon I 15mm x 65mm x 155mm).
- Rozlišení: 1,25 um
- Rozlišení vrstvy: 25 až 100 um.



LCD (SLA?) 3D TISKÁRNA

- Cena podle výrobce, typu, možnosti: od tisíců, přes desetitisíce až statisíce. Zpravidla je zapotřebí dokoupit čistící a dotvrzovací zařízení – tisíce až desetitisíce.
- Resiny (pryskyřice) různých barev i pevností.
- Cena resinu za 1 kg: cca 1 500 Kč až 3 000 Kč (neuvažují-li nějaké speciální).



LCD (SLA?) 3D TISKÁRNA

- **Může vadit:**
 - menší modelovací prostor,
 - práce s chemií:
 - zápach,
 - bezpečnostní opatření – brýle, rouška, rukavice, větrání, protipožární apod.
 - teplota pro uchování resinu je kolem 21 stupňů Celsia,
 - dražší materiál (ale méně odpadu než u FFF),
 - možná citlivost na cizí UV zdroje,
 - nutné opláchnutí výtisku (izopropylalkohol),
 - zpravidla nutné po výtisku dovytvdit,
 - čištění 3D tiskárny,
 - zpravidla nutné často měnit vanu.
- **Klady:**
 - přesnější výtisky (příjemnější na pohled i hmat),
 - jistější tvarový výsledek (než u FFF),
 - resin si lze svépomocí vyrobit snáze než filament.



DIGITÁLNÍ PODKLADY PRO 3D TISK

- 3D tiskárna pracuje na základě digitálního modelu, který mu dodáme.
- Je realizováno nejčastěji:
 - CAD (computer aided design – počítačem podporované navrhování, např. OpenSCAD),
 - 3D skenerem (např. HP 3D Scan / David),
 - fotogrametricky (např. Agisoft PhotoScan Professional),
 - popř. si objekt pořídíme ve sdíleném úložišti.
- Model získaný s pomocí 3D skeneru a fotogrametrie zpravidla obsahuje mnoho chyb, které je nutné před dalším použitím ošetřit. Oproti tomu CAD model obsahuje chyb minimum anebo žádné.

VLASTNÍ NÁVRH – MODELOVACÍ SW

- Modelovací SW:
 - OpenSCAD,
 - Blender,
 - 3D Builder, SketchUP
 - ...
 - Zdarma až statisíce Kč.

VLASTNÍ NÁVRH – SKENOVÁNÍ

- XYZPrinting Scanner
 - 5 390 Kč,
 - Velikost skenovaného objektu: min. 50 až 600 mm (dokumentace uvádí víc, v praxi ale prý to je méně).
 - Vzdálenost skenovaného objektu: cca 100 až 700 mm.
 - Přesnost skenování: uváděno je od 1 do 2,5 mm.
 - Snímání barev: ano, ale nižší kvalita.
 - Dobrá specifikace je uvedena např. na webu eu.xyzprinting.com
 - Výhody: nízká cena, pro domácí použití hračka.
 - Nevýhody: pomalejší skenování, neumí skenovat příliš malé objekty, neporadí si s lesklými a transparentními objekty, neoplývá nějak závratnou přesností, malá velikost skenovaného objektu.
 - Už bych asi nekoupil.



