

Univerzita Hradec Králové
Pedagogická fakulta
Katedra pedagogiky a psychologie

Modely vytvářené pomocí 3D tiskárny jako učební pomůcky pro učitele
2. stupně základních škol

Diplomová práce

Autor: Vít Kučera
Studijní program: N7503 Učitelství pro základní školy (2. stupeň)
Studijní obor: Učitelství pro 2. stupeň základních škol – anglický jazyk
a literatura.
Učitelství pro 2. stupeň základních škol – německý
jazyk
a literatura.
Vedoucí práce: Mgr. Irena Loudová, Ph.D
Oponent práce: doc. PhDr. PaedDr. Kamil Janiš, CSc.



Zadání diplomové práce

Autor: Vít Kučera

Studium: P14P0017

Studijní program: M7503 Učitelství pro základní školy

Studijní obor: Učitelství pro 2. stupeň ZŠ - anglický jazyk, Učitelství pro 2. stupeň ZŠ - německý jazyk

Název diplomové práce: **Modely vytvářené pomocí 3D tiskárny jako učební pomůcky pro učitele 2. stupně základních škol**

Název diplomové práce AJ: Models developed through 3D printing as teaching aids for the lower-secondary school teachers

Cíl, metody, literatura, předpoklady:

Diplomová práce se zaměřuje na didaktické modely vhodné jako učební pomůcky pro 2. stupeň základních škol. V teoretické části se práce věnuje významu používání trojrozměrných učebních pomůcek ve výuce a principu 3D tisku, včetně použitelných materiálů a technologií. V praktické části jsou v souladu s moderními didaktickými metodami navrhovány a konstruovány konkrétní 3D didaktické pomůcky pro vyučující vytištěné na 3D tiskárně. Výzkumná část práce zahrnuje reakce žáků a vyučujících na 3D tištěné modely ve výuce.

KRATOCHVÍLOVÁ, Jitka. 3D tisk. Přeložil Petra MILLAROVÁ. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, 2015. ISBN 978-80-7414-936-8.

DOSTÁL, Jiří. Učební pomůcky a zásada názornosti. Olomouc: Votobia, 2008. ISBN 978-80-7220-310-9.

CHUA, Chee Kai a Kah Fai LEONG. 3D printing and additive manufacturing: principles and applications. New Jersey: World Scientific, [2017]. ISBN 978-981-3146-76-1.

CHRÁSKA, Miroslav. Metody pedagogického výzkumu: základy kvantitativního výzkumu. 2., aktualizované vydání. Praha: Grada, 2016. Pedagogika (Grada). ISBN 978-80-247-5326-3.

NOVAK, Magdalena a Stephan SCHWAN. Does Touching Real Objects Affect Learning? Educational Psychology Review [online]. [cit. 2021-4-26]. ISSN 1040-726X. Dostupné z: doi:10.1007/s10648-020-09551-z

Garantující pracoviště: Katedra pedagogiky a psychologie,
Pedagogická fakulta

Vedoucí práce: Mgr. Irena Loudová, Ph.D.

Oponent: doc. PhDr. PaedDr. Kamil Janiš, CSc.

Datum zadání závěrečné práce: 11.12.2019

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval pod vedením vedoucího diplomové práce samostatně a uvedl jsem všechny použité prameny a literaturu.

V Hradci Králové dne 18. 4. 2022

Vít Kučera

Poděkování

Mé poděkování patří Mgr. Ireně Loudové, Ph.D za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování diplomové práce věnovala. Také bych chtěl poděkovat paní RNDr. Ludmile Neuwirthové za odborné vedení práce a cenné rady, které mi pomohly tuto práci dokončit.

Anotace

KUČERA, Vít. *Modely vytvářené pomocí 3D tiskárny jako učební pomůcky pro učitele 2. stupně základních škol*. Hradec Králové. Pedagogická fakulta univerzity Hradec Králové, 2021. 64 s. Diplomová práce.

3D tisk je technologie, při které lze pomocí 3D tiskárny vytvářet jakýkoliv reálný trojrozměrný objekt. Diplomová práce zaměřuje na didaktické modely vhodné jako učební pomůcky pro 2. stupeň základních škol. V teoretické části se práce věnuje významu používání trojrozměrných učebních pomůcek ve výuce a principu 3D tisku, včetně použitelných materiálů a technologií. Práce také zpracovává užití materiálních učebních pomůcek dle školského zákona a RVP pro základní školy. V praktické části jsou v souladu s moderními didaktickými metodami navrhovány a konstruovány konkrétní trojrozměrné didaktické pomůcky pro vyučující vytištěné na 3D tiskárně. Kvalitativní výzkumná část práce zahrnuje názor vyučujících na 3D tištěné modely ve výuce.

Klíčová slova: 3D tisk, didaktický prostředek, učební pomůcka

Annotation

KUČERA, Vít. *Models developed through 3D printing as teaching aids for the lower-secondary school teachers*. Hradec Králové: Faculty of Education, University of Hradec Králové, 2022. 64 p. Diploma Thesis.

3D printing is a technology you can use to make any real three-dimensional object, using a 3D printer. The diploma thesis aims for convenient didactic models as teaching aids for the lower secondary schools. In the theoretical part of the thesis, I cover the purpose of three-dimensional object usage in the education process and the principle of 3D printing, including usable materials and technologies. This thesis also elaborates on the usage of material-based teaching aids according to the Czech education law and the RVP (Czech educational framework) for the lower secondary schools. In the practical part, there are three-dimensional teaching aids designed and constructed on the 3D printer, with accordance to modern didactic methods. The qualitative research part includes the opinions of teachers on the 3D printed models in the education process.

Key words: 3D print, three-dimensional models, education, teaching aids

Obsah

Seznam ilustrací a tabulek.....	9
Seznam zkratk a použitých symbolů.....	10
Úvod	11
Teoretická část.....	12
1 Materiální trojrozměrné modely ve výuce.....	12
1.1 Vymezení pojmu učební pomůcka.....	12
1.2 Druhy učebních pomůcek ve výuce.....	15
1.3 Zásady použití učebních pomůcek ve výuce.....	16
1.4 Význam materiálních trojrozměrných modelů ve výuce.....	17
1.5 Aktuální výzkum využití materiálních 3D modelů ve výuce	20
2 Možnosti využití trojrozměrných modelů ve výuce	22
2.1 Pojetí materiálních trojrozměrných modelů dle školského zákona.....	24
2.2 Možnosti využití materiálních trojrozměrných modelů dle RVP	26
3 3D tisk.....	28
3.1 Historie 3D tisku.....	29
3.2 Části 3D tiskárny.....	30
3.3 Princip 3D tisku technologií FDM	32
3.4 Nejčastější materiály používané při 3D tisku	34
Praktická část.....	36
4 3D tiskárna použitá při tisku modelů.....	36
5 Získávání 3D modelů	37
5.1 Komunitní portály.....	37
5.2 Aplikace podporující 3D formát	38
5.3 Modelování pomůcek v 3D programech.....	40
5.4 Uskutečněný návrh projektu pro samostatnou tvorbu žáků	42
6 Metodologie výzkumu	44

6.1	Ukázka analýzy strukturovaného rozhovoru	47
6.2	Vyhodnocení výzkumné části	49
	Diskuze	53
	Závěr	57
	Zdroje	58
	Přílohy	63

Seznam ilustrací a tabulek

Obrázek 1 - Trojúhelník edukačního procesu dle Dostála	12
Obrázek 2 - Rozdělení učebních pomůcek dle Geschwindera	15
Obrázek 3 – Tisk učebních pomůcek dle předlohy v učebnici.....	22
Obrázek 4 a 5– Fotografie součástí vytištěných na 3D tiskárně.....	23
Obrázek 6 – Propagační materiál školy	23
Obrázek 7– Vlastní tvorba žáků.....	24
Obrázek 8 a 9 – Fidgety vyrobené na míru potřebám žáků s autismem	25
Obrázek 10 - Princip FDM 3D tisku.....	28
Obrázek 11 - Model lidského srdce vytištěný pomocí SLA technologie	29
Obrázek 12 – Zakládající členové projektu RepRap	29
Obrázek 13 - Filament – plastová tisková struna	30
Obrázek 14 – Schéma součástí FDM 3D tiskárny.....	30
Obrázek 15 - Přehledný princip 3D tisku	32
Obrázek 16 - Model molekuly vody pro výuku chemie – PLA materiál	34
Obrázek 17 - Puzzle z PET-G materiálu tištěné pro Světový den autismu.....	35
Obrázek 18 – Original Prusa i3 MK3S+.....	36
Obrázek 19 a 20 - Věkové pyramidy, živočišná buňka	37
Obrázek 21 a 22 - Model atomu lithia, Věstonická Venuše.....	37
Obrázek 23 - Virus rýmy – vlevo model, vpravo vytištěná učební pomůcka	38
Obrázek 24 a 25 – vlevo model mapy ČR, vpravo vytištěná pomůcka	38
Obrázek 26 – Model Měsíce vytvořený programem lithophane.....	39
Obrázek 27 - Pracovní prostředí internetové stránky TinkerCad	40
Obrázek 28 – Pomůcka pro výuku chemického názvosloví.....	40
Obrázek 29 – Žáky vytvořené šablony chemického nádobí v rámci projektu.....	43
Obrázek 30 - Práce žáků s 3D tiskárnou	51
Obrázek 31 – Zpětná vazba respondentů pomocí škál v aplikaci Mentimeter.....	52
Graf 1 – Statistické údaje o počtu článků na téma 3D tisk.....	20
Tabulka 1 – Základní přehled údajů o respondentech	49

Seznam zkratek a použitých symbolů

- 2D** Zkratka výrazu *dvojměrný* nebo *dvojdímenzionální*, označuje objekt, který je možné popsat dvěma rozměry.
- 3D** Zkratka výrazu *trojměrný* nebo *trojdímenzionální*, označuje objekt, který je možné popsat třemi rozměry.
- CAD** Z angličtiny *computer-aided drafting*, česky *počítačem podporované kreslení*, je oblast informačních technologií, která zastřešuje grafické programy pro projektování.
- CAM** Z angličtiny *computer aided manufacture*, česky *počítačem podporovaná výroba* je oblast informačních technologií, která zastřešuje grafické programy pro projektování.
- FDM** Je technologie 3D tisku, která využívá pro tvorbu modelů tiskovou strunu, která prochází tiskovou hlavou, kde je materiál taven do polotekutého stavu a postupně po vrstvách nanášen na tiskovou podložku.
- PET-G** Polyethylen-tereftalát-glycol, je jedním z materiálů, ze kterého se vyrábí tisková struna.
- PLA** Kyselina polymléčná, která je jedním z materiálů, ze kterého se vyrábí tisková struna.
- PNFN** Podmíněná normovaná finanční náročnost učebních pomůcek.
- RVP ZV** *Rámcový vzdělávací program pro základní školy*, tvoří obecně závazný rámec pro tvorbu školních vzdělávacích programů.
- SLA** Technologie 3D tisku, která využívá tuhnutí kapalného plastu pod UV světlem.
- ŠVP** *Školní vzdělávací program*, je vytvářen pedagogy, tvoří soubor očekávaných výstupů a učiva, které by měli žáci dosáhnout.
- UV** Ultrafialové záření.

