

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA PEDAGOGICKÁ  
KATEDRA MATEMATIKY, FYZIKY A TECHNICKÉ VÝCHOVY

**3D skenování a modelování ve výuce na ZŠ**  
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Pavel Honzík**

*Přírodovědná studia, obor Technická výchova se zaměřením na vzdělávání*

Vedoucí práce: Mgr. Jan Fadrhonc

**Plzeň 2021**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni, 26. června 2021

.....  
vlastnoruční podpis

TÍMTO BYCH CHTĚL PODĚKOVAT PANU MGR. JANU FADRHOŇCOVI ZA TRPĚLIVÉ A OCHOTNÉ VEDENÍ PRÁCE. DÁLE BYCH CHTĚL PODĚKOVAT OBECNĚ PROSPĚŠNÉ SPOLEČNOSTI ÚHLAVA ZA POSKYTNUTÍ PROSTOR, MATERIÁLU A VYBAVENÍ PRO REALIZACI PRAKTICKÉ ČÁSTI TĚTO BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>2</b>
<b>1. ZÁKLADNÍ PLASTOVÉ MATERIÁLY PRO 3D TISK</b> .....	<b>3</b>
1.1 PLA – POLYLAKTID ACIT.....	4
1.2 ABS - AKRYLONITRILBUTADIÉNSTYRÉN.....	7
1.2.1 ASA - Akrylonitril-styrén-akrylát.....	8
1.3 PET - POLYETYLENTEREFTALÁT.....	9
1.4 DALŠÍ MATERIÁLY PRO 3D TISK .....	10
1.4.1 Flex materiály.....	10
1.4.2 Podpůrné materiály PVA/HIPS.....	11
1.4.3 Nylon.....	11
1.5 ADHEZE TISKOVÉ DESKY .....	12
<b>2. MOŽNOSTI ÚPRAVY VYTIŠTĚNÝCH PLASTOVÝCH MODELŮ</b> .....	<b>13</b>
2.1.1 Broušení.....	13
2.1.2 Barvení .....	13
2.1.3 Lepení.....	14
2.1.4 Leptání.....	14
2.1.5 Vrtání .....	15
2.1.6 Řezání.....	15
<b>3. POPIS VYUŽITÍ 3D SKENERŮ VE VÝUCE NA ZŠ</b> .....	<b>16</b>
3.1 ÚVOD DO 3D SKENOVÁNÍ.....	16
3.2 SKENOVÁNÍ POMOCÍ CHYTRÉHO MOBILNÍHO TELEFONU .....	16
3.2.1 Aplikace <i>qclone</i> .....	16
3.2.2 <i>Fotogrametrie – meshroom</i> .....	17
3.3 RUČNÍ 3D SKENER SENSE .....	17
3.4 STOLNÍ 3D SKENER HP 3D SLS PRO .....	18
3.5 POROVNÁNÍ VÝHOD JEDNOTLIVÝCH SKENERŮ .....	18
<b>4. AKTIVITY A JEJICH OVĚŘENÍ</b> .....	<b>20</b>
4.1 VÝKLAD O 3D SKENOVÁNÍ .....	20
4.2 PRAKTICKÉ 3D SKENOVÁNÍ.....	21
4.3 3D TISK – PARAMETRY A ZÁKLADNÍ MATERIÁLY PRO 3D TISK .....	26
4.4 ZÁKLADY 3D MODELOVÁNÍ.....	27
4.5 ZÍSKÁNÍ MODELU PRO 3D TISK .....	27
4.6 PŘÍPRAVA 3D MODELU NA 3D TISK .....	28
4.7 POVRCHOVÁ ÚPRAVA VÝTISKŮ .....	30
4.8 ONLINE KVÍZ .....	32
4.9 VÝROBNÍ POSTUP .....	33
<b>5. ZÁVĚR</b> .....	<b>35</b>
<b>6. RESUMÉ</b> .....	<b>36</b>
6.1 SUMMARY .....	36
<b>SEZNAM LITERATURY</b> .....	<b>37</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>I</b>

## ÚVOD

Téma „*3D skenování a modelování ve výuce na ZŠ*“ jsme si vybrali, protože chceme popularizovat výuku moderních technologií na základních školách, abychom dovedli žáky a učitele k novým přístupům ve výuce.

V této bakalářské práci se zabýváme primárně využitím 3D skenerů ve výuce. Mimo hlavní téma se zmiňujeme i o materiálech vhodných pro 3D tisk a povrchovou úpravou výtisků z 3D tiskárny.

Hlavním cílem práce je vytvoření několika výukových aktivit zaměřených na základy 3D technologií a jejich následnou realizaci a ověření na několika žácích. V naší práci se celkově snažíme propojovat teorii s praxí a doplňujeme ji o mnoho našich zkušeností v této problematice. Práce je rozdělena na několik částí.

V první části práce se zaměříme na základní materiály pro 3D tisk. Popíšeme, jak vhodně s jednotlivými materiály pracovat a kdy je používat. U každého materiálu uvedeme vhodné nastavení a vlastní zkušenosti z praxe. Nastavení jednotlivých parametrů si žáci vyzkouší během ověřování jedné z vytvořených aktivit.

Druhá část práce obsahuje možnosti základních povrchových úprav 3D výtisků. Zde popisujeme povrchové úpravy i tzv. tvrdé obrábění. Zmiňujeme například lepení, vrtání, broušení, řezání a další techniky úprav. Několik z těchto úkonů jsme vložili do našich výukových aktivit.

Práce s 3D skenery je popsána ve třetí kapitole. V této kapitole popisujeme jednotlivé druhy skenerů a porovnáváme jejich výhody a nevýhody pro využívání ve výuce na základních školách.

V závěru práce se věnujeme již zmiňovaným výukovým aktivitám. V návrhu každé aktivity jsou kromě popisu obsažené metodické pokyny pro učitele, časový rozsah, cíle aktivity a následné ověření proběhlé aktivity s připomínkami, návrhy změn a vylepšení aktivit.

### 1. ZÁKLADNÍ PLASTOVÉ MATERIÁLY PRO 3D TISK

V této kapitole se budeme věnovat popisu základních plastových materiálů pro 3D tisk. Dále se zaměříme na osobní zkušenosti a řešení problémů, které mohou při 3D tisku vzniknout.

Plastové materiály jsou jedním z nejdůležitějších prvků 3D tisku. U 3D tiskáren s technologií FDM (Fused Deposition Modeling), tzn. postupného nanášení taveného vlákna ve velmi malých vrstvách, jsou vždy ve formě vlákna o tloušťce nejčastěji 1,75 mm nebo 2,85 mm, která se někdy uvádí jako vlákna o tloušťce 3 mm. V dnešní době používá většina 3D tiskáren menší průměr vlákna. Je to dáno tím, že tlustější vlákno potřebuje mnohem silnější, a tím i dražší krokový motor na tlačení do trysky 3D tiskárny (Kloski, 2017).

Kloski (2017) uvádí, že kvalita tiskárny ani samotného 3D modelu v jakémkoliv formátu (STL, OBJ, atd.) nezaručují, že vytištěný model bude dokonalý. Kvalitní materiály jsou podmínkou pro kvalitní 3D výtisky. Nejlepší je pořizovat vlákna, která vyrábí přímo výrobce dané tiskárny. Tím se dá zaručit, že výrobce dané vlákno testoval a je tak velmi pravděpodobné, že se tisk obejde bez problémů. U vláken od výrobců tiskáren je většinou nevýhodou vyšší pořizovací cena.

„Každý filament vyžaduje specifické tiskové nastavení. Stejný typ materiálu od různých výrobců může mít odlišné tiskové vlastnosti. U některých výrobců se dokonce může stát, že se odlišně chovají i různé barvy stejného materiálu“ (Stříteský, 2019, s. 45).

Tiskové nastavení je většinou závislé na druhu materiálu a na jeho teplotních vlastnostech. U materiálu PLA je teplota tavení vlákna většinou mezi 190–215 °C. Pro materiál ABS musí být tato teplota zvýšená alespoň na 230–250 °C. Tyto parametry jsou závislé hlavně na výrobcu. Z vlastní zkušenosti víme, že je lepší mít teplotu vyšší, než udává výrobce a případně ji potom lehce snižovat. Podle pohledu na výtisk lze rychle reagovat a změnit nastavení teploty, pokud je to během tisku potřeba.

Pro tisk z některých materiálů (ABS, Nylon) je podmínkou uzavřená a vyhřívaná komora, jinak při chladnutí dochází k velkému teplotnímu smršťování a pnutí, které může způsobovat odlepení od tiskové podložky a znehodnocení výtisku. S vyhřívanou podložkou a uzavíratelnou komorou je možné dosáhnout skvělých podmínek pro tisk i větších výtisků (ABC3D [online]).

Při tvorbě této bakalářské práce jsme měli k dispozici tiskárnu od výrobce BCN3D typ SIGMA R19 s průměrem vlákna 2,85 mm. Ze zkušenosti můžeme říct, že je v této kategorii vláken o dost menší výběr materiálů a jejich kvalita není vždy taková, jaká by měla být. Zmiňovanou nevýhodu jsme pozorovali při prokluzování vlákna v ozubených kolech extrudéru hlasitým praskáním. Do materiálu bylo těmito ozubenými koly vymleto několik prohlubní. S částí takto porušeného vlákna se nedá dále tisknout a je potřeba jej odstranit. Po odstrižení této části se dá pokračovat dále v tisku. Tomuto jevu se dá předejít zvýšením teploty trysky a celkovým zpomalením tisku pod hodnotu doporučenou výrobcem. Trochu pomůže i snížení retrakce materiálu.

Obrázek 1 - poničené PLA vlákno



Každý výrobce u svého vlákna udává průměr s případným dodatkem o rozmezí (diameter) přesnosti. Tyto hodnoty se pohybují od 0,02 mm do 0,05 mm. Samozřejmě čím menší rozdíl v průměru vlákna, tím je tisk přesnější a kvalitnější.

### 1.1 PLA – POLYLAKTID ACIT

„Je to biologicky rozložitelný sacharid, který je velmi pevný, ale při velkém zatížení se může přetrhnout. Do plastické konzistence se dostává při teplotách, jakých dosahuje

interiér zavřeného auta na přímém letním slunci. K dispozici je mnoho různých variant vláken PLA, z nichž některé ve tmě světélkují, zatímco jiné obsahují až 70 % kovu“ (Kloski, 2017, 58s.).