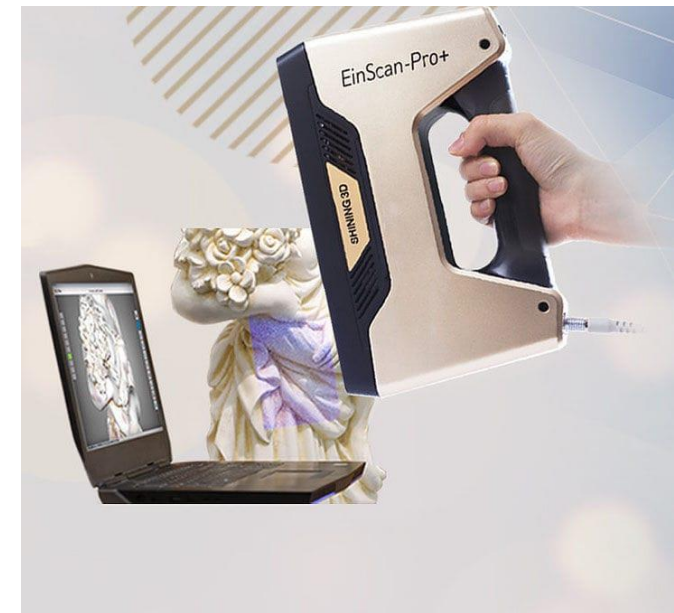
VLASTNÍ NÁVRH – SKENOVÁNÍ

- 3D Systems Sense:
 - 11 489 Kč s DPH, objednával jsem u 3Dwiser.com.
 - Velikost skenovaného objektu: cca 200 až 2000 mm.
 - Vzdálenost skenovaného objektu: cca 200 až 1600 mm.
 - Přesnost skenování: plus minus 1 mm při vzdálenosti 500 mm.
 - Snímání barev: ano, ale v praxi jsem zjistil, že nejsou příliš věrné.
 - Dobrá specifikace je uvedena např. na webu 3dsystems.com.
 - Výhody: relativní nízká cena, pro domácí použití dobré, skenuje i větší objekty.
 - Nevýhody: neumí skenovat příliš malé objekty, neporadí si s lesklými a transparentními objekty, neoplývá nějak závratnou přesností.
 - Technologie: Time of Flight.
 - Docela dobrý, ale má své limity. Tento s úspěchem využívám.



VLASTNÍ NÁVRH – SKENOVÁNÍ

- Shining3D EinScan-Pro+:
 - Od 4999 USD do 6299 USD (bez daně) (v ČR jsem ho viděl k dostání od 151250 Kč do 211750 Kč s DPH) podle vybavení.
 - Velikost skenovaného objektu: Skládá jednotlivé skeny o rozměrech 300 x 170 mm, takže zvládne i objekty velikosti člověka, automobilu atp.
 - Přesnost skenování: 0,05 až 0,3 mm podle zvoleného režimu.
 - Snímání barev: ano, nikoliv v základní verzi.
 - Dobá specifikace je uvedena např. na webu einscan.com.
 - Výhody: rychlé skenování, přesnost, různé režimy pro různá použití, pro poloprofesionální i profesionální použití.
 - Nevýhody: pro někoho vysoká cena, pro transparentní či lesklé objekty je zapotřebí na povrch skenovaného objektu nanést speciální prášek.



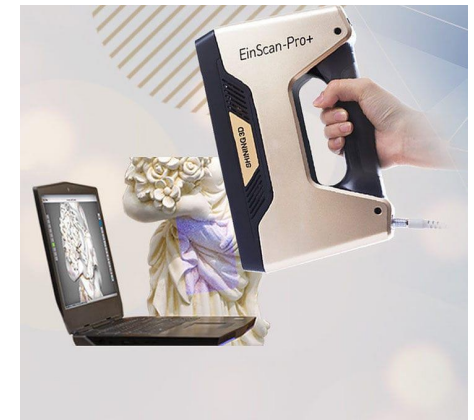
VLASTNÍ NÁVRH – SKENOVÁNÍ

- HP Structured Light Scanner Pro S3
 - Dříve známý pod označením David.
 - Cena okolo 3899 USD (bez daně).
 - Docela propracovaný skener, vhodný pro velmi přesné skeny různých předmětů (i muzeálního charakteru), spíše menších.
 - Při pořizování například busty je s ním práce docela komplikovaná.
 - Není ruční, problém s černým či lesklým povrchem (opět nutno řešit např. speciálním práškem).