Úvod

Učební pomůcky patří odjakživa k nezbytným pomocníkům každého pedagoga. Umožňují zprostředkování reálných jevů a skutečností žákům, čímž je podporují v rozvoji kognitivních procesů učení. Chtěl bych tuto diplomovou práci zaměřit především na materiální učební pomůcky, jejichž variabilita a finanční dostupnost může být pro pedagogy mnohdy svazující. 3D tisk je velmi zajímavým pomocníkem, díky kterému lze vytvářet nepřeberné množství trojrozměrných objektů a pomůcek, které může pedagog sám vytvořit a přizpůsobit dané výuce.

Učebním pomůckám vytištěným na 3D tiskárně se věnuji již mnoho let, proto jsem se tímto námětem inspiroval i při výběru tématu mé diplomové práce. Za dobu mé angažovanosti ve světě 3D tisku pozoruji, že tato technologie získává čím dál tím více příznivců i z řad pedagogů. Navíc je 3D tisk ve školství stále více podporovaný, ať už ze strany krajů, tak samotných výrobců 3D tiskáren. Doufám, že tato diplomová práce bude přínosná nejen pro všechny zájemce o 3D tisk, ale hlavně pro pedagogy, kteří zařazení 3D tisku do výuky zvažují.

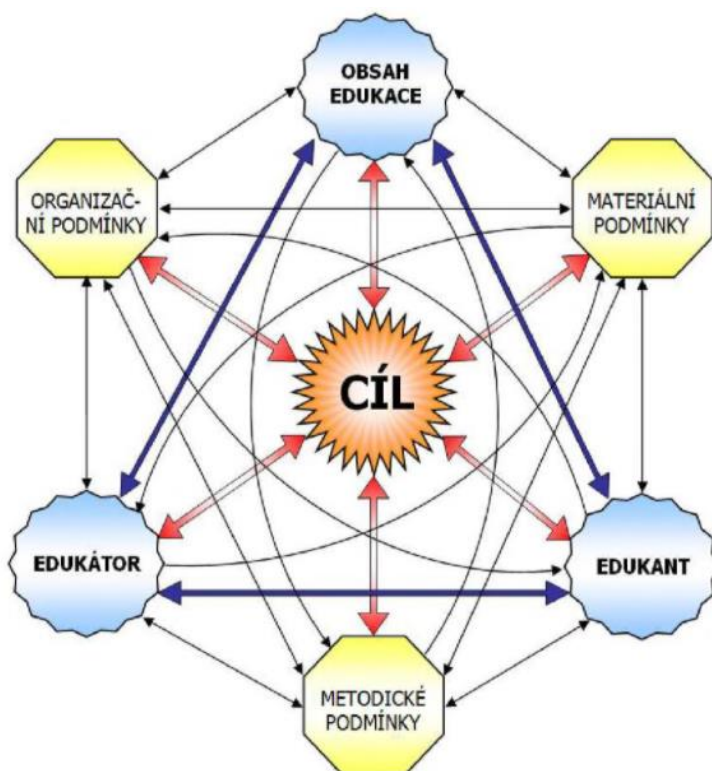
Cílem této diplomové práce je představení 3D tisku, tvorba a tisk učebních pomůcek na 3D tiskárně, které jsou vhodné především pro výuku žáků 2. stupně základních škol. Obsahem teoretické části je objasnění pojmu *učební pomůcka* a význam učebních pomůcek ve výchovně - vzdělávacím procesu. Z technického hlediska je součástí diplomové práce popis FDM technologie 3D tisku. Dále je v teoretické části nastíněn legislativní pohled na učební pomůcky z hlediska školského zákona a RVP pro 2. stupeň základních škol. Praktická část je pak rozdělena na tři úseky. První část je věnována přímo 3D tiskárně, která byla v této diplomové práci využívána a parametrům samotného 3D tisku. Druhá část se zabývá získáváním modelů pro 3D tisk. Nezbytnou součástí je také kvalitativní pedagogický výzkum v třetím kroku praktické části diplomové práce. Ten je realizován pomocí strukturovaných rozhovorů s vyučujícími, kteří 3D tisk ve výuce již využívají.

Teoretická část

1 Materiální trojrozměrné modely ve výuce

1.1 Vymezení pojmu učební pomůcka

Jen málokdo si v současnosti dokáže představit edukátora jakéhokoliv zaměření zcela bez učebních pomůcek, odkázaného jen na sebe samého. Učební pomůcky umožňují při správném metodickém zapojení do výchovně – vzdělávacího procesu účinněji dosahovat vzdělávacích cílů. Edukanti nejsou vedeni k prostému vnímání verbálně vytvářených poznatků, ale mohou se setkat s reálnými předměty, jejich napodobeninami, symboly či vyobrazeními, čímž dochází k propojení vzdělávání s praxí, chcete-li abstrakcí a realitou. Vzdělávání se poté stává v mnoha ohledech snadnější a zajímavější, což nemalou měrou přispívá k rozvoji pozitivních postojů ke vzdělávání. Z hlediska odborné literatury byl tak s ohledem na aktuální trendy používání učebních pomůcek ve výuce tradiční trojúhelník (obsah, učitel, žák) doplněn o kategorie cíl, organizační podmínky, materiální podmínky a vyučovací metody a postupy, jak je uvedeno v obrázku 1. [1]



Obrázek 1 - Trojúhelník edukačního procesu dle Dostála [1]

Poněkud širším pojmem v souvislosti s učebními pomůckami se uvádí termín *didaktický prostředek*. V odborné literatuře můžeme najít mnoho publikací, které se vymezení didaktického prostředku věnují. Autoři většinou uvádějí víceméně shodující se pojetí a definice. Didaktické prostředky mají tedy obrovský podíl na výchovně – vzdělávacím procesu. Maňák [2] definuje didaktické prostředky jako:

„Předměty a jevy sloužící k dosažení vytyčených cílů. Prostředky v širokém smyslu zahrnují vše, co vede ke splnění výchovně vzdělávacích cílů. Zajišťují, podmiňují a zefektivňují průběh vyučovacího procesu.“ [2 s. 21]

Podle autorů Obsta a Kalhouse *„didaktickým prostředkem rozumíme vše, čeho učitel a žáci mohou využít k dosažení výchovných cílů. Takovým prostředkem může být metoda výuky, vyučovací forma, didaktická zásada, ale prostředkem je také školní tabule, učebnice, učební prostory, výpočetní technika apod.“* [3 s. 337] Pro potřeby této diplomové práce je ale pojetí didaktického prostředku příliš obšírné, proto se zaměřím na vymezení samotného pojmu učební pomůcka.

Učební pomůcky se v pojetí edukačního procesu řadí k materiálním podmínkám výuky. V současnosti se lze setkat s řadou definic k pojmu učební pomůcka. Jako nejpoužívanější a nejaktuálnější se jeví definice uvedená v pedagogickém slovníku J. Průchy a kol. [4], kde je pojem učební pomůcka vymezen následovně:

„Učební pomůcky jsou předměty zprostředkující nebo napodobující realitu, napomáhající větší názornosti nebo usnadňující výuku.“ [4 s. 257]

O něco obsáhlejší, ale výstižnou definici uvádí starší pedagogický slovník B. Kujala a kol., který je uveden v publikaci Dostála [1]. Pojem učební pomůcka je pojat jako:

„Učební pomůcky jsou přirozené objekty nebo předměty napodobující skutečnost nebo symboly, které ve vyučování a učení přispívají jako zdroje informací k vytváření, prohlubování a obohacování představ a umožňují vytvářet dovednosti v praktických činnostech žáků, slouží k zobecňování a osvojování zákonitostí přírodních a společenských jevů. Používají se především proto, aby se vytvořily podmínky pro intenzivnější vnímání učební látky, aby do celkového procesu bylo zapojeno co nejvíce receptorů, především zrakových a sluchových.“ [1 s. 15],

Především posledního tvrzení o zapojení co nejvíce receptorů se zabývala i odborná studie německých školních psychologů z roku 2020, která zkoumala dopady využívání více smyslových receptorů ke zlepšení zážitku a výstupů ve vyučovacím procesu. Studie porovnávala dvě skupiny účastníků, přičemž jedné bylo umožněno zkoumat výstavní objekty pozorováním, dotýkáním se předmětů s doprovodem audiozáznamů. Druhé skupině byly informace prezentovány pouze pomocí plakátů. Ke zkoumání rozdílů mezi skupinami byly použity paměťové a znalostní testy s různými motivačně-afektivními škálami. Dlouhodobé výsledky studie byly měřeny po třech týdnech. Studie jasně prokázala pozitivní dopady zapojení více smyslových receptorů na učební procesy účastníků. [5]

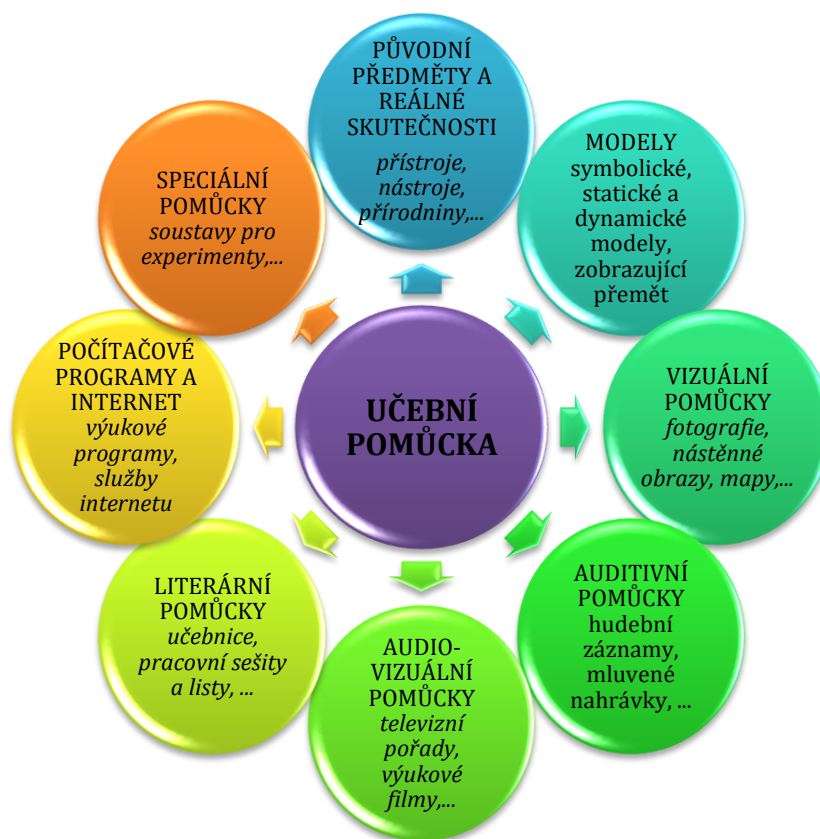
Učební pomůcky tedy úzce souvisejí s uplatňováním zásady názornosti při výuce. Dostál definuje tuto skutečnost následovně: *„Zásada názornosti vyjadřuje takový požadavek na edukátora, aby vedl edukanty k vytváření a zobecňování představ bezprostředním vnímáním skutečnosti či jejího zobrazení, nebo při edukaci uplatňoval takový výklad, který vyvolá v edukantech již dříve vytvořené představy popisované skutečnosti. Skutečností lze rozumět veškeré přírodní i uměle vytvořené předměty a přírodní a společenské jevy.“* [1 s. 29]

1.2 Druhy učebních pomůcek ve výuce

Pojetí učebních pomůcek je samo o sobě velmi rozsáhlým tématem se značnou rozmanitostí. Ke klasifikaci učebních pomůcek lze nahlížet z několika hledisek. Pavelka [6] ve své práci uvádí nejobecnější pojetí rozdělení učebních pomůcek. Ty rozlišuje na:

- pedagogicko-didaktické, tj. podle funkce, působnosti a způsobu začlenění do vyučování, podle toho, jak aktivizují edukanta apod.,
- psychologicko-fyziologické, například podle smyslů, na které pomůcky působí (vizuální, auditivní, audiovizuální, dotykové anebo smíšené), podle stupně poznávacích procesu se pomůcky mohou opírat o konkrétní názor, skutečnost může být upravená (symbolické pomůcky),
- materiálně-praktické, neboli podle druhu použitého materiálu, obsahu, formy, (např. pomůcky kovové, dvojrozměrné, trojrozměrné apod.). [6]

Především materiálně-praktické pojetí učebních pomůcek pak rozvádí Geschwinder a kol., který učební pomůcky rozlišuje následovně:



Obrázek 2 - Rozdělení učebních pomůcek dle Geschwinder [7]

1.3 Zásady použití učebních pomůcek ve výuce

„Názornosti je třeba používat jako soli. Nesmí se přesolit, ani nedosolit.“ [1 s. 26]

Zařazení učebních pomůcek do edukačního procesu ovšem nemusí mít automaticky pozitivní přínos, účinek může být při nevhodném didaktickém použití i kontraproduktivní.