„Vyrábí se z kukuřičného škrobu, cukrové třtiny anebo z brambor. To znamená, že se ve vhodném prostředí dokáže biologicky rozložit. Například plastová lahev vytištěná z PLA materiálu by se v oceánu rozložila za 6 až 24 měsíců“ (Novosád, 2019, s. 14).

PLA je nejčastěji používaným materiálem pro 3D tisk. Je biologicky odbouratelný, snadno se tiskne a výtisky z PLA jsou velmi tvrdé (Průvodce materiály [online]). Díky tomu je nejvhodnější pro začátečníky s 3D tiskem. Dají se z něj tisknout i větší prototypy, protože tolik nepodléhá teplotnímu smršťování. Při tisku nezapáchá a není toxický. Z tohoto důvodu je ideální pro využití ve školních podmínkách. Je možné ho použít i pro tisk pomůcek, které přicházejí do styku s potravinami. Je velmi pevný, ale má tendenci praskat při velkém zatížení.

Výhodou dle Stříteského (2019) je také dostupnost v mnoha barevných provedení tohoto materiálu. Existuje nespočet barevných kombinací a dalších úprav, jako třeba různé příměsi kovů a dřevěných pilin. Zároveň se jedná i o cenově velmi dostupný materiál. Mezi jeho nevýhody patří malá teplotní odolnost. Měkne už při teplotě 60 °C. Pro vytištění držáku na mobilní telefon do auta proto není vhodnou volbou. Místo PLA materiálu by se pro tuto realizaci musel použít jiný materiál, jako třeba ABS nebo PET-G, které jsou pro tyto podmínky mnohem vhodnější.

PLA materiál je hygroskopický, tzn. že absorbuje vlhkost z okolního vzduchu. Ideální je proto uchovávat nepoužité vlákno ve vzduchotěsné nádobě, případně používat silikagel ve formě malých absorbčních pytlíčků, nebo pohlcovače vlhkosti, aby se zabránilo poškození materiálu. (Kloski, 2017) Dále je také dobré udržovat materiál v temném místě, ideálně v nějaké skřínce se stabilní teplotou.

Projevení navlhlého materiálu se může ukázat přímo při tisku poměrně hlasitým syčením a prskáním při vytékání vlákna z trysky. Při velké teplotě trysky se pohlcená vlhkost z materiálu odpaří a je pak možné slyšet i poměrně hlasitou reakci. Ze zvlhlého materiálu se většinou nedá tisknout a je potřeba jej uchovat společně s vysoušečem do plastového sáčku nebo utěsněné krabice. Ten plastové vlákno zbaví většiny vlhkosti a je pak umožněno ho opět využít pro 3D tisk.



Případné příměsi v PLA materiálu velmi mění parametry pro 3D tisk a také samotné vlastnosti jednotlivých upravených materiálů. PLA může být obohaceno například o měděný a bronzový pudr, uhlíkové vlákno nebo dřevěné piliny. Při tisku z kompozitního materiálu s obsahem uhlíkového vlákna je dokonce nutné použít speciální trysku s úpravou pro abrazivní materiály.

My jsme měli možnost vyzkoušet tisk z materiálu s obohacením o dřevěné piliny. Limitujícím faktorem při tisku z obohacených materiálů je průchodnost tryskou, protože tyto materiály obsahují větší částičky. Nám se při tisku z Wood filamentu (příměs dřevěných pilin) většinou materiál zasekával v trysce. Problém jsme mohli sledovat při tisku tryskou o průměru 0,4 mm a menší. Naopak při použití větší trysky (0,6 – 1 mm) se nám povedlo vyhotovit výtisky velmi povedené i s velikou jemností vrstev. To se nám při tisku s velkým průměrem trysky u jiného materiálu příliš nestává. Tento jev si vysvětlujeme menší hustotou samotného plastového materiálu, a tím i větší roztékavostí do stran.

Pro námi používanou 3D tiskárnu BCN3D Sigma R19 je optimální PLA materiál přímo od výrobce tiskárny. Doporučenými hodnotami teplot jsou pro trysku (průměr 0,4 mm) 190 °C a nastavení teploty vyhřívané podložky je 60 °C. Doporučeným nastavením se dosáhne vždy uspokojivých výsledků při tisku z PLA materiálu od výrobce BCN3D. Na otestování jsme měli k dispozici i materiál od několika jiných výrobců. U každého z nich jsme hledali ideální podmínky. U českého výrobce Fillamentum jsou nastavené teploty poměrně rozdílné. Nejlepší výsledky vytištěných modelů jsme shledávali při teplotě trysky až kolem 215 °C. Největší rozdíl při nastavení teploty trysky jsme měli při použití materiálu od výrobce Devil Design. U této značky jsme se dostali na hodnoty teplot až skoro k 230 °C, ale ani to nám kvalitní tisk nezajistilo. Kvalita výtisku je limitována z velké části i kvalitou materiálu samotného.

### 1.2 ABS - AKRYLONITRILBUTADIÉNSTYRÉN

„ABS je termoplast, což znamená, že stejně jako PLA, může být opakovaně roztaven a krystalizován, aniž by došlo k znehodnocení materiálu. ABS se však taví při vyšší teplotě než PLA. Vyšší teplota tání dává ABS excelentní tepelnou odolnost, vaše výtisky nebudou vykazovat známky deformace až do 98 °C“ (Prusa3D.cz [online]).

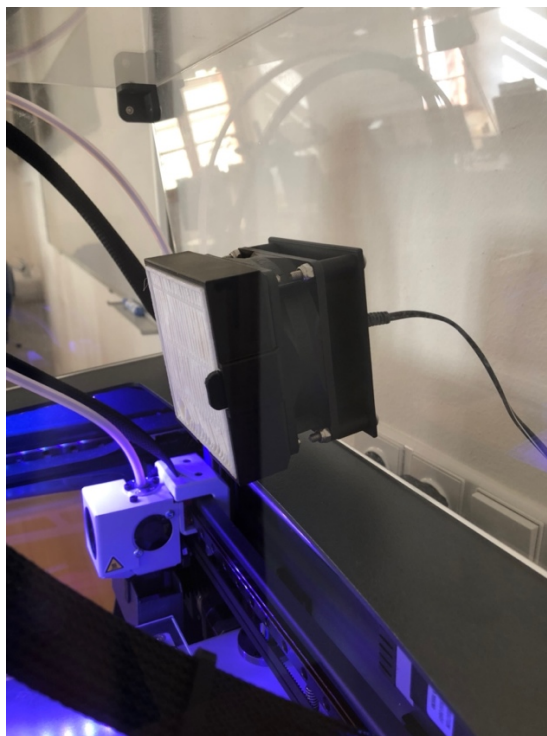
„ABS byl prvním dostupným tiskovým materiálem“ (Stříteský, 2019). Podle Novosáda (2019) se dá tento materiál velmi dobře recyklovat a je také poměrně odolný proti působení většiny chemikálií. Je to jeden z nejpoužívanějších materiálů v průmyslu. Vyrábí se z něj například Lego, náradí a další běžně používané plastové součásti.

Výhodou tohoto materiálu je jeho rozpustnost v acetonu. Díky tomu lze po vyhlazení acetonovými výparry dosáhnout naprosto lesklého povrchu výtisku. Takového výsledku se u jiných materiálu jen těžko dosahuje. Tato vlastnost se využívá i při spojování více výtisků k sobě (Prusa3D [online]).

Z vlastní zkušenosti můžeme říct, že oproti materiálu PLA je 3D tisk z ABS materiálu mnohem náročnější. Důležitým prvkem je vyhřívaná podložka a komora, bez kterých je tisk skoro až nemožný. Tento jev je dán velmi vysokou mírou tepelné roztažnosti ABS materiálu. I s použitím vyhřívané komory je ale velmi těžké vytisknout větší součásti v požadované kvalitě. My se s tímto problémem snažíme vypořádat použitím podkladových vrstev, které se z finálního výtisku později odtrhnou. Tato vrstva, v našem případě ve sliceru CURA, se nazývá raft. Je to jako polštář pod 3D objektem, který tiskneme. Tato pomocná vrstva nám pomáhá zamezit rychlému chladnutí, a tím i případnému odtržení od tiskové podložky. Velmi se nám tento způsob tisku osvědčil.

Jak uvádí Novosád (2019), tak je nevýhodou, že se při tisku uvolňují toxické a dráždivé výpary, proto je žádoucí tisknout jen v dobře větraných prostorách. Je dobré mít přímo v komoře tiskárny alespoň nějaký filtr, přes který se výpary z 3D tiskárny tak snadno nedostanou.

Obrázek 2 - filtr na tiskové komoře s aktivním větrákem



Na námi dostupné 3D tiskárně máme pro tento účel zabudovaný jednoduchý ventilátor, který žene vzduch přes filtr. I tak je ale žádoucí mít otevřené okno. Podle nás tak pro 3D tisk na technických kroužcích pro děti nebo na základních a středních školách není moc vhodný. Místo něj bychom se raději přikláněli k tisku z PLA nebo PET-G.

Pro tisk z ABS materiálu je potřeba mít nastavené teploty trysky mezi 230–260 °C. Vyhřívaná podložka by měla mít teploty od 90 °C do 110 °C. Tyto údaje jsou závislé na velikosti tištěného objektu. Při větších výtiscích je lepší mít teplotu nastavenou na vyšší hodnoty. Nastavení teploty ovlivňují i barevné příměsi.

### 1.2.1 ASA - AKRYLONITRIL-STYRÉN-AKRYLÁT

Místo tisku z ABS materiálu je možné pořídit poměrně nový materiál ASA. Jedná se o vylepšené ABS. „ASA je oproti ABS UV stabilní a má menší teplotní roztažnost, a tudíž se lépe tiskne“ (Stříteský, 2019, s. 47). Je to výborný materiál pro venkovní použití. Skvěle odolává všem povětrnostním vlivům.

ASA materiál je stejně jako ABS možné leptat acetonem a dosahovat naprosto lesklých 3D modelů.