VLASTNÍ NÁVRH – SKENOVÁNÍ

- Různé typy skenerů: dotykové, fotogrammetrické, laserové atd. (výše jsme si zmínili jen některé).
- Skenery různé kvality.
- Tisíce až miliony Kč.



VEŘEJNÁ / SDÍLENÁ ÚLOŽIŠTĚ

■ Obecné (všechno možné):

- [Thingiverse](#)
- [YouMagine](#)
- [PrintMeSheep](#)
- [CG Studio](#)
- [Pinshape](#)
- [Cults3D](#)
- [MyMiniFactory](#)
- [AutoDeskTinkerCAD](#)
- [ShapeWays](#)
- [Tridimensia](#)
- ...

■ Tematické:

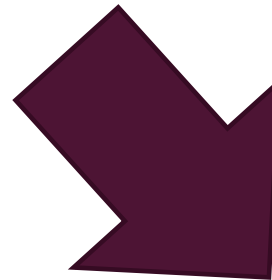
- [NASA 3D Resources](#)
- [3D Warehouse](#)
- [Britské muzeum, Louvre...](#)
- [Touch Mapper](#),
- Různí autoři, např. v rámci [YouMagine](#), [Thingiverse...](#) (možných zdrojů je poměrně hodně)
- ...

3D TISK – NÁKLADY

- Tiskárna (technologie, stáří, dodavatel, počet, doplňky...)?
- Materiál (typ, množství, odpad, čistící, doplňkový...)?
- Servis 3D tiskárny (upgrady, opravy, ...)?
- SW pro návrh?
- Skener? Fotoaparát?
- Počítač (Pro ovládání tiskárny? Pro návrh? Pro skenování? Počet?)?
- Úpravy výtisku (barvy, laky, brusný materiál UV světlo, ...)?
- Provoz dílny (Nájem? Vytápění? Zabezpečení?)?
- Ostatní (Cestování? Zmetky?)

■ Čas:

- Obsluha a servis zařízení (3D tiskárny, skenerů, počítačů, SW, ...)?
- Návrh objektu (vyhledávání již hotových, návrh nových, skenování, ...)?



- Zvážit outsourcing?
 - Různé varianty outsourcingu.
 - Zpravidla menší výběr materiálů (ale nemusí platit vždy).
 - Zpravidla delší doba dodání.
 - Šetří čas.
 - Lze získat kvalitnější výtisky (lepší stroje...).
 - Zpravidla dražší na kus.
- Zvážit **sdílené vybavené dílny** pro zájemce o 3D pro hendikepované?
 - O žádných nevím.
 - Organizačně náročnější.
 - Pestřejší vybavení.
 - ...

ZTVÁRNĚNÍ INFORMACÍ PRO VNÍMÁNÍ HMATEM

- Zvážit principy (lze vycházet z principů pro tvorbu taktilní grafiky – např. dle Jesenského):
 - lakoničnosti: informačně a funkčně nepodstatné detaily do díla nezahrnujme (např. detaily architektury – okna, antény, odlesky...),
 - akcentace základních prostředků smyslového podráždění: zvýrazňujeme informačně důležité části díla (např. Saturnův prstenec, a le třeba i účelová úprava kráteru),
 - zvýraznění struktury: zvýrazňujeme podstatné prvky, které určují strukturu díla (např. zvýraznění tvaru galaxie, Saturn..., křivky zdůrazňující pohyb...),
 - osamostatnění: oddělujeme relativně nezávislé informace (např. řez planetou zobrazující její strukturu, oddělení popisků..., ale klidně i zcela osamostatnit znázornění dráhy planety, komety...),
 - zobecnění a unifikace: dílo racionálně zobecňujeme, použijeme značky a symboly pokud možno unifikované (např. jasnost hvězd (od do) v podobě různě velikých kotoučků),
 - fázovosti: haptizujeme-li nějaké procesní informace, dostatečně vyjadřujeme jednotlivé fáze (např. Manhattan před a po 11. září 2001, fáze zatmění Slunce...),
 - využívání běžných asociací, stereotypů a mnemotechniky: je-li to možné, navozujeme přirozený vztah mezi dílem a realitou (Slunce má vyšší teplotu než planety, hvězdy viděné pozorovatelem ze Země jsou na pomyslné sféře...).
- Oproti taktilní grafice je nutné klást zvýšený **důraz na bezpečnost**.