Dle Geschwinderera [7] by měl vyučující používat tyto zásady používání učebních pomůcek ve výuce:

- edukátor musí brát v potaz použití učebních pomůcek především na základě vzdělávacího cíle, kterého ve výuce dosahuje,
- musí mít přehled o učebních pomůckách, které má k dispozici,
- před samotným použitím učební pomůcky zkontrolovat funkčnost pomůcky,
- při používání dodržovat zásadu přiměřenosti, a to zejména s ohledem na věk a úroveň žáků,
- učební pomůcky zapojovat do výuky i s ohledem na své zkušenosti a dovednosti s danou pomůckou,
- při používání pomůcky začlenit do realizace nejlépe všechny účastníky výuky,
- správně kombinovat formy a metody výuky s typem učební pomůcky i s ohledem na časovou dotaci vyučovací hodiny,
- dohlédnout, aby žáci získali použitím učební pomůcky maximum využitelných poznatků a informací,
- doprovodné slovo zvolit tak, aby usměrňovalo pozornost žáků zamýšleným směrem,
- učební pomůcky předkládat žákům tehdy, když chceme zaměřit jejich pozornost k danému učivu.

Rambousek poté tyto zásady doplňuje o zásadu zjednodušování a zefektivňování na úkor zastínění obsahu výuky. *„Časté a správné využívání učebních pomůcek ve vyučovacím procesu nutí učitele se na hodinu pečlivě připravovat, naplánovat každý krok, připravit včas materiály a práci s učební pomůckou vyzkoušet předem, aby jeho práce byla úspěšná.“ [8 s. 9]*

1.4 Význam materiálních trojrozměrných modelů ve výuce

“It is a miracle that curiosity survives formal education.” – Albert Einstein [9 s. 2]

Pouhé interpretování informací nebo faktů žákům je považováno za nejpovrchnější formu vzdělávání. Pomáhá jim utvářet znalosti tím, že se učí tyto informace reprodukovat, vysvětlovat a hodnotit, což jim ale mnohdy zabraňuje odkrýt hlubší podstatu daných poměrů. Za nejefektivnější formy vzdělávání jsou však považovány ty, které vedou ke zvnitřnění studovaného a uložení těchto nových znalostí a dovedností do dlouhodobé paměti. Dle Orozca toho lze dosáhnout tím, že žákům pomůžeme vidět vzorce, které samy nemohou objevit. [9]

Dle rozdělení učebních pomůcek na předchozích stranách lze materiální trojrozměrné modely zařadit mezi modely statické a dynamické, zobrazující předměty. Tím splňují měřítko názornosti, která jsou velkou součástí vizuální gramotnosti. Verner definuje vizuální gramotnost jako skupinu kompetencí, kterou může člověk vyvinout tím, že vidí a současně integruje další smyslové zážitky. Rozvoj těchto kompetencí je pro normální lidské učení zásadní. Když jsou vyvinuty, umožňují vizuálně gramotné osobě rozlišovat a interpretovat viditelné jevy, objekty, symboly, s nimiž se ve svém prostředí setkává. [10]

Pokud bychom se zaměřili pouze na zrakovou část vizuální gramotnosti, příznivou součástí práce s 3D tiskem je i tvorba a vizualizace trojrozměrných počítačových objektů, tedy v okamžik před samotným tiskem. Model si tak lze prohlédnout v trojrozměrném prostoru, upravovat jeho parametry, objekt lze různě natáčet a prohlížet po vrstvách. Významem využití trojrozměrných počítačových objektů nejen ve výuce chemie se dlouhodobě zabývají odborníci didaktiky chemie Univerzity Karlovy. [11] [12]

Zatímco počítačové 3D objekty lze na obrazovce počítače vidět ve třech rozměrech, materiálních trojrozměrných modelů se lze dotýkat, prozkoumávat je, nebo dokonce vyrábět předměty s pohyblivými částmi. [13]

Haptický smysl je pro člověka nepostradatelnou součástí každodenního života, prostředkem poznávání okolí a interakci s prostředím. Přestože dotyk hraje důležitou roli při zkoumání a poznávání světa kolem nás, jeho význam ve vyučování

se zdá být prozkoumán mnohem méně než zrakové a sluchové smysly. Dle dostupných studií je obrovskou výhodou hmatu snadnější uložení senzomotorického podnětu do dlouhodobé paměti, odkud může být znovu hravě vyvolán, i když je mentální aparát odpojen od původní situace, ve které proběhla vtělená zkušenost. Senzomotorické zážitky tedy představují základní prvky mentálních reprezentací, které umožňují úspěšné uložení poznatků do dlouhodobé paměti. Vždyť manipulace s objekty je typem učení, které je u člověka evolučně zabudováno mezi primárními biologickými dovednostmi, což znamená, že je učení hmatem nevědomým, snadným a rychlým způsobem, které je člověkem využíváno už od prvních měsíců jeho života. Navíc není omezeno kapacitou pracovní paměti. V důsledku toho hraje tento přirozený a nenásilný způsob učení díky své vysoce motivující povaze a snadnému získávání znalostí a dovedností velkou roli mimo formální kontexty učení. [5]

Ve školství samotném můžeme pozorovat hned několik pedagogických výhod 3D tisku. Vždyť samotný senzomotorický okruh Bloomovy taxonomie je vedle vzdělávacích a emocionálních cílů jedním se tří pilířů kognitivních cílů jeho teorie. Motivací pedagoga by tak mělo být zahrnovat všechny tyto tři okruhy do své výuky. [14]

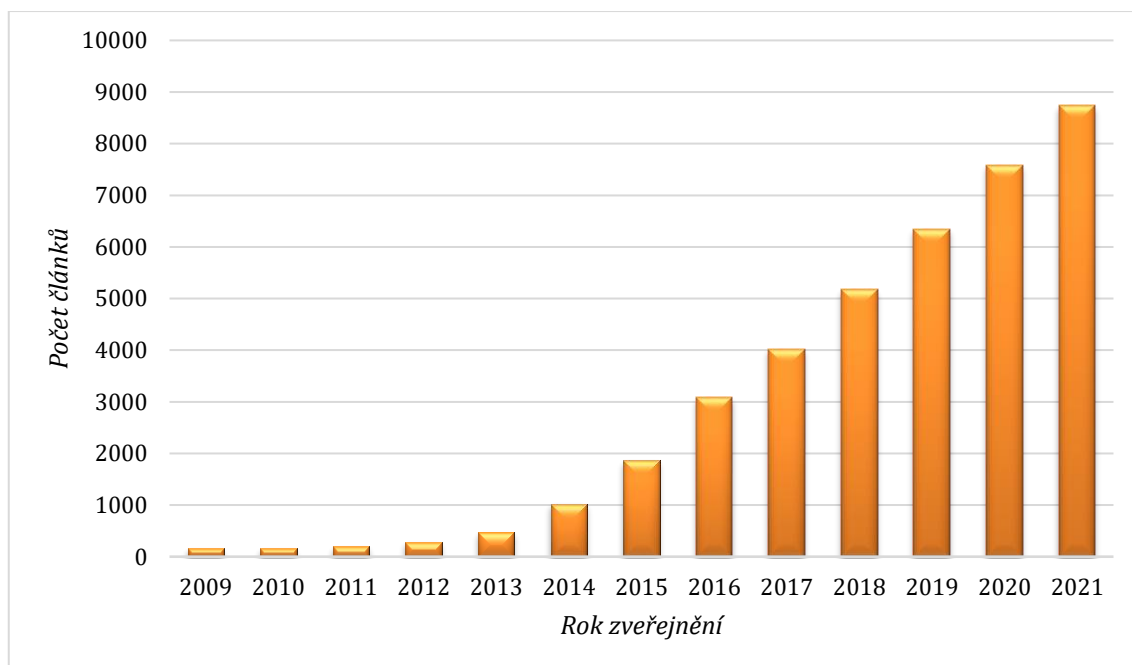
Žáci mohou díky materiálním učebním pomůckám sledovat elementy na 3D objektech, které se obtížněji vizualizují na papíře nebo v jiných 2D formátech. Mohou také zkoumat repliky artefaktů a uměleckých děl, jejichž originály jsou jinak nepřístupné nebo křehké. Pomocí 3D tisku můžeme také dosáhnout vyšších kognitivních cílů, pokud žáky necháme modely samostatně vyrábět. Vytváření 3D modelů umožňuje kreativní myšlení a řešení problémů v úkolech, kde studenti vyvíjejí nové nástroje nebo produkty, a může být společnou aktivitou, která buduje dovednosti týmové práce studentů. 3D tisk lze snadno integrovat do aktivního učení, skupinové práce a učení na základě příkladů. [15] [16] Žák, který porozuměl, může odpovědět nejen na otázky, které jsou převzaty pouze z učebnice, ale také řešit nové úkoly. Čím hlubší porozumění, tím více může člověk dosáhnout zobecnění svých znalostí. A když dojde k hlubšímu pochopení, je také mnohem snazší vysvětlit tuto oblast znalostí ostatním. [9]

Studie Vernerera potvrzuje, že používání materiálních modelů podporuje aktivizaci pedagogických obsahových znalostí a dovedností. Úkoly, které kombinují vytváření hmatatelných modelů a jejich využití v reálné pedagogické praxi studenty motivuje prohloubit své znalosti. Pozorování také prokázalo, že učební aktivity s 3D modely významně zlepšují procvičování vizuálních prostorových dovedností studentů. Ti vnímají, mentálně zpracovávají a vizualizují výrazně složitější objekty než v konvenčních učebních metodách. [10]

Vědci zjistili, že technologicky integrované výukové prostředí zaměřené na edukanty pomáhá produkovat studenty, kteří jsou schopni lépe kriticky myslet, řešit problémy, spolupracovat s ostatními a hluboce se zapojit do procesu učení. Technologie mění způsob, jakým interagujeme a učíme se pomocí mnoha úžasných nástrojů. Snížení nákladů na nové technologie umožňuje mnoha školám implementovat tyto nástroje do učebních osnov a tím je více zpřístupňuje veřejnosti. [17]

1.5 Aktuální výzkum využití materiálních 3D modelů ve výuce

Dle webu Web of Science je pojem 3D tisk stále aktuálnější a vyhledávanější pojem. Tento fakt lze zaznamenat ze statistických údajů, které tento web pro své uživatele zprostředkovává (graf 1).