### 1.3 PET - POLYETYLENTEREFTALÁT

„Polyethyltereftalát (PET) je nejvíce běžně používaný plast na světě - láhve, oděvní vlákna, nádoby a obaly na potraviny. PET-G je upravená verze PET. "G" znamená "modifikovaný glykol", který se přidává k materiálové kompozici během polymerace. Výsledkem je vlákno, které je jasnější, méně křehké a snadněji se používá než jeho základní forma PET (PETG je vysoce odolný proti nárazu na rozdíl od PET)“ (materialpro3D.cz [online]).

Pro 3D tisk se používá spíše právě obohacená směs PET o glykol, a to hlavně kvůli lepším vlastnostem pro tisk. Podle prusa3D.cz [online] má PET-G podobné vlastnosti jako ABS a PLA dohromady. Od ABS materiálu si přejímá vyšší odolnost teplotám nebo větší odolnost proti nárazům. Zároveň se z tohoto materiálu tiskne poměrně snadno, podobně jako z PLA materiálu. PET-G má malou teplotní roztažnost. Jen zřídka se tedy odtrhne, nebo odlepí od tiskové podložky. Je také částečně pružný. To znamená, že většinou nepraskne, ale jen se ohne. Většinou je pak možné jej vrátit do původní polohy. Hojně se využívá pro tisk voděodolných a mechanicky namáhaných dílů, jako jsou například ozubená kola, jednoduché ruční nástroje nebo součásti na 3D tiskárny, které musejí odolávat velikým změnám teploty.

Tisk z tohoto materiálu není úplně tak snadný jako u materiálu PLA. Rozmezí teplot, při kterých je tisk možný, je větší než u jiných materiálů. S parametry pro tisk se musí experimentovat více než u jiných materiálů. Klasické hodnoty pro teplotu trysky jsou okolo 240 °C a teplota podložky v rozmezí od 80 °C do 100 °C.

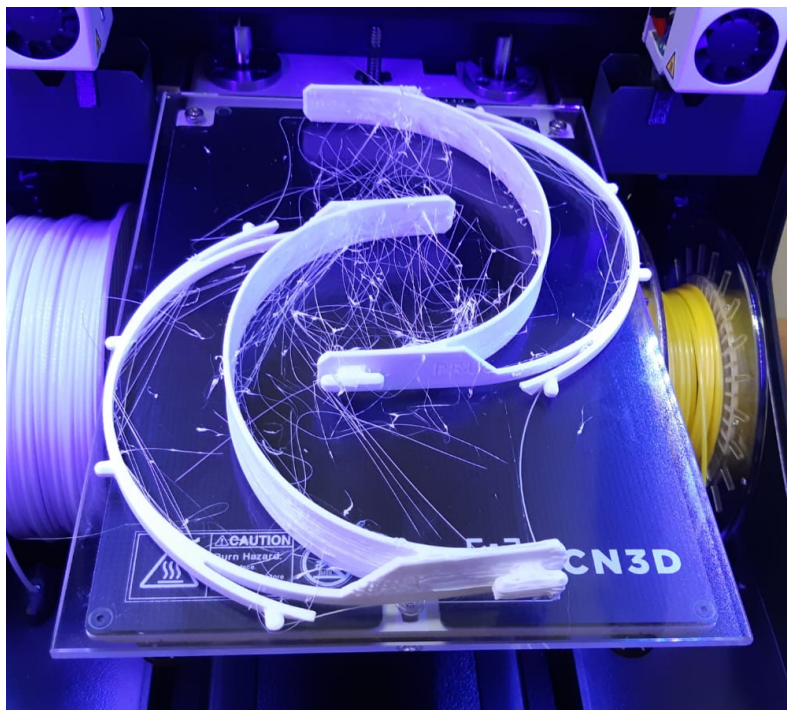
Při tisku z tohoto materiálu můžeme často pozorovat jev, který tiskaři označují jako tzv. „stringování“ nebo „oozing“. V překladu se to dá popsat jako tahání tenkého vlasového vlákna tryskou nad tištěným objektem.

Tyto plastové nitě lze po dokončení tisku snadno odstranit brusným papírem. Pro odstranění se nám také osvědčilo použít klasický zalamovací nož. Ostrý břit vedeme po hraně výtisku a odstraníme jemné stringové prameny. Stringování lze předejít snížením teploty trysky, zvýšením rychlosti pohybu tiskové hlavy, anebo změnou nastavení retrakce materiálu. Retrakcí rozumíme vtahování vlákna zpět do trysky (Homola, 2017).

Na obrázku jsou vidět dva výtisky základního oblouku pro ochranné štíty z materiálu PET - G. Při tisku dalších kusů jsme postupně snižovali teplotu tak, abychom

se stringování zbavili. Při snížení teploty o 8 °C od původní hodnoty jsme dosáhli uspokojivých výsledků.

Obrázek 3 - stringování při tisku z PET-G



Zajímavou zkušenost máme také s leštěním tohoto materiálu pomocí ohně. Stačí výtiskem pohybovat kousek nad špičkou plamene. Pro tento účel lze použít klasické sirky nebo zapalovač. Tato povrchová úprava je u PET-G potřeba jen výjimečně. Materiál je sám o sobě po tisku velmi lesklý a hladký.

### 1.4 DALŠÍ MATERIÁLY PRO 3D TISK

Pro 3D tisk existuje mnohem větší množství materiálů, než zde zmiňujeme. Můžou se lišit vlastnostmi a funkcí, pro kterou je chceme použít. Existují samozhášecí materiály, materiály magneticky detekovatelné, svítící ve tmě nebo podpůrné materiály.

#### 1.4.1 FLEX MATERIÁLY

Stříteský (2019) uvádí, že se tyto materiály chovají podobně jako guma. Při ohnutí nedochází k jejich prasknutí, ale jsou schopny se vrátit do původního stavu. Proto se využívají k tisku pneumatik, krytů na telefony nebo tisku silentbloků. Flex materiály se rozlišují podle složení a podle tvrdosti.

Po prvních pokusech o tisk z materiálu TPE jsme si sami mohli vyzkoušet, jak je těžké vyladit tiskové parametry natolik, aby měl výsledný produkt alespoň uspokojivé vlastnosti. Obecně platí, že čím je materiál měkčí, tím hůře se z něj tiskne. Náročnost tisku z TPE

je pro nás ze všech materiálů zatím největší. Z tohoto důvodu jsme zatím zkoušeli tisknout pružné součásti převážně z TPU materiálu. Námi dostupné TPU je výrazně tužší než první TPE. TPU materiál je opravdu pevný a houževnatý. Výslednou tvrdost produktu můžeme ovlivnit množstvím výplně.

Zmiňovaný tisk z TPU jsme realizovali i při jednom technickém kroužku. Děti byly z vlastností tohoto materiálu unešené. Velmi je bavilo různě mačkat a ohýbat obyčejný tenký žeton vytištěný z TPU materiálu, a poté sledovat, jak se vrací do původního tvaru. Proto bychom doporučovali zařadit tento materiál do případné výuky 3D tisku na základních školách.

Tisk z TPU vyžaduje velmi nízkou teplotu vyhřívané podložky (40 °C). Teplota trysky byla v našem případě optimální při teplotě 255 °C.

### 1.4.2 PODPŮRNÉ MATERIÁLY PVA/HIPS

Podpůrné materiály jsou vhodné při tisku velmi složitých modelů, u kterých je nutné použít podpěry a vyžadujeme aby byl jejich povrch po tisku co nejhladší.

„Látky, které slouží k budování rozpustných dočasných podpor, které se používají u 3D tiskáren se dvěma extrudery. Jako příklad lze uvést PVA (polyvinylalkohol) a HIPS (impaktivní polystyren)“ (Kloski, 2017, s. 58).

PVA materiál se používá jako podpora pro PLA materiál a je rozpustný ve vodě. Výtisk se jen namočí do vody a podpory se rozpustí. Délka rozpouštění je závislá na množství rozpouštěného materiálu. HIPS se používá pro podpory pod ABS nebo ASA materiál a je rozpustný pomocí látky lemonsol. Výtisk se ponoří do naředěného lemonsolu minimálně na 2 hodiny. Materiál změkne a je pak možné podpory snadno odstranit.

### 1.4.3 NYLON

Jedná se o velmi houževnatý a odolný materiál. Používá se pro tisk funkčních technických dílů, které jsou vystaveny velké námaze. Jeho nevýhodou je, že je velice hygroskopický. Navlhlé vlákno je nutné nechat vysušit, jinak se při tisku v materiálu objeví bublinky. (materialpro3D.cz [online])

O nylonu se většinou hovoří jako o velmi náročném materiálu pro tisk. Nám se toto tvrzení ještě úplně nepotvrdilo. Při tisku jsme se nesetkali s žádným větším problémem a výtisky vypadaly vždy poměrně dobře. Pro tisk jsme použili materiál přímo od výrobce tiskárny BCN3D i s doporučeným nastavením. Teploty u tohoto materiálu se pohybovali okolo 255 °C a teplota vyhřívané podložky směřovala až k hranici 130 °C. Můžeme potvrdit,

že nylon je hned na první dojem opravdu velmi pevný a je veliký problém ho jakýmkoliv způsobem mechanicky zdeformovat.

### 1.5 ADHEZE TISKOVÉ DESKY

Tato kapitola se věnuje přilnutí tištěného vlákna na vyhřívanou podložku. V praxi se používá několik způsobů uchycení k podložce. Každý materiál má svoje specifické požadavky pro uchycení k tiskové podložce. První vrstva materiálu musí na tiskové desce perfektně držet tak, aby se během tisku vůbec nehnul. Tím by se znehodnotil všechny spotřebovaný materiál.

Pro perfektní adhezi se mohou využít různé přilnavé lepenky (modrá malířská páska, kaptonová páska), nebo různé druhy lepidel. Asi nejoblíbenější a nejlevnější možností přichycení k podložce je použití klasického kancelářského lepidla v tubě (Kloski, 2017). Většina tiskařů místo klasického bílého lepidla v tubě používá barevné. To je dáno tím, že je snazší ho rozeznat na průsvitné podložce.