BEZPEČNOST

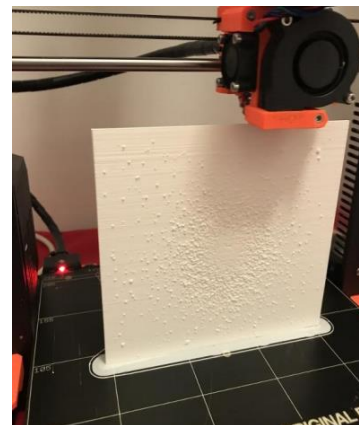
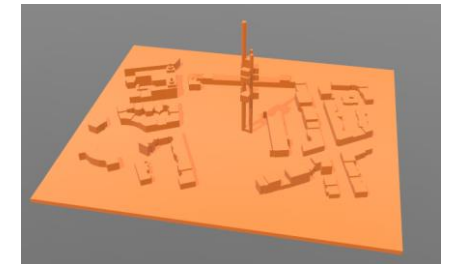
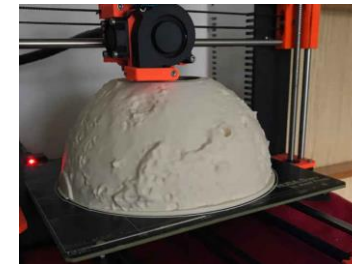
- 3D tisk: mechanická zranění, popáleniny, poleptání, intoxikace, úrazy elektrickým proudem, cizí tělesa v kůži...
- Samotné objekty: mechanická zranění (ostré hrany, příliš špičaté objekty), cizí tělesa v kůži (nevhodné opracování), příliš malé objekty (vdechnutí), ne/potravinový materiál...
- Hromadné používání objektů: infekční, bakteriální... onemocnění, mechanická zranění... => hygienická pravidla, bezpečnostní informace, bezpečnostní protiopatření...

NEVÝHODY

- + Mnohdy srozumitelnější než hmatová grafika.
- + Může být levnější než pořízení objektu tradičními cestami.
- + Zpřístupnění objektů, které jsou jinak příliš: malé, velké, nebezpečné, drahé, vzácné.
- + Zpravidla je model vítán i studenty bez zrakového postižení.
- + Možnost individualizace pomůcek (viz článek).
- + Možnost sdílení podkladů pro 3D objekty.
- + Je to zábavné, fascinující...
- ▲ Tisk trvá poměrně dlouho => Vhodně navrhovat, více tiskáren (farma).
- ▲ Velikost objektu zpravidla omezena na velikost tiskárny => Větší slepit z menších částí.
- ▲ Náročnější označování => Doprovodná vysvětlení.
- ▲ 3D tiskárny nejsou dostatečně přístupné lidem se zrakovým postižením => Asi se s tím něco dá dělat.
- ▲ Celý proces může být pro mnoho lidí komplikovaný a v kombinaci s nutným získáváním know-how náročný na čas.

PRAKTICKÉ ZKUŠENOSTI S 3D TISKEM

- Nesmírná hvězdářská setkání (aktuálně zájem z celé ČR, SR).
- Individuální pomůcky pro jednotlivce.
- Agora (workshopy o 3D tisku různě tematicky zaměřené).
- Portál Pélion.
- Workshopy pro různé zájemce.



PRAKTICKÉ ZKUŠENOSTI S 3D TISKEM