Graf 1 – Statistické údaje o počtu článků na téma 3D tisk
(Zdroj: Web of Science, cit. 2022-04-18)

V edukativní oblasti bylo na této stránce dosud zveřejněno 291 článků, což tvoří 1,4 % z celkového počtu uveřejněných článků na téma 3D tisk. [18]

Z tendencí podtémat pro 3D tisk vyplývá, že pedagogové obecně věří teoriím o efektivnosti používání těchto technologií pro jejich výuku. Konkrétně zmiňují větší motivaci studentů k učení, podporování pozitivního chování ve třídě a učení se důležitým dovednostem reálného světa. [19]

Druhou stranu mince však představuje výzkum odborníků z Polytechnického institutu Maia z roku 2019, podle kterého pedagogové vidí vytváření nových digitálních technologií jako „obtížnější pro život učitele“. Mohou se cítit zastrašeni, když se snaží naučit se nové technologii nebo softwarovému nástroji. Jako většina úsilí o integraci nové technologie do škol, i zde nemusí mít učitelé podporu nebo školení pro používání 3D tiskáren pro výuku. Někteří pedagogové se také obávají, že jejich autorita ve třídě bude narušena, pokud studenti vědí o technologii více než

jejich učitelé. [20] Podobně popisuje komplikovaný vztah učitelů k technologiím studie Hickse z roku 2017, která se týkala především učitelům historie a sociálních studií. Dle tohoto článku mají učitelé obavy, že technologie snižuje kapacity studentů pro důkladné myšlení a kritickou analýzu. [21]

Modely nemusí mít pouze čistě edukativní či didaktickou hodnotu, ve studii australských odborníků byly 3D modely využity jako motivační nástroj podporující učební proces u malých dětí prvního stupně ZŠ v Austrálii. V Austrálii měli žáci základních škol v severní Adelaide potíže se studiem matematiky, někteří dokonce plakali, kdykoli se jí museli učit. Jejich instruktor se rozhodl vytvořit pro každého žáka na základě jejich vytvořených obrázků malého trojrozměrného avatara, aby jim pomohl překonat jejich strach z matematiky. Avatar měl vliv na úroveň zapojení žáků a podílení se na pozitivním učebním procesu a nadšení studentů se dramaticky zvýšilo. [22]

Slibnou budoucností 3D tiskáren je jejich tržní i cenová dostupnost. Celá komunita 3D tisku je OpenSource, velký počet uživatelů zpřístupňuje jejich modely online zdarma. Tím se každým rokem databáze již vytvořených modelů zvětšuje. Velkým pozitivem rozvoje 3D tisku je i stále se snižující cena tiskáren a materiálů. [13]

Velkou podporou 3D tisku ve výuce jsou i programy vytvářené některými výrobci 3D tiskáren. Příkladem je například program Průša pro školy od výrobce tiskáren PrusaResearch a.s., který byl spuštěn v roce 2020. Tento program nabízí možnost získat 3D tiskárnu zdarma. Součástí je i přístup k databázi projektů, poradenství, školení na míru pro učitele a technická podpora pro školy. Do programu se do této doby zapojilo více než 1500 škol, domů dětí a mládeže, knihoven a jiných institucí. [23]

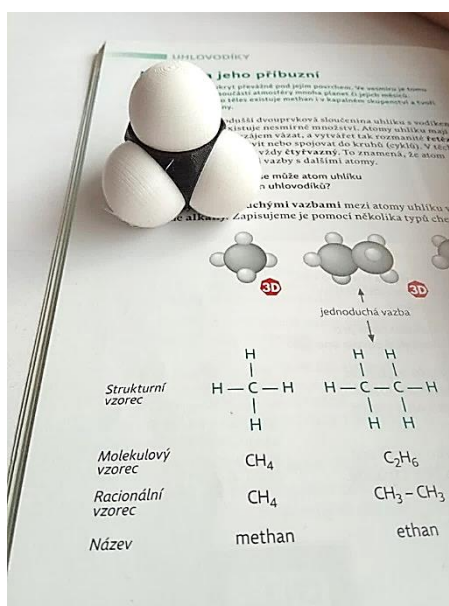
2 Možnosti využití trojrozměrných modelů ve výuce

Trojrozměrné modely ve výuce přinášejí výraznou motivaci žáků v oblasti technického vzdělávání, tedy využití dané vyučovací látky přímo v praxi. 3D tisk představuje pro pedagogy výraznou nápomoc při tvorbě vlastních názorných 3D tištěných výukových pomůcek, které nejsou běžně dostupné, nebo jsou drahé. K tomu může využít tvorby vlastních modelů pomocí vhodně zvoleného softwaru, použití již vytvořených modelů z internetu, nebo tvorby modelů žáků vzniklých v rámci výuky. [24]

Modely ve výuce mohou být využity především jako:

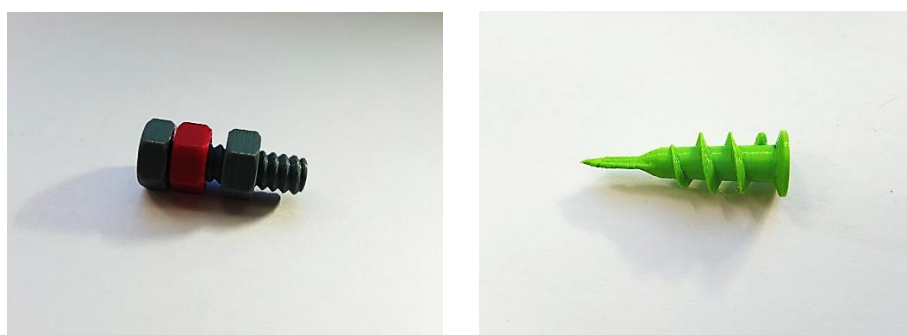
- učební pomůcky vytvářené vyučujícím,
- tisk součástí a speciálních dílů pro školní objekty,
- reklamní a propagační materiály školy,
- žákovské projekty ve výuce.

Pro pedagoga může být dovednost práce s 3D tiskem nenahraditelným pomocníkem pro výuku. Často se pedagogové bohužel setkávají s nedostatkem rozmanitosti učebních pomůcek pro výuku daného předmětu. 3D tisk je tak prostředkem, díky kterému si může pedagog vytvořit pomůcku z jakéhokoliv obrázku v učebnici (obrázek 3) nebo ze své vlastní představivosti (obrázek 3).



Obrázek 3 – Tisk učebních pomůcek dle předlohy v učebnici (Foto autor)

V denním provozu školy se ale můžeme setkat s různými situacemi, ve kterých může být 3D tisk výhodou. Na půdě školy se často nachází objekty, které sice nesouvisí s výukou, jsou ale pro chod školy nezbytné a jejich porucha může být významnou komplikací provozu školy. Na obrázku 4 je ukázka takové nápomoci 3D tisku při sestavování stavebnic Merkur, u kterých došlo k poztrácení několika součástek. V tomto případě šlo konkrétně o výtisk speciálního šroubu s matkami na míru, díky kterým mohli žáci základní školy sestavit model traktoru. Na obrázku 5 pak výtisk hmoždinky pro ukotvení nástěnky, která v sobě měla zabudované šrouby, na které se v obchodech nedala sehnat odpovídající hmoždinka.



Obrázek 4 a 5– Fotografie součástek vytištěných na 3D tiskárně (Foto autor)

3D tisk může být na půdě školy využit nejenom ve výuce a provozu. Školy často při akcích jako jsou dny otevřených dveří, zápisu dětí do prvních tříd a jiných, vytvářejí pro návštěvníky propagační materiály nebo dárečky. 3D tisk tak může být zajímavou variantou pro vytváření těchto předmětů.



Obrázek 6 – Propagační materiál školy (Foto autor)

Největší dopad na učení žáků ale bude mít jejich vlastní tvorba. Digitální gramotnost žáků je díky distanční výuce v poslední době velmi propírané téma, digitální kompetence byly dokonce nově zařazeny do rámcového vzdělávacího programu pro základní školy. Žáci si tak mohou sami tvořit již zmíněné modely pro výuku, součástky i propagační materiály. Tomuto tématu se budu věnovat v další kapitole.



Obrázek 7– Vlastní tvorba žáků (Foto autor)

Dokonce je v současné době spuštěno několik soutěží, kterých se žáci mohou se svými 3D modely zúčastnit (AMAVET, NEURON,...). 3D tisku mohou využít také jako podpory žákovských projektů v jiných soutěžích. [24]

2.1 Pojetí materiálních trojrozměrných modelů dle školského zákona

Školský zákon zařazuje materiální učební pomůcky mezi *didaktické pomůcky* nebo *kompensační pomůcky*. [25]

Didaktická pomůcka je podpurným opatřením, které vždy lze přizpůsobit individuálním potřebám žáka. Mohou se používat ve všech formách vyučování. [25] Pomůcky vytištěné na 3D tiskárně by v tomto smyslu mohly sloužit například jako názorné pomůcky pro různé vzdělávací oblasti a pomůcky užívané pro procvičování

prostorové a pravolevé orientace. Velkou výhodou těchto modelů je tvorba speciálních didaktických pomůcek dle charakteru jednotlivých postižení.

Kompenzační pomůcka pomáhá žákovi se speciálními vzdělávacími potřebami kompenzovat nedostatky vyplývající z jeho konkrétního postižení, a tím podporují jeho individualitu, usnadňují přístup ke vzdělávání a zvyšují úspěšnost. Velkou kapitolou kompenzačních pomůcek jsou poté *stimulační pomůcky*, například hračky, které rozvíjí zrakové a hmatové podněty. Takové pomůcky se dají snadno a levně vytvořit na 3D tiskárně dle velmi specifických potřeb každého žáka. [25]

Navíc v rámci novely vyhlášky č. 27/2016 Sb., o vzdělávání žáků se speciálními vzdělávacími potřebami a žáků nadaných (platná verze od 1. 1. 2020) byly speciální učební pomůcky a kompenzační pomůcky podmíněny takzvanou podmíněnou normovanou finanční náročností pomůcek (PNFN). Tato norma určuje financování těchto pomůcek nad hodnotu 500 Kč, pomůcky s nižší tržní hodnotou jsou financovány z ostatních neinvestičních zdrojů. I zde by mohl 3D tisk nalézt významné uplatnění pro usnadnění vzdělávání žáků se speciálními vzdělávacími potřebami. [26] [27]

Výborným příkladem kompenzační pomůcky jsou *fidgety*, které vynalezla Catherine Hettingerová v roce 1993. Fidgety se používají jako antistresové hračky, které pomáhají lidem s různými problémy jako hyperaktivitou, ADHD, autismem, úzkostmi, či s impulzivními motorickými pohyby (anglický překlad „fidgeting“). [28]



Obrázek 8 a 9 – Fidgety vyrobené na míru potřebám žáků s autismem (Foto autor)