My máme na námi dostupné tiskárně podložku skleněnou, na kterou se materiál uchytává pomocí různých lepidel nejčastěji ve formě spreje. Pro tisk s PLA a PET-G materiálem se na sklo nanáší tenká vrstva lepidla ve spreji značky 3DLAC. Lepidlo vše udrží na svém místě až do teplot kolem 90 °C. Pro teploty podložky nad tuto hodnotu používáme lepidlo od značky dimafix. Toto lepidlo začíná fungovat až od teploty nad 60 °C a s rostoucí teplotou podložky se jeho fixační vlastnosti zlepšují. Pro fixaci tepelně náročnějších materiálů se tedy hodí více. U ABS materiálu se většinou povedlo v kombinaci s použitím pomocných vrstev docílit velmi malého prohnutí i u větších výtisků.

### 2. MOŽNOSTI ÚPRAVY VYTIŠTĚNÝCH PLASTOVÝCH MODELŮ

Hotové výtisky z 3D tiskárny jdou často upravovat stejně tak, jako jiné běžně používané plasty. Výtisky přímo z tiskárny jsou většinou poměrně vydařené a dají se téměř okamžitě použít jako funkční díly. Někdy po výtiscích můžeme mít vyšší nároky na vzhled. Výtisky můžeme brousit, vrtat, lepit nebo leptat. Proces, který obsahuje všechny tyto pracovní úkony, se nazývá post-processing. Takzvaný post-processing je žádoucí zejména při tisku cosplay modelů, nebo jiných výtisků například pro reklamní potřeby.

#### 2.1.1 BROUŠENÍ

Pro broušení výtisků není ideální používat vysokootáčkové brusky, nebo jiné elektrické stroje. Místo broušení by docházelo k natavování povrchu 3D objektu. Proto je nejlepší používat pouze smirkový papír nebo jemné pilníky a brousit svrchní vrstvy objektu pouze ručně. My pro jemné zabrušování hran a jiných nedokonalostí používáme také sadu velmi jemných malých pilníků na kov, které se nabízejí i v mnoha tvarech. Díky tomu se dokážeme dostat i do různých děr a záhybů.

Při volbě hrubosti brusných papírů je také důležité, jestli budeme na výtisk nanášet barvu, nebo nám postačí obroušení jemných nerovností a objekt již v takové podobě použijeme jako funkční díl.

#### 2.1.2 BARVENÍ

Před barvením je potřeba docílit perfektně vyhlazeného povrchu vytištěného 3D modelu. Pro dokonalou hladkost materiálu lze použít karosářské kyty, které jsou primárně určeny pro automobilový průmysl. Nanesený a zaschnutý kyt obrousíme. Tento krok opakujeme, dokud není povrch modelu dokonale vyhlazen (Swarz, 2018).

Na hladký povrch modelu můžeme barvu nanášet například sprejem nebo štětcem. Pro barvení štětcem jsou ideální barvy, které používají modeláři. Modelářské barvy bývají většinou nákladnější než pořízení obyčejné akrylové barvy ve spreji.

Nejsnazší způsob barvení 3D modelů je pořídit si obyčejný akrylový sprej a model jednoduše nastříkat ze všech stran tak, aby již nevystupovala původní barva filamentu. Z vlastní zkušenosti víme, že je to i nejméně nákladná možnost získání požadované barvy. Nám se nejvíce osvědčilo mít výtisk vytištěn s co nejjemnější výškou vrstev, aby byl povrch výtisků co nejvíce detailní. Nástřik pomocí spreje je pak velmi pěkně hladký a sjednocený.



### 2.1.3 LEPENÍ

Při 3D tisku jsme omezeni velikostí tiskové podložky, protože nám udává maximální rozměr tisku v ose X a Y. Pokud chceme tisknout větší objekty, než nám dovoluje velikost tiskové podložky, je potřeba 3D model rozdělit na menší díly, které následně slepíme dohromady. Rozdělení kompaktního 3D objektu můžeme realizovat například aplikaci Netfabb. Jedná se o bezplatnou aplikaci na jednoduchou úpravu STL souborů. Aplikace nám umožňuje jednoduše model rozřezávat, převádět z různých CAD softwarů. Velkou výhodou je maximalizace počtu součástí a jejich kvality díky funkci optimalizace pro výrobní podmínky. Tím nám pomáhá snižovat náklady na výrobu a také čas na výrobu.

Pro lepení plastových dílů můžeme používat velikou škálu druhů lepidel. Velmi jednoduché je použít klasické sekundové lepidlo. Nám se osvědčilo nejvíce při lepení dílů z PLA a PETG materiálu. Dalším dostupným typem jsou rozpouštědlová lepidla. Rozpouštědlová lepidla naleptávají povrch plastu. Naleptaný plast opět ztuhne, až když se rozpouštědlo vypaří. Lepené díly je k sobě dobré nějakým způsobem připevnit. Ideální je použít nějaké ruční svěrky, nebo u menších lepených dílů gumičky, kolíky nebo jakékoliv jiné svorky. Přitlačením se zajistí i zvětší síla lepeného spoje. Aceton velmi dobře naleptává ABS materiál, proto se dá používat i pro lepení 3D modelů k sobě. Stačí potřít lepené plochy a následně je k sobě přitlačit nebo nějak připevnit.

### 2.1.4 LEPTÁNÍ

Pro leptání ABS materiálu acetonem je dobré si vytvořit vlastní acetonovou lázeň. K tomuto účelu může posloužit i obyčejná prázdná plechovka od barvy. Na dno se vlije malá vrstva acetonu a alespoň 5 cm nad hladinu acetonu se umístí výtisk. Uchytit se může pomocí závěsného ústrojí, nebo se položí na nějaký improvizovaný podstavec přímo v plechovce. K urychlení vyhlazovacího procesu je dobré umístit plechovku na topení, nebo na vyhřívanou podložku ve 3D tiskárně. Teplo částečně urychluje vypařování acetonu. Možným vylepšením vyhlazování povrchu je také přidat malý větráček na horní víko plechovky nebo jiné nádoby. Ventilátor urychluje proudění vzduchu, a tedy i proudění výparů směrem nahoru kolem modelu, který vyhlazujeme. Dalším způsobem, jak leptat výtisky z ABS je ponoření do acetonu přibližně na 5-10 vteřin. U větších modelů jsme měli lepší výsledky právě při ponoření. Je možné nechat výtisk vystaven jen výparům acetonu. To bohužel trvalo velmi dlouho a výsledek nebyl v porovnání s namáčením tak dobrý.

### 2.1.5 VRTÁNÍ

Vrtání do výtisků není ve většině případů nutné, protože si veškeré díly můžeme vymodelovat přímo při vzniku 3D modelu v nějakém CAD softwaru. Při nutnosti vrtat do plastového materiálu je potřeba používat vrtáky určené k vrtání do kovu. Musíme si dávat pozor na rychlost otáčení nástroje, aby nám nezačal natavovat plastový objekt. My vrtání používáme pouze v krajních případech, nebo pro zvětšování již existujících děr o pár milimetrů k možnému průchodu šroubků.

Při vrtání mimo připravené otvory je velmi pravděpodobné, že provrtáme pouze výplň materiálu a díra nebude mít rovné okraje. Výtisk takovýmto zásahem ztrácí pevnost a již se nedá využít tak, jak bylo původně zamýšleno.

### 2.1.6 ŘEZÁNÍ

Stejně tak jako u vrtání do výtisku, je i řezání, nebo jen ořezávání výtisku vždy krajní možností. Pokud budeme vědět, že chceme tištěný model zmenšovat, je nejlepší připravit si to přímo v CAD programu a tisknout už rovnou v požadovaných rozměrech. Řezání jsme používali jen jako ukázkou, jak vypadají vnitřní výplně výtisku.

Pro případné řezání plastových výtisků je dobré používat velmi jemný pilový list na kov. Neosvědčilo se nám používání jakýchkoliv elektrických přístrojů. Při jejich použití se obrobek velmi taval, protože při tření vznikalo přebytečné teplo.

### 3. POPIS VYUŽITÍ 3D SKENERŮ VE VÝUCE NA ZŠ

V této kapitole se nejprve zaměříme na možnosti 3D skenování. Součástí kapitoly bude i jednoduché srovnání jednotlivých 3D skenerů. Zároveň si zkusíme odpovědět na využitelnost skenování ve výuce na základní škole.

#### 3.1 ÚVOD DO 3D SKENOVÁNÍ

3D skenování je velmi užitečná technologie, která nám dokáže usnadnit práci při vytváření prostorových modelů. Místo zdoluhavého 3D modelování v CAD softwaru se jenom vezme reálný 3D objekt a naskenuje se. S takto naskenovaným objektem můžeme dále pracovat, můžeme měnit jeho velikost a upravovat jakékoliv parametry. Následně můžeme využít technologii 3D tisku pro fyzické zhotovení původně skenovaného objektu.

Technologie 3D skenování se používají například pro snímání historických budov, při dentálních zákrocích a výrobě protéz pro tělesně postižené lidi. Velmi často se skenování používá pro tzv. reverzní inženýrství, které je opačné ke klasickému postupu výroby. „V reverzním inženýrství se pomocí vhodně zvolené metody výrobek naskenuje a zdigitalizuje. Tím se získá jeho CAD model“ (Haluska, 2018).

#### 3.2 SKENOVÁNÍ POMOCÍ CHYTRÉHO MOBILNÍHO TELEFONU

Možností, jak v dnešní době používat mobilní telefon pro 3D skenování je celá řada. Pro tuto funkci je možné použít i vestavěný fotoaparát a fotografie pak dále upravit ve speciálním softwarovém programu. Dále je možné použít jednu z několika existujících aplikací přímo pro chytrý telefon, které přemění snímaný objekt na 3D objekt. Jednu aplikaci „Qlone“ si představíme v další kapitole, kde probereme její výhody nevýhody a další její základní funkce.

##### 3.2.1 APLIKACE QLONE

Výhodou této aplikace je snadná dostupnost. Stačí mít k dispozici chytrý telefon a pak už stačí nainstalovat aplikaci, která je volně ke stažení pro operační systémy iOS i android. V bezplatné verzi této aplikace může uživatel naskenovat neomezený počet objektů, ale export do souborů .stl a .obj, které jsou vhodné pro 3D tisk, je zpoplatněn. Pro exportování dalších objektů je potřeba zakoupit verzi Pro, která nabízí různé cenové a časové balíčky. Ve verzi Pro je umožněno skenovat objekty ve vyšší kvalitě a případně je zobrazovat v rozšířené realitě.

Pro samotné skenování je potřeba vytisknout si na papír o velikosti A4 rastrovou podložku, na kterou položíme skenovaný objekt. Při skenování se řídíme pokyny, které nám aplikace zobrazuje. Ovládání této aplikace je velice snadné a hodí se i pro žáky prvního stupně základní školy. Jedná se i o cenově dostupnou aplikaci, jejíž používání je pro žáky atraktivní, protože si naskenovaný objekt můžou ihned zobrazit v rozšířené realitě, nebo vyexportovat pro tisk na 3D tiskárně.

Limitujícím faktorem u této aplikace je velikost skenovaných 3D objektů, která je omezena rozměry rastrové podložky. Z vlastní zkušenosti víme, že je nejlepší skenovat objekty o velikosti minimálně 4x4 cm. Při menších velikostech jsou detaily méně znatelné. Samozřejmě čím větší objekty skenujeme, tím lepších výsledků můžeme dosáhnout.

#### 3.2.2 FOTOGRAMETRIE – MESHROOM

Pro skenování větších a složitějších objektů je možné využít princip tzv. fotogrametrie. Tato technologie nám umožňuje skenovat větší objekty, jako jsou například venkovní sochy nebo části budov. Stačí je mobilním telefonem nebo jakýmkoliv jiným fotoaparátom nafotit ze všech stran a úhlů a následně je vložit do programu „Meshroom“, ve kterém se jednotlivé fotografie spojí a vytvoří 3D objekt. Jak pracovat v aplikaci Meshroom naleznete skvěle popsane pod tímto odkazem:

[https://blog.prusaprinters.org/cs/fotogrammetrie-2-3d-skenovani-jednodussi-nez-kdy-driv\\_29393/](https://blog.prusaprinters.org/cs/fotogrammetrie-2-3d-skenovani-jednodussi-nez-kdy-driv_29393/). Součástí článku je i video, na kterém autor názorně předvádí, jak se má postupovat pro dosažení nejlepších výsledků. Získaný model pak můžeme ukládat a upravovat jako běžný .stl nebo .obj soubor.

Postup v aplikaci „**Meshroom**“ je poměrně složitý a spíše se nehodí pro zapojení žáků. Aplikace je na ovládání velmi náročná.

#### 3.3 RUČNÍ 3D SKENER SENSE

3D skener Sense je vhodný pro skenování větších objektů, u kterých nepotřebujeme úplně přesné detaily. Skenované objekty zaznamenává i ve stejných barvách díky snímací kameře. Je lehký a dá se snadno přenášet. Po připojení k přenosnému počítači se může využívat i pro venkovní skenování automobilů, nebo jiných větších dílů a předmětů. S tímto skenerem se pohybuje kolem statického objektu.

Jeho velikou výhodou je jednoduchá manipulace a software, ve kterém se každý může velmi snadno orientovat. Žáci prvního stupně s jeho ovládáním po krátkém předvedení neměli žádný problém. Osvědčilo se nám, když se děti skenovaly navzájem. Naučily

se u toho obsluhovat 3D skener a při skenování jim vycházely i velice povedené výsledky, protože velikost jejich těla je pro tento skener optimální.

Původní pořizovací cena se pohybovala okolo 13 000 Kč (Leden 2019). Pro využití ve škole je podle nás optimální pořízení 1-3 skenerů pro celou školu. Využití by našly hlavně při skupinových pracích a různých projektech. Nedovedeme si představit, že by těmito skenery byla vybavená například celá počítačová učebna. Ovšem celková kvalita je přijatelná. To samé platí i pro přínos pro žáky, kteří 3D skenováním rozvíjí své myšlení a učí se technologické postupy, které využívá i řada firem.

#### 3.4 STOLNÍ 3D SKENER HP 3D SLS PRO

Jedná se o profesionální statický 3D skener, který disponuje vysokou přesností skenování. Jeho základem je malé promítací zařízení a sestava dvou kamer, které se nepohybují. Ideálním doplňkem tohoto skeneru je 360° automatická otočná podložka, která je spojená se softwarem a sama pootáčí objektem po přesných úhlových stupních. Skener je pevně přidělaný na stojanu nebo na stole a pohybuje se pouze s modelem. I když se jedná o statický skener, můžeme ho přenášet i k větším skenovaným objektům, kde požadujeme vyšší přesnost než u skeneru Sense.

Tento skener se může používat pro skenování velmi drobných detailů. Je schopen zaznamenat minci, ale i větší objekty o velikosti menší pohovky.

#### 3.5 POROVNÁNÍ VÝHOD JEDNOTLIVÝCH SKENERŮ

Podle našeho názoru jsou pro využití ve školním prostředí vhodné ruční skenery Sense. Jejich ovládání je naprosto jednoduché. Společně s velmi intuitivní aplikací poskytuje velmi kvalitní výstupy, se kterými se dá ihned pracovat. Nevýhodou může být pořizovací cena, které při koupi dosahovala k 13 000 Kč (Leden 2019). Levnější alternativou je tedy využití skenovací aplikace na mobilních telefonech, u kterých je limitující faktor velikost skenovaného objektu. Ovšem ovládání aplikace děti zvládaly samostatně a bavilo je používat, v dnešní době už tak běžnou věc, pro něco jiného než sledování videí a sociálních sítí.

Další vhodnou cestou k zařazení 3D skenování do výuky je fotogrammetrie a aplikace Meshroom. Je to pro školy nejlevnější cesta, jak žáky seznámit s 3D skenováním. Obrovská výhoda je, že se nemusí ohlížet na velikosti skenovaných objektů a také to, že k tomu mohou použít jakýkoliv fotoaparát.

Nejméně vhodným skenerem je stolní skener HP 3D SLS PRO. Má bohužel velmi složité rozhraní, které pro tak malé žáky není vhodné. Jeho pořizovací cena, která přesahuje 100 000 Kč, je určitě velikou překážkou pro většinu škol. I přes tyto všechny nevýhody je skvělé tento profesionální produkt používat pro ukázkové skenování opravdu detailních objektů.

## 4. AKTIVITY A JEJICH OVĚŘENÍ

V praktické části budeme popisovat návrhy několika výukových aktivit. Následně je na několika žácích ověříme a popíšeme případné vzniklé problémy. Původně měly být všechny aktivity testovány na dětské technické univerzitě (DTU) v Klatovech, což je technicky zaměřený kroužek pro žáky základních škol. DTU v Klatovech vznikla za spolupráce FST ZČU a obecně prospěšné společnosti Úhlava (Úhlava, o. p. s.), kde již několik let působím. Kvůli pandemii Covid – 19 byl tento kroužek, stejně jako všechny ostatní, značně omezen. Proto jsem výukové aktivity testoval pouze na 3 žácích, kteří se dobrovolně přihlásili.

### 4.1 VÝKLAD O 3D SKENOVÁNÍ

Základem stručného výkladu je prezentace, ve které se děti dozví o několika druzích 3D skenování. Současně s prezentováním učitel ukazuje, jak s různými skenery pohybovat pro nejlepší výsledky.

#### **Cíl aktivity:**

Žák dokáže vysvětlit pojem 3D skenování a také k čemu 3D skenování slouží.

Cílem je uvést žáky do problematiky 3D skenování.

#### **Časová náročnost:**

30 minut

#### **Pomůcky:**

- mobilní telefon,
- tablet,
- počítač,
- internet.

#### **Metodické pokyny:**

Nejprve si učitel připraví počítač s prezentací a dále také 3D skener Sense, HP 3D SLS PRO a mobilní telefony. Žáky provede celou prezentací. Obsahem prezentace jsou obrázky 3D skenerů a jejich naskenovaných výstupů v PC. Součástí prezentace je i několik aktivizačních otázek pro žáky, na které mají odpovědět. Učitel jim dovolí použít pro vyhledání informace mobilní telefon, tablet nebo počítač připojený na internet.

Vymezený čas pro vypracování těchto otázek je přibližně 10 minut. Po vypracování otázek přichází společné zhodnocení správnosti vyhledaných informací. Celá aktivita by neměla přesáhnout více než 35 minut. Učitel by měl při výkladu této látky umět ovládat všechny zmíněné 3D skenery a měl by mít základní znalosti o této problematice.

### **Otestování aktivity:**

Aktivita byla testována pouze na třech žácích. Presentace by se měla oživit o více poutavé prvky tak, aby se žáci vydrželi soustředit naplno po celou dobu prezentace. Ideální by bylo zapojit nějaké poučné video z reálného využití 3D skenování. Velmi zajímavé je například skenování budov pomocí dronů s laserovým 3D skenerem.

### 4.2 PRAKTICKÉ 3D SKENOVÁNÍ

Při této aktivitě si žáci vyzkoušejí práci s několika 3D skenery. Prvním bude ruční skener Sense, dále HP 3D SLS PRO skener a jako poslední mobilní telefon s aplikací Qlone. Začnou skenováním pomocí ručního skeneru Sense připojeného k počítači. Žáci se rozdělí do skupin, optimálně do dvojic. Vyzkouší si nastavení pro různé druhy objektů. Po vyzkoušení prvního skeneru budou pokračovat skenováním pomocí aplikace Qlone na telefonu. V poslední části výukového modulu budou používat velmi složitý SW u 3D skeneru HP 3D SLS PRO. Během skenování budou používat i speciální sprej na zvýraznění detailů povrchu skenovaného modelu. Na závěr hodiny proběhne obecné zhodnocení kvality výstupů jednotlivých 3D skenerů a případných oprav v nastavení nebo postupu.

### **Cíl aktivity:**

Žák dokáže pracovat samostatně s různými druhy 3D skenerů. Zvládne poznat rozdíly v kvalitě 3D skenování.

### **Časová náročnost:**

60 minut

### **Pomůcky:**

- ruční 3D skener Sense,
- chytrý mobilní telefon,
- HP 3D SLS PRO skener,
- počítač,
- internet,



- SW aplikace pro 3D skenery,
- rastrová podložka k aplikaci Qlone.

**Metodické pokyny:**

Příprava na tuto aktivitu by měla probíhat s dostatečně velkým předstihem, aby si byl učitel schopen připravit všechny 3D skenery a zapnout příslušné SW programy na počítačích. Učitel by měl před výukovou umět obsluhovat 3D skenery a mobilní telefon. Pro skenování mobilním telefonem je nutné si před začátkem aktivity vytisknout rastrové podložky, bez kterých je skenování pomocí aplikace Qlone nemožné. Vytisklý rastr nemusí mít každý žák samostatně. Je možné skenovat ve dvojicích na jedné podložce bez větších problémů. Učitel by měl mít také připravené nějaké ukázkové modely pro samotné skenování. Vhodné je mít několik odlišně velikých a různě detailních modelů, na kterých si žáci ověří několik kvalit skenování. Učitel by měl po celou dobu sledovat, jak děti pracují, případně by jim měl být schopný pomoci s možnými problémy, kterými je 3D skenování doprovázeno.