2.2 Možnosti využití materiálních trojrozměrných modelů dle RVP jednotlivých předmětů

V RVP lze nalézt učební pomůcky ve výrocích: „Žáci se učí využívat prostředky výpočetní techniky (především kalkulátory, vhodný počítačový software, určité typy výukových programů) a používat některé další pomůcky, což umožňuje přístup k matematice i žákům, kteří mají nedostatky v numerickém počítání a v rýsovacích technikách. Zdokonalují se rovněž v samostatné a kritické práci se zdroji informací.“ (Matematika a její aplikace: Minimální doporučená úroveň pro úpravy očekávaných výstupů v rámci podpůrných opatření: žák M-3-2-02p modeluje jednoduché situace podle pokynů a s využitím pomůcek). [29 s. 30]

Materiální, personální, hygienické, organizační a jiné prostředky pro uskutečňování RVP ZV:

- speciální učebny a prostory (v souladu s ŠVP základní školy) - jazykové, pro informační technologie ICT, fyzikální, chemické, přírodopisné, zeměpisné, pro hudební a výtvarnou výchovu aj., vybavené speciálním nábytkem, (laboratorními) přístroji, nástroji, materiálem a pomůckami,
- prostory pro uložení pomůcek, materiálů a přípravných prací vyučujícího (kabinety) vybavené odpovídajícími pomůckami pro výuku v jednotlivých vzdělávacích oblastech a vhodným zařízením pro přípravu učitele,
- učebnice, didaktické prostředky, učební pomůcky, informační a komunikační technika, digitální technologie s připojením k internetu a další potřeby a pomůcky (např. pomůcky pro tělesnou výchovu, pracovní vyučování, hudební a výtvarnou výchovu) umožňující efektivní vyučování a podporující aktivitu a tvořivost žáků,
- speciální učebnice, kompenzační a jiné pomůcky, které jsou nezbytné pro vzdělávání žáků se speciálními vzdělávacími potřebami, žáků nadaných a mimořádně nadaných. [29]

Zcela novou kompetenci v RVP základních škol je *kompetence digitální*. Dle této nové kompetence na konci vzdělávání žák:

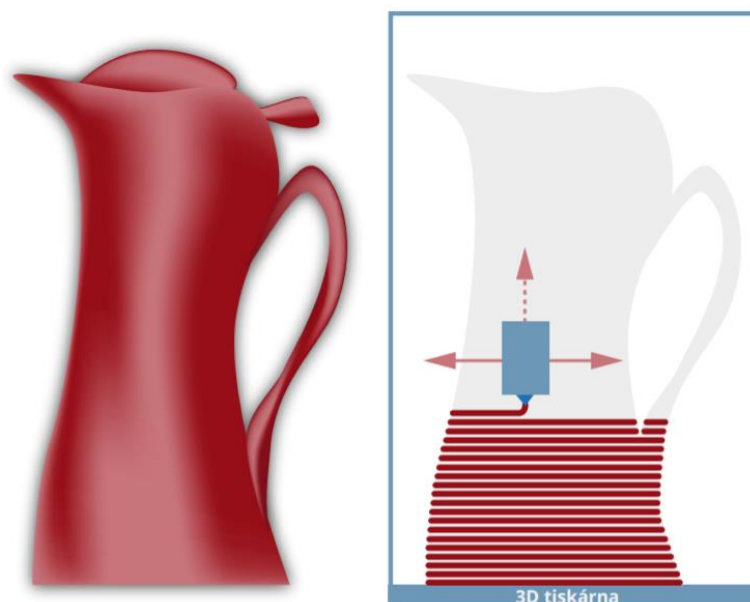
- ovládá běžně používané digitální technologie, digitální zařízení, aplikace a služby; využívá je při učení a při zapojení do života školy a do společnosti; samostatně rozhoduje, jakou technologii pro jakou činnost či řešený problém využít,
- získává, vyhledává, kriticky posuzuje, spravuje a sdílí data, informace a digitální obsah, k tomu volí postupy, způsoby a prostředky, které odpovídají konkrétní situaci a účelu,
- vytváří a upravuje digitální obsah, kombinuje různé formáty, vyjadřuje se za pomoci digitálních prostředků,
- využívá digitální technologie, aby si usnadnil práci, zautomatizoval rutinní činnosti, zefektivnil či zjednodušil své pracovní postupy a zkvalitnil výsledky své práce,
- chápe význam digitálních technologií pro lidskou společnost, seznamuje se s novými technologiemi, kriticky hodnotí jejich přínosy a reflektuje rizika jejich využívání. [29]

3D tisk samotný by se dal zařadit do okruhu – Data, informace a modelování s následujícími očekávanými výstupy:

- *1-9-1-03: Vymezí problém a určí, jaké informace bude potřebovat k jeho řešení; situaci modeluje pomocí grafů, případně obdobných schémat; porovná svůj navržený model s jinými modely k řešení stejného problému a vybere vhodnější, svou volbu zdůvodní.*
- *1-9-1-04: Zhodnotí, zda jsou v modelu všechna data potřebná k řešení problému; vyhledá chybu v modelu a opraví ji. [29 s. 41]*

3 3D tisk

V současnosti je využíváno celé řady 3D tiskových technologií, z nichž tou nejpoužívanější je metoda FDM (Fused Deposition Modeling). Principem této metody je natavení filamentu (plastové struny) a postupné nanášení vrstev roztaveného plastu tryskou na tiskovou plochu (obrázek 10). Tuto technologii řadíme mezi aditivní výrobní technologie, tedy proces, při kterém se postupně přidává vrstva na vrstvu až do vytvoření požadovaného objektu. Kromě asi nejznámějšího využití tisku pomocí plastů zvládají 3D tiskové technologie i tisk například kovových a keramických materiálů, betonu, ale i těch méně očekávaných, například čokolády. Pomocí tiskové technologie můžeme tedy vytisknout reálnou prostorovou věc dle její 3D počítačové podoby. [24]



Obrázek 10 - Princip FDM 3D tisku [24]

Velkou výhodou 3D tisku je výroba malého množství objektů přizpůsobených požadavkům uživatele na míru. Oproti komerčně prodávaným modelům na trhu se dají tyto modely vyrobit za relativně nízké náklady. [13] Dalším důvodem pro využití 3D tisku by mohla být výroba předmětů takového tvaru, který by konvenčními technologiemi vyrobit nešel, nebo by bylo jejich zhotovení velice komplikované a časově náročné, a tím pádem drahé. [24]

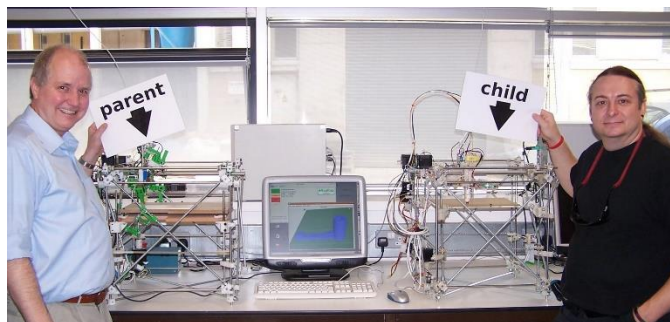
3.1 Historie 3D tisku

Metodu 3D tisku jako první zveřejnil Hideo Kodama v roce 1981, který jako první publikoval práci na téma využití fotopolymerů při výrobě prototypů. Tato metoda 3D tisku byla ale technologií SLA (Stereolitography), která využívá tuhnutí kapalného plastu v místě působení UV světla. Pomocí této technologie lze vyrobit nejdětalnější výrobky. Tato technologie by jistě našla ve školství také své uplatnění, její nevýhodou jsou však poměrně vysoké náklady. Na obrázku je velmi detailní model lidského srdce vytištěný metodou SLA. [30]



Obrázek 11 - Model lidského srdce vytištěný pomocí SLA technologie [30]

Metoda FDM pak byla patentována v roce 1989 Scottem Crumpem a první tiskárna tohoto typu byla vyrobena v roce 1992. Celý systém Open source hardwaru projektu RepRap (nová tiskárna vytištěná původní tiskárnou) však byl odstartován roce 2005, díky čemuž došlo ke zpřístupnění 3D tisku i pro běžné uživatele v jejich domácnosti a 3D tisk tak zažil obrovský rozmach. Od roku 2010 lze pak zaznamenávat první poznatky tisku potravin, lidských umělých náhrad částí těla a dalších. [24] [31]



Obrázek 12 – Zakládající členové projektu RepRap [31]

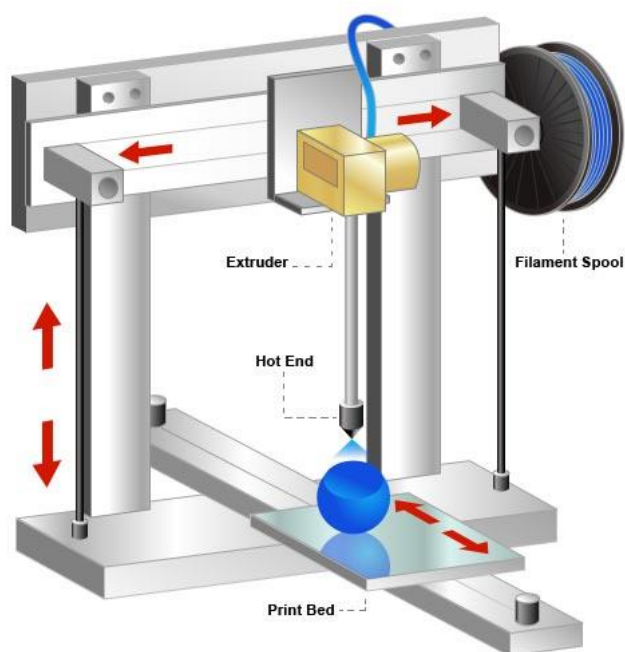
3.2 Části 3D tiskárny

K samotnému 3D tisku je zapotřebí plastové tiskové struny, tzv. *filamentu*. Ten může být vyroben z různých materiálů, viz. kapitola 3.4. Tato vstupní tisková struna je následně roztavena do polotekutého stavu, ze kterého je opětovným zchlazením vyroben daný model.



Obrázek 13 - Filament – plastová tisková struna [31]

Tisková struna je zaváděna do samotného srdce 3D tiskárny, tzv. *extruderu*, neboli tiskové hlavy. Je to část tiskárny, která se skládá z podávacího mechanismu na filament, nahřívacího zařízení zvaného hotend, trysky, která nanáší roztavený plast na tiskovou plochu a větráků, které teploty při 3D tisku korigují.



Obrázek 14 – Schéma součástí FDM 3D tiskárny (Zdroj: supermediastore.com)

Jedna z nejdůležitějších částí 3D tiskárny je tzv. *hotend*, který je zakončen tryskou. Toto zařízení mění vstupní plastovou strunu na tenké vlákno o daném průměru, ze kterého se tvoří výsledný výrobek. Běžné jsou k dostání trysky s průměrem 0,2; 0,3; 0,4; a 0,5 mm. Čím menší průměr trysky je použit, tím lepší je rozlišení detailů modelů, rychlost tisku se tím ale sníží. Model je pomocí trysky nanášen na tiskovou podložku, tzv. *bed*, popřípadě *heatbed*.