Učitel by si měl dávat pozor na to, zda žáci dodržují zadanou práci. Žáci mají tendenci se nevěnovat přímo této aktivitě, ale zobrazovat okolí pomocí 3D skeneru Sense. Při práci s mobilními telefony si učitel musí dávat největší pozor na to, jestli žáci plní zadání práce a nevěnují se například hraní nějakých her nebo nesledují sociální síť.

Velkou pozornost by měl učitel věnovat bezpečnosti při ukázce práce se speciálním sprejem pro zvýraznění detailů modelu. Ukázkový nástrík by měl probíhat v dobře větrané místnosti, protože sprej poměrně zapáchá. Žáci by v té době měli stát dál od místa, kde bude učitel předvádět nástrík. Po manipulaci s nastříkaným modelem si žáci i učitel musí vždy umýt ruce od nanesené barvy.

K závěru hodiny učitel ukáže postup skenování na stolním skeneru HP 3D SLS PRO. Skenování na tomto stroji je náročné. Pro žáky ve větší skupině je to tedy pouze ukázková část, kde se pouze dívají. Po skenování na stolním skeneru proběhne krátké zhodnocení výstupních kvalit vyzkoušených skenerů.

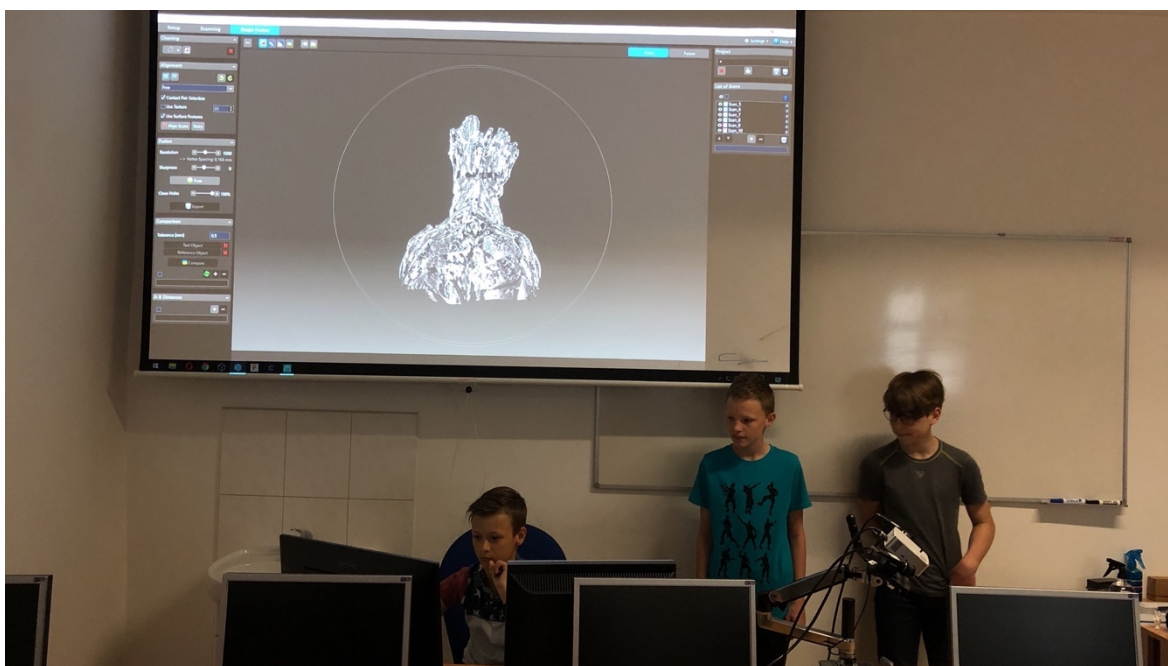
**Otestování aktivity:**

V menší skupině je aktivita pro žáky zábavná. Všichni si mohou v klidu vyzkoušet všechno. Ve větší skupině by byl určitě velmi nevhodný postup při skenování stolním skenerem HP 3D SLS PRO, protože by se na něm nevystřídali všichni.

Obrázek 4 - skenování ručním skenerem Sense



Obrázek 5 - skenování stolním 3D skenerem



Obrázek 6 - skenování pomocí mobilního telefonu a aplikace Qlone



Obrázek 7 - nanášení spreje na 3D objekt



Obrázek 8 - sprej nanesený na 3D objekt



### 4.3 3D TISK – PARAMETRY A ZÁKLADNÍ MATERIÁLY PRO 3D TISK

Hlavním tématem této aktivity je výklad podložený krátkou prezentací o základech 3D tisku a dále o nejčastěji používaných materiálech pro 3D tisk a jejich parametrech.

#### **Cíl:**

Žák rozumí základnímu nastavení pro 3D tisk a umí jej aplikovat pro různé materiály.

#### **Časová náročnost:**

45 min

#### **Pomůcky:**

- počítač,
- projektor,
- plátno,
- 3D tiskárna.

#### **Metodické pokyny:**

Učitel by měl znát základní princip 3D tisku. Měl by umět popsat jednotlivé části 3D tiskárny a to k čemu slouží. Podkladem pod učitelův výklad je krátká prezentace, která obsahuje veškeré základní informace. Učitel by měl přípravě na tuto aktivitu věnovat alespoň 15 minut. Dobré by určitě bylo projít si celou prezentaci a zároveň mít povědomí o celé problematice.

Před samotným začátkem je nutné si připravit počítač a promítací zařízení. Jako podporu pro prezentaci je dobré mít několik hotových vytištěných modelů pro názornou ukázkou. Žák by si díky tomu měl být schopen lépe představit, o čem se v prezentaci učitel zmiňuje. Výklad by neměl přesáhnout časový rozsah 45 minut. Na tuto aktivitu navazuje další, kde si žáci vyzkouší nastavování parametrů u 3D modelu v programu Cura samostatně. Proto by měla být prezentace a celkový výklad pouze informativní a měl by zasahovat pouze do hlavních problematik materiálů pro 3D tisk a nastavování parametrů.

#### **Otestování aktivity:**

Průběh této aktivity naprosto odpovídal našim předpokladům, ale myslíme si, že by bylo vhodné zapojit několik názorných videí, jak se jednotlivé materiály chovají při různých situacích. Dobré by nejspíše bylo, kdyby si žáci videa museli vyhledávat sami. Zapojili by se svojí aktivitou do jinak stereotypní hodiny.

#### 4.4 ZÁKLADY 3D MODELOVÁNÍ

Žáci se seznámí s jednoduchým programem tinkercad, který je vhodný pro začátky 3D modelování. Seznámí se se základním rozhraním aplikace a naučí se jednoduše vytvářet vlastní 3D modely.

**Cíl:**

Žák je schopen samostatně vytvořit jednoduchý prostorový objekt za pomoci počítače.

**Časová náročnost:**

45 minut

**Pomůcky:**

- počítače,
- internet.

**Metodické pokyny:**

Při této aktivitě by měl učitel znát základní prvky aplikace tinkercad a také jeho ovládání. Měl by být schopen se v prostředí tinkercadu pohybovat a případně poradit žákům s řešením nějaké nečekané situace nebo problému.

Po celou dobu by měl sledovat žáky, jak pracují a jestli se věnují opravdu tomu, čemu mají. Vhodné je obcházet třídu a průběžně žáky kontrolovat, případně jim i radit.

#### 4.5 ZÍSKÁNÍ MODELU PRO 3D TISK

V této aktivitě si žáci vyzkouší vyhledávání a stahování 3D modelů na online databázích. Budou jim představeny velmi populární databáze (<https://www.thingiverse.com>, <https://pinshape.com>, <https://www.prusaprinters.org/prints>). V další fázi této aktivity budou samostatně vyhledávat několik učitelem zadaných modelů. Vyzkouší si tak vyhledávání ve všech databázích. Posledních 10 minut budou moci žáci vyhledávat 3D modely, které budou chtít.

**Cíl aktivity:**

Žáci umí vyhledávat a stahovat 3D modely na několika online databázích s 3D modely na internetu.

**Časová náročnost:**

30 minut

### **Pomůcky:**

- počítač,
- internet.

### **Metodické pokyny:**

Učitel by měl před touto aktivitou znát rozhraní a rozdíly mezi jednotlivými online databázemi s modely. Příprava na aktivitu by měla být alespoň 30 minut i pro vyhledání vzorových příkladů pro žáky.

Na začátku učitel připomene 3D skenování jako jednu z cest k získání 3D modelu. Sdělí žákům, že existují i jiné možnosti získání 3D objektů kromě 3D skenování a 3D modelování, a to vyhledávání na online databázích s 3D modely. Učitel je postupně provede několika vybranými populárními databázemi a porovná jejich výhody a nevýhody. Dále dětem vysvětlí, jak efektivně vyhledávat to co uživatel žádá. Jako samostatný úkol pak budou mít žáci vyhledávat různé modely podle zadání učitele. Učitel si může na vyhledání zvolit jakékoliv modely, které mohou mít návaznost například na jiný předmět ve výuce. Příkladem může být vyhledávání planet sluneční soustavy při výuce této problematiky v jiném předmětu. Na posledních 10 minut nechá učitel žáky vyhledávat modely podle jejich zájmu.

Po celou dobu je nutné dohlížet na to, co žáci dělají. Při práci na internetu je to svádí sledovat videa, nebo se pohybovat na sociálních sítích. Kontrola aktivity je velmi důležitá. Učitel musí být připraven žákům poradit při případných problémech a zodpovídat jejich dotazy.

### **Otestování aktivity:**

Průběh hodiny byl přesně podle plánu. Nechali jsme žáky vyhledávat několik zvířecích modelů, dále budovy a zemědělské stroje. Místo konkrétních úkolů bychom se příště zaměřili spíše na volné prozkoumání žáků tak, aby si mohli vyhledávat to, co chtějí. V posledních 10 minutách je vyhledávání velmi bavilo, oproti přímo zadaným modelům, které nebyly pro každého tematicky atraktivní.

## 4.6 PŘÍPRAVA 3D MODELU NA 3D TISK

Žáci si samostatně nebo ve dvojicích připraví 3D modely stažené z internetu v předchozí aktivitě pro 3D tisk v programu Cura, což je tzv. slicer, který překládá geometrii 3D

modelu na pohyby, které následně 3D tiskárna vykonává. V tomto programu se žáci naučí chápat, a podle toho i měnit, různé parametry 3D tisku.

### **Cíl aktivity:**

Žák zná všechny základní parametry pro 3D tisk a umí je zvolit vhodně pro různé materiály, které se používají pro 3D tisk.

### **Časová náročnost:**

50 minut

### **Pomůcky:**

- počítač,
- internet,
- Cura slicer (SW program).

### **Metodické pokyny:**

Pro tuto aktivitu je nutné, aby učitel skvěle rozuměl a uměl používat SW program Cura. Je to podmínka, bez které se tato aktivita nedá realizovat.

Na začátku by měl učitel seznámit se základním rozhraním programu Cura. Dále by měl ukázat, jak měnit jednotlivé materiály, jejich teplotu, množství výplně a další parametry potřebné pro 3D tisk. Po krátkém představení základních funkcí nechá učitel žáky pracovat samostatně nebo ve dvojicích. Pro 3D tisk budou připravovat 3D modely získané buď 3D skenováním, 3D modelováním, a nebo stažením z online databáze. Využije se tedy propojení s dalšími aktivitami.

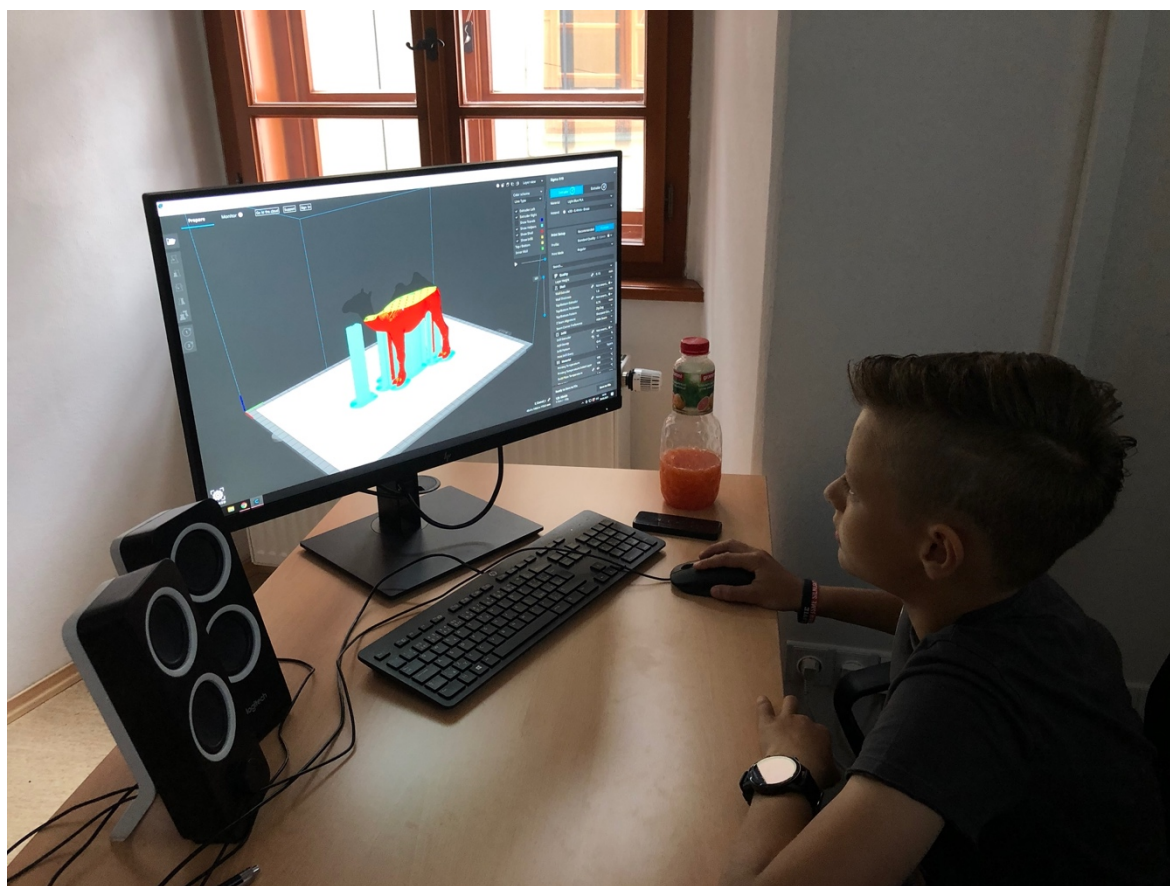
### **Otestování aktivity:**

Aktivitu jsme ověřovali pouze se dvěma žáky, kteří pracovali společně na jednom zařízení. Při práci neměli problém ani s rychlostí procházení aplikace Cura ani s následným nastavováním parametrů na vlastním 3D modelu.

Příště by bylo lepší mít připravené různé výtisky, kde by bylo patrné různé nastavení tisku. Dále by bylo dobré prodloužit časový rozsah. Na vyzkoušení žákům zůstalo jen 20 minut, a to není moc dlouhá doba pro důkladné vyzkoušení práce s takto složitým programem.



Obrázek 9 - příprava modelu pro 3D tisk



### 4.7 POVRCHOVÁ ÚPRAVA VÝTISKŮ

Tato praktická aktivita má za úkol žáky naučit ručnímu opracování výtisků z 3D tiskárny. Budou používat brusné papíry a malé pilníky, pomocí kterých budou dokončovat 3D modely vytisklé na 3D tiskárně.

#### **Cíl aktivity:**

Žák dokáže obrousit nedokonalosti výtisků pomocí malých pilníků a brusného papíru.

#### **Časová náročnost:**

20 minut

#### **Pomůcky:**

- malé pilníky,
- brusné papíry,
- vytisklé modely na 3D tiskárně.

### **Metodické pokyny:**

Při průběhu aktivity je nutné důsledně dohlížet na práci žáků, hlavně když pracují s malými pilníky, které mají poměrně ostrou špičku. Je dobré mít připraveno hned několik vzorových modelů, na kterých je nutné odstranit přebytečný materiál z podpěr, nebo na kterých je nutné opracovat hrany.

Postup ručního opracování je totožný s opracováním jakýchkoliv dalších plastových součástek.

Důležité je, aby učitel dohlížel na bezpečnost dětí.

### **Otestování aktivity:**

Při ověřování aktivity jsme měli obavy z ostrých pilníků. Příště bychom volili jinou alternativu možnosti ručního obrábění pro žáky prvního stupně. Pro starší žáky by to neměl být moc velký problém. Během ověřování samotné žáky napadlo vytisknout na hroty pilníků nějaké malé plastové kryty, které by předešly případným zraněním. Stačilo by pouze kryt nasadit na pilník a normálně pokračovat v další práci.

Obrázek 10 - povrchová úprava 3D výtisků pomocí pilníků



#### 4.8 ONLINE KVÍZ

Žáci si ověří získané znalosti ze všech hlavních výukových aktivit pomocí online kvízu v aplikaci Quizizz. Pro zadávání odpovědí mohou používat chytré mobilní telefony, tablety i počítače. Pro případný výpadek internetu, nebo nedostatku chytrých zařízení pro žáky vytiskne učitel kvíz na papír a žáci jej budou vypracovávat na papíře jako test.

**Cíl aktivity:**

Žák si ověří získané dovednosti a znalosti z předchozích výukových aktivit.

**Časová náročnost:**

10 minut

**Pomůcky:**

- internet,
- mobilní telefon, tablet nebo počítač,
- papírová forma kvízu.

**Metodické pokyny:**

Učitel si předem připraví několik otázek na znalosti, které měli žáci získat v několika předchozích aktivitách. V aplikaci Quizizz je možné vytvářet několik druhů otázek (otevřené, uzavřené, s více správnými odpověďmi a další). Výhodou této aplikace je průběžné sledování odpovědí jednotlivých studentů. Díky tomu je možné výsledky ukládat a vyhodnocovat je průběžně. Po skončení celého kvízu je možné výsledky uložit v podobě statistické tabulky.

**Otestování aktivity:**

Žáci jsou velmi motivováni při používání chytrého telefonu k vyplňování testu. Je to pro ně z naší zkušenosti velmi zábavná činnost. Po skončení většinou žádají o zopakování testu.

Nevhodné byly některé z našich položených otázek, u kterých žáci nevěděli přesnou odpověď. Pro příště by bylo lepší si vybrat pouze jednoznačné přímé odpovědi.

Celkově sledujeme používání takovýchto kvízů na chytrých telefonech jako velmi přínosnou a zábavnou věc. Do budoucna by to možná mohlo nahradit některé běžné přístupy k testování dětí ve školách. Výhodou je také snadné a rychlé hodnocení. Výsledky

se dají stáhnout v podobě velmi úhledné excelovské tabulky, podle které lze určit případné známky.

#### 4.9 VÝROBNÍ POSTUP

##### **Popis:**

Aktivita má za úkol propojit jednotlivé kroky ve výrobě reálného 3D objektu. Žák si projde celým postupem od myšlenky, přes návrh až k vyhotovení reálného 3D objektu, který finálně opracuje brusným papírem nebo pilníkem podle svých požadavků.

##### **Cíl:**

Žák dokáže samostatně projít celým výrobním postupem pomocí 3D technologií.

##### **Časový rozsah:**

120 minut

##### **Pomůcky:**

- 3D skener,
- 3D tiskárna,
- počítač,
- internet.

##### **Metodické pokyny:**

Učitel by měl s žáky projít všechny předchozí výukové aktivity, aby měli dostatečné znalosti a dovednosti a mohli tak realizovat celý výrobní postup od začátku až do konce. Na začátku zadá učitel žákům úkol, vymyslet si jednoduchý 3D objekt, který budou zhotovovat pomocí 3D tisku. Mohou si vybrat z několika cest získání 3D modelů. Mohou využít 3D online databáze, 3D skenování i 3D modelování. Učitel by jim do výběru neměl moc zasahovat. Hlavním cílem tohoto úkolu je nechat žáky rozvíjet svoji kreativitu. Učitel by je měl pouze směřovat při nějakých drobných nejasnostech, kterých by ale po zkušenostech z předchozích aktivit nemělo být mnoho.