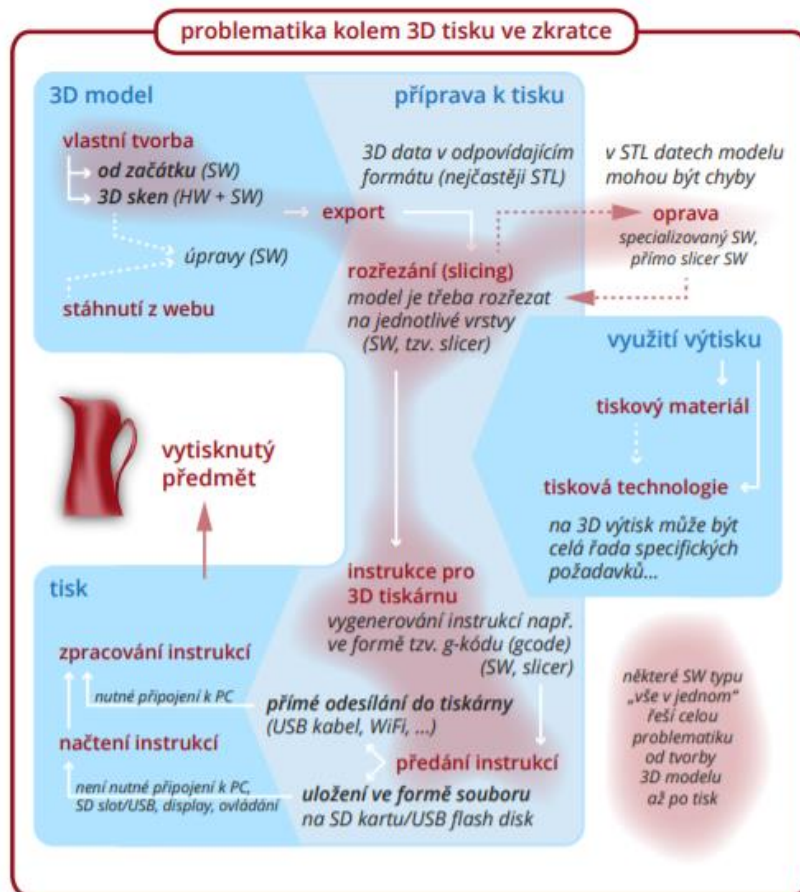
Pohyb os tiskárny je pak zajištěn pomocí tyčí, řemenů a krokových motorů. Tiskárna je poháněna napájecím zdrojem. Pro ovládání tiskárny slouží nedotýkový displej, kterým lze také dodatečně ovlivňovat parametry samotného tisku, jako je rychlost, výška vrstvy.

V průběhu tisku lze také samotný tisk pozastavit, během této doby může být vyměněna barva filamentu. Takto lze měnit barevnost modelu v průběhu tisku, ke změně barvy bude ale docházet po vrstvách.

Součástí 3D tiskárny jsou pak další součásti zlepšující provoz samotného tisku, jako jsou sondy pro co nejdůležitější kalibraci, až po senzory filamentu, které uživatele informují vždy, když je potřeba filament vyměnit.

3.3 Princip 3D tisku technologií FDM

K tvorbě samotného objektu je zapotřebí několika kroků. Tím prvním je samozřejmě získání trojrozměrného objektu, který má být vytištěn. Ten musí být ve formátu, který je program pro 3D tiskárnu schopný zpracovat. Následně musí tento model být v programu „nařezán“ na jednotlivé vrstvy, čímž se docílí vygenerování instrukcí pro 3D tiskárnu. Na řadě je pak samotný 3D tisk (na obrázku 15).



Obrázek 15 - Přehledný princip 3D tisku [24]

Pro vlastní tisk 3D modelu je tedy nejdříve zapotřebí takový model získat. První možností je tvorba 3D modelu vlastními silami na počítači (popř. tabletu či chytrém telefonu). Podmínkou tvorby je pak jakýkoliv program tvořící modely ve formátu vhodném pro 3D tisk (CAD, CAM), nebo programy, díky kterým lze vytvořit 3D modely v jiném formátu a ty následně exportovat do formátu vhodného pro 3D tisk. Druhou možností je zařízení, které se označuje jako 3D skener, který je schopný reálnou podobu již vytvořeného objektu nasnímat. [24] [31]

Ne vždy je ale výhodné 3D modely vytvářet vlastními silami. Někdy je lepší na internetu prohledat některý z portálů pro sdílení hotových 3D modelů. Je totiž velmi pravděpodobné, že model již někdo vytvořil a zdarma ho nabízí k dispozici ostatním. Nejnavštěvovanějšími stránkami s modely zdarma jsou například *thingiverse.com*, nebo *myminifactory.com*. [24]

Získaný model by měl být nejlépe ve formátu STL, OBJ, AMF, 3AMF nebo PRUSA. Tyto formáty je totiž schopný zpracovat program pro převedení objektu na instrukce pro 3D tiskárnu (tzv. *licer*). Nejpoužívanějšími programy pro převedení jsou *PrusaSlicer*, *Sli3er*, *Cura*, *Simplify* a další. Tyto programy navíc umožňují poslední úpravy na objektu, jako je změna velikosti a poměru stran, řezy objektem. Také mají ve svém repertoáru nastavení 3D tisku, například rychlost tisku, výška vrstvy a mnoho dalších.

Při tvorbě modelů, nebo jejich získávání z dostupných internetových stránek, ale může často docházet k tvorbě chyb v samotném zdrojovém kódu modelů. Dnešní programy pro převedení instrukcí pro 3D tiskárnu zmiňované výše však mají v sobě zabudovanou funkci pro automatickou opravu těchto chyb bez přílišného zatěžování uživatele.

3.4 Nejčastější materiály používané při 3D tisku

PLA

V současnosti jedním z nejpoužívanějších materiálů pro 3D tisk, pro výrobu běžných učebních pomůcek pravděpodobně materiál nejvhodnější. Je to zástupce tzv. *bioplastů*, což jsou materiály vyrobené z obnovitelných zdrojů, nejsou tedy závislé na ropě. Vypadá na první pohled i dotek stejně, jako běžně užívané plasty z ropy. Od klasických plastů se však liší tím, že je možné jej biologicky degradovat, kompostovat a přeměnit na biomasu či humus. [33]

Ve srovnání s jinými materiály je tvrdší, ale také křehčí. Jeho největší nevýhodou je malá teplotní odolnost, rozkládá se již při 60° C. Proto je nevhodný pro používání pomůcek, ve kterých může dojít k zahřátí, nebo těm, které budou vystaveny slunečnímu záření. Obrovskou výhodou je ale snadnost samotného tisku, prakticky lze tento materiál tisknout na základním nastavením tiskárny bez jakéhokoliv většího zásahu. [31]



Obrázek 16 - Model molekuly vody pro výuku chemie – PLA materiál (Foto autor)

PET-G

Zkratka PET je i mimo svět 3D tisku poměrně známá, v běžném životě se s tímto plastem můžeme setkat u plastových nádob na nápoje. Při výrobě 3D modelů se využívá hlavně pro svou chemickou a tepelnou odolnost. Nevýhodou je však uživatelská obtížnost tisku tohoto materiálu, který snadno tzv. *strunuje*. Proto je potřeba jistá uživatelská dovednost při práci s tímto materiálem.

Co se týká parametrů tisku, PET-G je tištěno při vyšších teplotách než materiál PLA, zhruba od 230-250 °C. Vytisknutý model z tohoto materiálu je vizuálně příjemnější, vrstvy se spolu lépe slučují, je tedy celistvější a lesklejší. [31]



Obrázek 17 - Puzzle z PET-G materiálu tištěné pro Světový den autismu s ukázkou typického strunování (Foto autor)

Zhruba se odhaduje, že ze dvou výše zmíněných materiálů pochází 90 % všech výtisků. Dalšími materiály jsou například ABS (pro tisk velmi odolných součástí), HIPS (houževnatý polystyrén), ASA (odolnost proti UV a větru) a další. [31]

Praktická část

4 3D tiskárna použitá při tisku modelů

Pro tisk modelů do této diplomové práce byla použity tiskárny Original Prusa i3 MK2S (v osobním vlastnictví) a Original Prusa i3 MK3S+ (v majetku školy, obrázek 18) od výrobce Prusa Research a.s. firmy Josefa Průši, který je v současné době jedním z největších výrobců 3D tiskáren po celém světě.



Obrázek 18 – Original Prusa i3 MK3S+ (Zdroj: prusa3D.com)

Škola, na které pracuji, získala tuto tiskárnu z projektu Průša pro školy, což je program pro podporu 3D tisku ve školách v České republice. Naše škola získala 3D tiskárnu zdarma díky tvorbě projektu chemických šablon, v rámci kterého měli žáci za úkol vytvořit a vytisknout šablony s chemickým nádobím. Projekt byl pak didakticky zpracován a nasdílen pro ostatní uživatele 3D tiskáren na stránky *printables.com*. Na těchto stránkách se v současné době nachází přes 300 projektů ze škol v celé ČR.

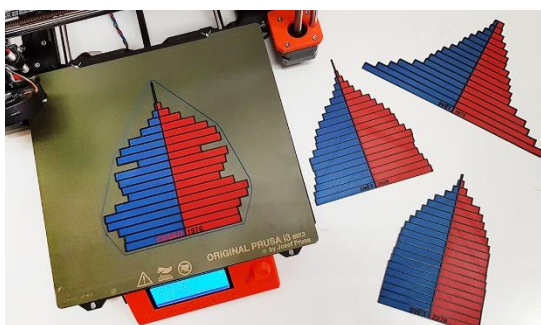
Pro tisk učebních pomůcek nejčastěji využívám materiál PLA, který je uživatelsky nepřívětivější a v porovnání s ostatními materiály zpravidla levnější. Pro tisk náročnějších modelů (chemického nádobí, modely vystavené vyšší teplotě) používám materiál PET-G. Parametry tisku většinou zanechávám v původním nastavení programu *PrusaSlicer*.

5 Získávání 3D modelů

5.1 Komunitní portály

Jistě užitečným faktem pro mnoho uživatelů 3D tisku je fakt, že komunita je většinou OpenSource, což znamená, že nadšenci z řad modelářů sdílí své modely na nespočtu internetových portálů za malý finanční obnos či zdarma. V dnešní době lze využít řady služeb a komunitních portálů s miliony modelů, z nich mnohé jsou dostupné pro nekomerční účely zcela bezplatně. Takovými stránkami jsou například *thingiverse.com*, *myminifactory.com*, *stlfinder.com*, *grabcad.com*. Všechny tyto stránky jsou zcela v angličtině.