Aktivitu by měl učitel rozdělit na 3 bloky. Prvním blokem je získání 3D modelu. Samozřejmě bude veliký rozdíl mezi žáky, kteří budou navrhovat své vlastní modely v nějakém CAD programu a těmi, co si 3D modely pouze stáhnou z online databáze. Druhým blokem je příprava 3D modelu pro 3D tisk ve sliceru. Žáci samostatně připraví 3D modely pro 3D tisk, zvolí vhodný materiál i všechny parametry tak, aby byl tisk

úsporný, přesný a co nejefektivnější. Ve třetím, a tedy posledním bloku bude následovat povrchová úprava vytisklých modelů. Hlavní je, aby byli žáci se svými výtvyry spokojeni a motivováni pro využívání 3D technologií.

### **Otestování aktivity:**

Aktivita je velmi časově náročná. Jedná se o kombinaci většiny předešlých aktivit. Jedná se tedy o celkové shrnutí znalostí a dovedností dětí získaných v předešlých výukových aktivitách. Během ověřování jsme narazili na několik nedostatků. Prvním velmi podstatným problémem bylo, že si žáci chtěli pouze vyhledávat 3D objekty na online databázích a nechtěli využívat 3D skenování ani 3D modelování. Ovšem jeden z nich byl pro 3D modelování velmi nadšený, a tak se rozhodl vymyslet si vlastní objekt, na kterém chtěl potom dále pracovat. To ale způsobilo obrovské rozdíly v rychlosti práce jednotlivých žáků. Pro příště bychom tedy všem žákům zadali stejný úkol tak, aby museli splnit alespoň dvě cesty získání modelu. Tím by se nejspíše tento časový rozdíl vyrovnal.

Dalším problémem byl časový rozsah. Všechny jednotlivé kroky trvají poměrně dlouho. Ovšem nejdelší je samozřejmě samotný 3D tisk. Učitel si tedy musí perfektně naplánovat jakou časovou prodlevu potřebuje mezi získáním modelu, následným nastavením ve sliceru a poté 3D tisku modelu. Po dokončení těchto 3 kroků je nutná prodleva mezi výukovými hodinami, aby byl učitel schopen veškeré modely kvalitně vytisknout a mohlo se dále pokračovat v této výukové aktivitě.

Po našem ověření jsme si jisti, že má tato aktivita veliký dopad na vnímání 3D technologií žáky. Po dokončení si většina z nich uvědomila, k čemu jsme se v předchozích úlohách chtěli dopracovat.

## 5. ZÁVĚR

Hlavním cílem práce bylo vytvoření minimálně 7 výukových aktivit, které měly být zaměřeny na problematiku 3D technologií. Naším záměrem bylo ověřit tyto aktivity s dětmi na zájmovém kroužku Dětské technické univerzity (DTU) v Klatovech. Vzhledem k opatřením zavedeným proti šíření nemoci Covid – 19 byl kroužek zrušen bez náhrady a jednotlivé aktivity jsme tak museli ověřovat pouze na třech žácích ve věku 12-14 let, kteří se dobrovolně přihlásili a umožnili nám tím ověřit aktivity v praxi alespoň na menším počtu žáků. Výukové aktivity byly vytvořeny tak, aby byly pro žáky zajímavé a naučili se díky nim spoustu nových věcí. Při samotném ověřování s žáky jsme byli překvapeni z toho, jak lehce plní žáci veškeré úkoly.

Podařilo se nám vymyslet 9 aktivit, které jsou celkovým průřezem 3D technologií. Začíná se základním výkladem o 3D skenování jako jednou z cest získání 3D modelu, se kterým se dá potom dále pracovat. V další aktivitě si žáci vyzkoušeli praktické 3D skenování pomocí několika různých zařízení. Díky tomu si byli schopni spojit úvodní teorii s následnou praxí. Další aktivity se navzájem doplňují. Žáci se v nich naučí různé cesty získávání 3D modelů, nastavování parametrů pro 3D tisk, povrchovou úpravu výtisků a vytváření vlastních 3D modelů v jednoduchém CAD softwaru. Poslední aktivita „*Výrobní postup*“ se obsahem dotýká všech předešlých aktivit.

Práce se mimo výukové aktivity zaměřuje také na základní plastové materiály, které se využívají pro 3D tisk. I přes to, že se jedná spíše o teoretickou část práce jsme se do ní snažili zakomponovat naše vlastní praktické zkušenosti a případně i zhodnocení, jestli se hodí do výuky na základní školu nebo spíše ne.

Problematiku 3D skenování jsme zohlednili na využitelnost pro žáky prvního a druhého stupně základní školy. Snažili jsme se mezi sebou porovnat jednotlivé zařízení, která se dají pro 3D skenování použít. Dále jsme uvedli několik základních povrchových úprav výtisků z 3D tiskárny.

Doufáme, že se díky této práci zpopularizuje problematika 3D technologií, a že se alespoň částečně stane obsah práce běžným učivem na základních školách.

## 6. RESUMÉ

Bakalářská práce se zabývá problematikou 3D technologií a jejich využitím ve výuce na základní škole. V první části se seznamujeme se základními plastovými materiály pro 3D tisk. Porovnáváme si jejich výhody a nevýhody a také vlastní zkušenosti z praxe. Následně se přesouváme do úpravy vytisklých modelů na 3D tiskárně. Zde zmiňujeme například vrtání, broušení, lepení a barvení vytisklých modelů. Velmi důležitou kapitolou je pak srovnání jednotlivých typů 3D skenerů. Zde hovoříme o ručním skeneru Sense, stolním skeneru HP 3D SLS PRO, a poté o 3D skenování pomocí mobilního telefonu. Stručně se zmiňujeme také o poměrně komplikované technologii fotogrametrii. V poslední a nejdůležitější části je navrženo několik výukových aktivit, které jsme ověřovali na několika žácích. Nachází se zde stručný popis, cíl a časová náročnost aktivity. Obsahem jsou také metodické pokyny pro učitele, a nakonec samotné ověření jednotlivých výukových aktivit.

### 6.1 SUMMARY

This bachelor thesis deals with the issue of 3D technologies and their use in teaching at primary school. In the first part we get acquainted with basic plastic materials for 3D printing. We compare their advantages and disadvantages as well as our own practical experience. Then move to edit the printed models on the 3D printer. Here they mention, for example, drilling, grinding, gluing and painting of printed models. A very important chapter is the comparison of individual types of 3D scanners. Here we are talking about a handheld Sense scanner, HP 3D SLS PRO desktop scanner and then 3D scanning using a mobile phone. Also briefly mention a few complicated technological photogrammetry. In the last and important part, several teaching activities are proposed, which we verified on several students. You need a brief description, goal and time consuming activities. The content also includes methodical instructions for teachers and finally the implementation of individual teaching activities.

## SEZNAM LITERATURY

- 3D tiskárna a její vybavení. *ABC3D* [online]. [cit. 2021-02-22]. dostupné z: <http://www.profi.abc3d.cz/jak-si-vybrat-tiskarnu>
- DOSTÁL, J., HAŠKOVÁ, A., KOŽUCHOVÁ, M., KROPÁČ, J., ĎURIŠ, M., HONZÍKOVÁ, J., ČÁSTKOVÁ, P., ŽILKOVÁ, K., STEBILA, J., UHRINOVÁ, M., BENDÍK, M., FADRHONC, J. *Technické vzdělávání na základních školách v kontextu společenských a technologických změn*. 1. vyd. Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2017, 273 s. ISBN: 978-80-244-5238-8
- HALUSKA, Marek. *Výukový model 3D skeneru*. Ostrava, 2018. Diplomová práce. Technická univerzita Ostrava.
- KLOSKE, L. W., L. a KLOSKE, N. *Začínáme s 3D tiskem*. Přeložil Jakub GONER. Brno: Computer Press, 2017. ISBN 978-80-251-4876-1.
- KROTKÝ, J. *3D tisk v přípravě budoucích učitelů. Trendy ve vzdělávání*, 2014, roč. Neuveden, č. 2014, s. 210-213. ISSN: 1805-8949
- NOVOSÁD, Ivan. *Mechanické vlastnosti PLA dílů realizovaných 3D tiskem* [online]. Brno, 2018 [cit. 2020-12-06]. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/xmlui/bitstream/handle/11012/82099/final-thesis.pdf?sequence=6&isAllowed=y>. Bakalářská práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce Doc. Ing. David Paloušek, Ph.D.
- PET, PET-G. *Materialpro3D* [online]. [cit. 2021-03-8]. dostupné z: <https://www.materialpro3d.cz/materialovy-slovník/pet-g/>
- Průvodce materiály. *PRUSA RESEARCH by Josef Prusa* [online]. [cit. 2021-02-21]. dostupné z: <https://www.prusa3d.cz/materialy/>
- Retrakce. *3D-tisk.cz* [online]. [cit. 2021-03-08]. dostupné z: <https://www.3d-tisk.cz/retrakce/>
- SCHWARZ, David. *Postprocesing 3D vytisků krok za krokem*. [online]. 2018 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://josefprusa.cz/postprocessing-3d-vytisku-krok-za-krokem/>
- STRÍTESKÝ, O., PRŮŠA, J., BACH, M. *Základy 3D tisku s Josefem Průšou*. Praha: Prusa Research s.r.o., 2019. 62 s.



**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 - poničené PLA vlákno .....	4
Obrázek 2 - filtr na tiskové komoře s aktivním větrákem .....	8
Obrázek 3 - stringování při tisku z PET-G .....	10
Obrázek 4 - skenování ručním skenerem Sense .....	23
Obrázek 5 - skenování stolním 3D skenerem .....	23
Obrázek 6 - skenování pomocí mobilního telefonu a aplikace Qlone.....	24
Obrázek 7 - nanášení spreje na 3D objekt .....	25
Obrázek 8 - sprej nanesený na 3D objekt .....	25
Obrázek 9 - příprava modelu pro 3D tisk .....	30
Obrázek 10 - povrchová úprava 3D výtisků pomocí pilníků.....	31