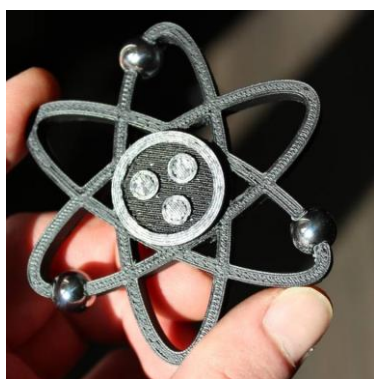
Pro pedagogy z České republiky je v současné době vytvářen internetový portál *proskoly.prusa3d.cz*, kde vyučující sdílí projekty, díky kterým měly školy možnost získat 3D tiskárny zdarma. Součástí již vytvořených modelů jsou návody i všechny materiály k výuce a tisku daného modelu. [31]



Obrázek 19 - Věkové pyramidy
(Foto: Gymnázium a OA Pelhřimov) [23]



Obrázek 20 - Živočišná buňka
(Foto autor)



Obrázek 21 - Model atomu lithia
(Foto: Oeve Geypen, myminifactory.com)

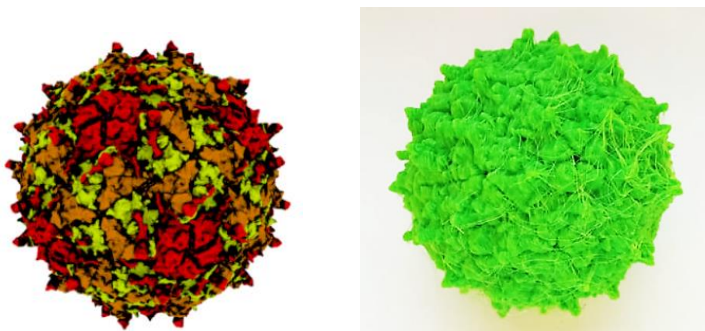


Obrázek 22 - Věstonická Venuše
(Foto: LouiseK, thingiverse.com)

5.2 Aplikace podporující 3D formát

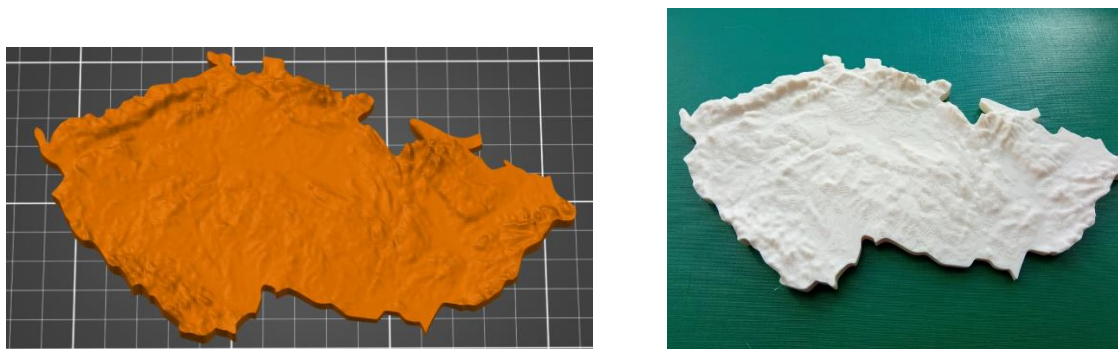
Kromě internetových stránek, které přímo shromažďují a poskytují 3D modely uživatelům, existují i internetové stránky, které nejsou přímo určeny pro 3D tisk, ale objekty se zde dají stáhnout ve formátu, který 3D tiskárna umí zpracovat.

Za všechny takové stránky by mohla být příkladem internetová stránka *3dprint.nih.gov* Národního institutu pro zdraví ze Spojených států amerických, kde se dají sehnat modely z mikrosvěta.



Obrázek 23 - Virus rýmy – vlevo model (*3dprint.nih.gov*), vpravo mnou vytištěná učební pomůcka (Foto autor)

Nadšence z řad zeměpisářů určitě nadchne nástroj *jthatch.com/Terrain2STL*, na kterém se dá vygenerovat terén kterékoliv části světa.



Obrázek 24 a 25 – vlevo model topografické mapy ČR (*jthatch.com*), vpravo mnou vytištěná učební pomůcka (Foto autor)

Dalším nástrojem, který bych zde určitě nemohl nezmínit, je stránka 3dp.rocks/lithophane. Dokáže za pomoci rozpoznání světlých a tmavých míst převést obrázek do 3D objektů o různých hloubkách profilu.

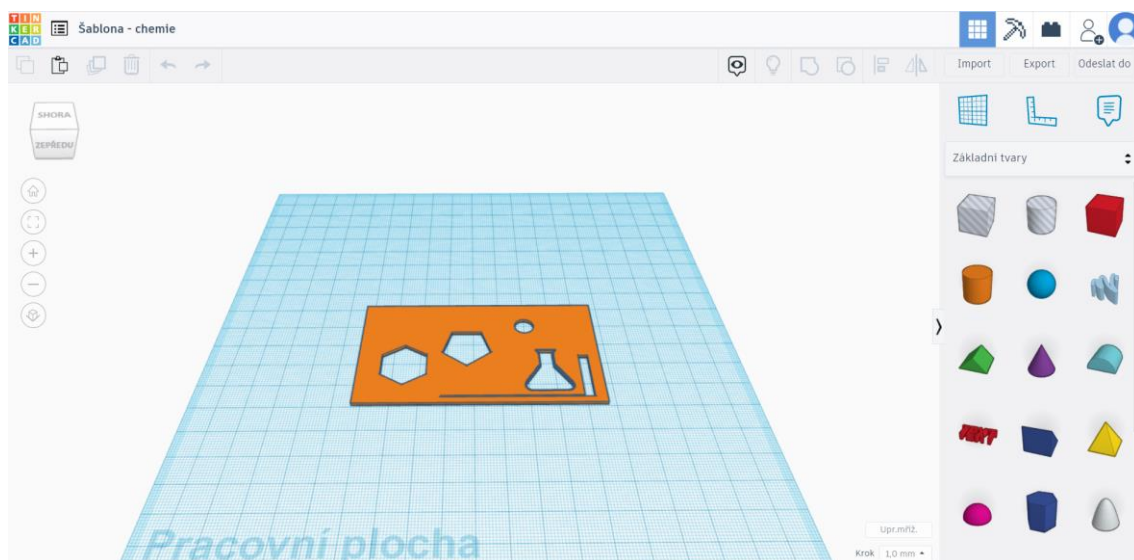


Obrázek 26 – Model Měsíce vytvořený programem lithophane (Foto autor)

5.3 Modelování pomůcek v 3D programech

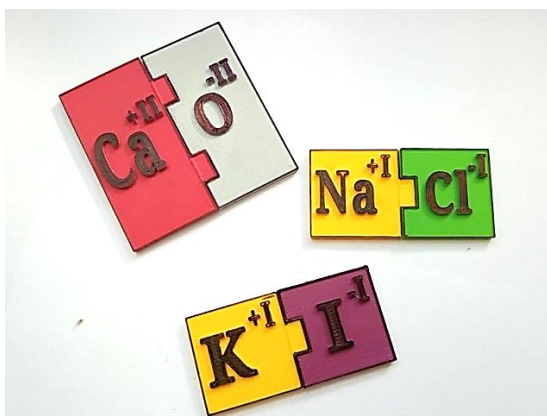
V případě, že jsem mezi velkým počtem již vytvořených modelů přesto nenašel svůj vybraný, mohu si ho samozřejmě vytvořit.

Nejdostupnějším programem pro tvorbu modelů je online stránka *tinkercad.com*.



Obrázek 27 - Pracovní prostředí internetové stránky TinkerCad (Foto autor)

Tato aplikace funguje na základě posouvání a spojování již vytvořených základních tvarů, díky čemuž se dají vytvářet jednoduché modely do výuky. Na obrázku 28 je ukázka puzzle pro chemické názvosloví, na jehož základě žáci sami tvoří schémata jednotlivých sloučenin a odvozují z nich vlastnosti aniontů a kationtů ve sloučeninách.



Obrázek 28 – Pomůcka pro výuku chemického názvosloví (Foto autor)

Tato aplikace je vhodná nejenom pro tvorbu vyučujících, ale i pro práci samotných žáků. V současnosti dokonce tato stránka poskytuje nástroj „Třídy“, kam se mohou žáci pod nasdíleným kódem přidat a tvořit modely společně. Učitel může každému žákovi do tvoření vstoupit a pomoci mu například s nastalými problémy. Tuto aplikaci můžou žáci používat i z domova, takže může fungovat i jako spolehlivý nástroj při výuce informatiky o distanční výuce.

Pro náročnější uživatele existují ale i další programy, nejznámějšími jsou *SketchUp* a *Fusion360*. Pro vyučující mají výhodu možného získání školní licence, která je poté poskytuje zdarma, nebo za snížený finanční obnos. Práce v nich je ale poněkud složitější a slouží především pro výrobu složitějších a detailnějších modelů.

5.4 Uskutečněný návrh projektu pro samostatnou tvorbu žáků

Následující projekt „Chemické šablony“ byl vytvořen za účelem získání 3D tiskárny zdarma v rámci programu Průša pro školy. Tento projekt byl v průběhu této diplomové práce již několikrát zmíněn. V rámci základní školy, na které již několik let působím, jsem měl činnost na tomto projektu na starosti já. V průběhu projektu žáci vymodelovali a vytiskli šablony s chemickou tematikou pro případné nákresy chemického skla a vzorců ve výuce.

Cíle projektu:

- Žáci vyjadřují vlastními slovy princip 3D tisku a 3D tiskárny. Tyto poznatky a dovednosti aplikují při práci s programem TinkerCad.
- Žáci modelují objekty pomocí 3D nástroje TinkerCad, odhalují případné chyby při tvorbě 3D objektu, které mezi sebou diskutují a napravují.

V průběhu projektu byly rozvíjeny kompetence kučení, k řešení problémů, komunikativní, pracovní a digitální. Hmatatelným výsledkem projektu je šablona, kterou si žáci mohou ponechat a později používat při výuce chemie k nákresu laboratorního skla a chemických vzorců. Cílovou skupinou jsou žáci 8. ročníku základní školy. Aktivita může být použita v rámci výuky informatiky, kroužků technického zaměření, nebo v projektovém dni.

K zapotřebí využití tohoto projektu jsou potřebné základní znalosti programu TinkerCad (výběr objektu, úprava parametrů, seskupování objektů a export souboru). Také je nutná dovednost ukládání a nahrávání objektů do školou vytvořené osobní složky v počítači.

Časový harmonogram zpracování projektu:

1. hodina: Opakování principu 3D tisku a součástí 3D tiskárny, vytyčení cíle projektového dne a časového harmonogramu, registrace a přihlášení do aplikace TinkerCad, zopakování základních funkcí Tinkercadu.
2. hodina: Samotná tvorba šablony, vytvoření děr tvaru chemického nádobí, seskupení a finalizace, export hotového objektu (formát STL) do osobní složky žáka v počítači.
3. hodina: Převedení objektu ve formátu STL do PrusaSlicer, slicování a tvorba GCODE, kontrola správnosti vytvořeného objektu, řešení chyb.

4. hodina: Tisk šablon, zkouška správnosti výtisku (kresba aparatury pro filtraci).
Tisk jedné šablony zabral zhruba 10 minut, rozměry šablony
9 cm x 5 cm, výška 1 mm.



*Obrázek 29 – Žáky vytvořené šablony chemického nádobí v rámci projektu
(Foto autor)*

Tento projekt byl v průběhu realizace diskutován s odborníky s PrusaResearch a následně se souhlasem uveřejněn na stránce *printables.com*, kde se v současné době nachází desítky podobných projektů uskutečňovaných jinými vzdělávacími institucemi po celé České republice. Každý registrovaný účastník si tak může vybírat z nespočtu již uskutečněných projektů, včetně osnovy, časového harmonogramu i detailního návodu.

6 Metodologie výzkumu

Ve svém výzkumu jsem se zaměřil na učitele 2. stupně základních škol, kteří mají zkušenosti s používáním 3D tiskárny na jejich škole. Částečně jsem se inspiroval prací Rozkydalové, která ve svém výzkumu zajímavě použila metodu strukturovaného rozhovoru. Mým cílem bylo ověřit, jak vyučující 2. stupně vnímají 3D tisk a učební pomůcky vyrobené na 3D tiskárně a jakým způsobem tyto pomůcky dle vyučujících ovlivňují samotnou výuku. [34]

Pro výzkumnou část diplomové práce byla vzhledem k současným protiepidemiologickým opatřením vybrána metoda pomocí řízeného interview v online prostředí. Strukturovaný rozhovor je metoda kvalitativního sociologického výzkumu, kdy má tazatel předem připravenou osu témat a otázek, které jsou stálé a standardizované. Tato metoda byla vybrána vzhledem k možnosti kontroly výsledků, a tím vzniku validních a reliabilních výstupů. Cílem výzkumníka je získání odpovědí na dané otázky. [36]

Příprava na rozhovor

Pro tento okruh výzkumné části je zapotřebí zavést pojem *návod*, což jsou předem připravená témata a otázky, která se během rozhovoru prochází. Napomáhá vést osu rozhovoru a zajišťuje, aby byl rozhovor kompletní. Hendl ukazuje vhodný postup k vytvoření návodu následovně:

- navržení obecného tématu, podtémat a okruhů otázek,
- uspořádání témat dle logického pořadí a důležitosti,
- utřídit pořadí a formování otázek,
- promyslet si navazující hloubkové otázky. [37]

Dle tohoto návodu bylo postupováno i v této diplomové práci. Návod byl upřesněn pomocí pilotního rozhovoru s mým kolegou. Následně došlo k úpravě, utřídění a změně uspořádání některých z otázek pro srozumitelnější vedení rozhovoru.

Vypracovaný návod použitý při kvalitativním výzkumu této diplomové práce bude vzhledem k rozsahu připojen v příloze této diplomové práce.

Vedení rozhovoru

Pro hladký průběh rozhovoru je vhodné si připravit úvodní otázky tzv. *icebreakers*, které pomůžou s vyjasněním poměrů dotazovaného a zároveň pomohou nastolit atmosféru a tempo celého rozhovoru. Úkolem této části je, aby se respondent cítil příjemně a bezpečně. Je vhodné strukturovaný rozhovor zaznamenávat a nahrávat. To umožňuje tazateli plně se soustředit na dotazovaného a jeho odpovědi a může se k rozhovoru později vrátit. Tazatel musí být před začátkem rozhovoru na nahrávání rozhovoru upozorněn. Výhodou nahrávání v online prostředí je pořízení i vizuální nahrávky respondenta. Je tedy možné se opětovně navrátit k pozorování i neverbálních projevů při rozhovoru. Na konci je vhodné ukončit rozhovor otázkou, která dává dotazovanému prostor pro jakýkoliv dotaz spojený s daným tématem, případně rozhovor doplnit podstatnými informacemi či hodnocením. [37]

S dotazovanými jsem se spojil na základě kontaktů, které se mi během mé praxe na základní škole podařilo v souvislosti s 3D tiskárnou získat. Respondenty jsem tedy kontaktovat osobně. Rozhovory se uskutečnily v online prostředí pracoviště, nebo domácnosti respondenta a mojí, čímž došlo i ke značné časové úspoře obou stran. Před začátkem rozhovoru jsem zaznamenal datum, jméno a příjmení respondenta, místo pracoviště a získal jsem jeho souhlas s nahráváním rozhovoru. Dále jim bylo sděleno přibližné časové rozhraní rozhovoru, jeho téma a cíl.

Jako výzkumné metody pro zkušební posuzování efektu používání 3D tištěných pomůcek byly použity:

- škály, kterými se zjišťuje míra vlastnosti nebo jevu a jeho intenzita (výzkumník může přiřadit polohu na škále, nebo přiřadit dané vlastnosti či jevu určitý počet bodů),
- pozorování, které patří k jedné z nejznámějších metod sloužících ke sběru dat. [38]

Pilotní rozhovor proběhl za účasti kolegy z mé školy, díky kterému jsem měl možnost pozorovat délku samotného rozhovoru, posoudit validitu mých otázek a rozhovoru jako takového. Po pilotním rozhovoru jsem upravil výzkumné otázky tak, aby oficiální rozhovory proběhly již bez větších komplikací.

Samotné rozhovory byly uskutečněny s celkem 6 respondenty různých základních škol z kraje Vysočina, Královehradeckého a Pardubického kraje.

Hlavní témata strukturovaného rozhovoru:

- představení respondenta, poměry daného pracoviště,
- očekávání před získáním a používáním 3D tiskárny ve škole,
- účel, za kterým je na dané škole 3D tiskárna používána,
- postoje vyučujícího k používání 3D tiskárny ve školství.

Na konci rozhovoru došlo k volnější diskuzi nad tématem a zodpovězení případných dotazů k dotazníku.

Po ukončení rozhovorů a získání odpovědí od všech respondentů jsem přistoupil k samotnému vyhodnocení kvalitativního výzkumu, který má odlišné zpracování dat, než bývají ve výzkumech kvantitativních.

Data jsem neuváděl v původní formě, nýbrž byla kódována a vyhodnocována pomocí analýzy a následné interpretace. To mi umožnilo získat vhled, porozumění a orientaci v problému z různých úhlů pohledu, objevení souvislostí, vzájemných vztahů a celostnímu pochopení tématu.

Součástí vyhodnocení této části je prokládání výzkumu teoretickými vstupy získanými v průběhu teoretické části diplomové práce. Příležitostně jsou uváděny numerické údaje související s kódováním.

6.1 Ukázka analýzy strukturovaného rozhovoru

- ❖ Jak často vy osobně používáte 3D tiskárnu ke školním účelům?

Záleží na okolnostech, ale zpravidla tak dvakrát až třikrát týdně.

časová náročnost

- ❖ Využívají 3D tisku i jiní kolegové?

Ano, na jedné z pedagogických porad byli kolegové s principem 3D tisku seznámeni a byly jim zprostředkovány internetové stránky s již navrženými modely. V současné době jsme na naší škole čtyři, kteří modely sami vytváří, dalším zhruba myslím pěti jsem tisk zprostředkoval, když si model vyhledali na internetu.

postoj kolegů

získávání modelů

- ❖ Jak máte nastaveno používání 3D tiskárny? Jste hlavním správcem Vy, nebo jí mohou přímo používat všichni bez omezení?

Hlavním správcem tiskárny jsem já, kromě tisku se totiž musí ještě docela často doladovat a dokalibrovávat, u čehož je nejlepší, když je jeden člověk, který už ví, co bylo na tiskárně napáchano. Ovládat jí ale umí další tři kolegové, kteří s ní pracují bez mého dohledu samozřejmě, protože s ní umí.

úskalí

používání

- ❖ K jakým účelům používáte 3D tiskárnu ve Vaší škole?

V drtivé většině jsou to demonstrační modely všeho možného pro ukázkou žákům. Kolegyně si na ní ale třeba tiskne takové „smajlíky“, které dává žákům za aktivitu ve svých předmětech. V současné době i zařazujeme tiskárnu do výuky informatiky kvůli digitálním kompetencím, takže se s 3D programy učí i sami žáci.

účel použití

kompetence

3D tisk a žáci

- ❖ Používají 3D tiskárnu v rámci výuky i žáci a pokud ano, podělíte se o konkrétní výstup?

Ano, zrovna hned z počátku při získání naší 3D tiskárny pomocí Průši bylo podmínkou, že se daného projektu musí zúčastnit žáci. Na tiskárně vyráběli šablony s chemickou tematikou do výuky chemie. Nedávno si zase žáci šestých tříd měli

možnost vyzkoušet *modelování v 3D programu, kde si měli vyrobit vlastní 3D jmenovku, aby je noví vyučující zpočátku rozpoznali.*

- ❖ Zkuste vybrat – 3D tiskárna ve škole jako „pomocník“, či jako „chytač prachu“?

Za mě rozhodně pomocník, i když věřím tomu, že se určitě najdou i vyučující, pro které to bude chytač prachu. U nás na škole to ale funguje tak, že i když s 3D tiskárnou někdo neumí, tak si přesto může svůj model sehnat a pro mě už je jednoduché mu to zprostředkovat.

pozitiva

- ❖ Když porovnáte využití 3D tiskárny v porovnání se silami (ať už psychickými/fyzickými/finančními) vynaloženými při zavedení 3D tiskárny do výuky, byl tento proces výhodný?

Asi bych lhal, kdybych řekl, že to byla cesta růžovým parkem. Už samotný projekt, díky kterému jsme tiskárnu získali, byl docela komplikovaný, co se administrativy týká. Navíc jsme se do něj zapojili v září, no a znáš to, v září na základní škole dělat něco navíc. Někteří kolegové byli nadšeni, někteří na mě koukali, co jsem si to zase vymyslel. Na druhou stranu, když někomu ukážete reálné modely a možnosti, co se dá s tiskárnou dělat, tak je to opravdu neskutečné a přesvědčí to i ty největší skeptiky.

6.2 Vyhodnocení výzkumné části

Před samotným zahájením výzkumné části proběhl pilotní rozhovor, díky kterému jsem měl možnost dodatečně upravit výzkumné otázky tak, aby během rozhovorů nedošlo k větším komplikacím.

Celkem jsem využil spolupráce 6 kolegů z různých krajů České republiky, různou délkou praxe a různými aprobacemi. K tomuto kroku jsem přistoupil z toho důvodu, že stále ještě není 3D tisk do školství zapojen v takové míře, abych si mohl mezi respondenty vybírat. Navíc bylo mým cílem zjistit postoj vyučujících k učebním pomůckám vytvářených na 3D tiskárně. Předpokládal jsem tedy, že osobní zařazení jednotlivých vyučujících nebude výzkum nijak ovlivňovat. Základní přehled údajů uvádí tabulka 1 níže.

Tabulka 1 – Základní přehled údajů o respondentech

	Vyučující 1	Vyučující 2	Vyučující 3	Vyučující 4	Vyučující 5	Vyučující 6
Kraj	Vysočina	Vysočina	Vysočina	Královehradecký kraj	Královehradecký kraj	Pardubický kraj
Délka praxe	3 roky	6 let	20 let	13 let	2 roky	8 let
Aprobace	chemie, přírodopis	matematika pracovní činnosti	matematika, fyzika, informatika	český jazyk dějepis	německý jazyk pracovní činnosti	anglický jazyk přírodopis
Vyučuje předměty	chemie přírodopis zeměpis	matematika pracovní činnosti informatika multi-mediální výchova	matematika fyzika informatika	český jazyk dějepis	německý jazyk pracovní činnosti informatika	anglický jazyk přírodopis chemie
Zájemce o 3D tisk před získáním 3D tiskárny	ano	ano	ano	ne	ne	ne
Zprostředkovatel získání 3D tiskárny	ano	ne	ne	ano	ano	ano
Správce 3D tiskárny	ano	ne	ne	ano	ano	ano

Dva respondenti vypověděli, že se jim podařilo 3D tiskárnu získat pomocí programu Průša pro školy, o kterém byla zmínka již v kapitole 1.5. V rámci tohoto programu museli vytvořit pro žáky projekt, jehož splněním získali 3D tiskárnu od firmy

PrusaResearch a.s. zdarma. Oba vyučující byli přímo zadavateli a zprostředkovateli programu. Další dva vyučující získali tiskárnu díky podpoře jejich kraje. Zbylí dva respondenti vypověděli, že 3D tiskárnu zakoupila přímo škola. Celkem byli zprostředkovatelem získání 3D tiskárny do své školy čtyři ze šesti respondentů. Jedna základní škola měla ŠVP se zaměřením na informační technologie.

Z odpovědí také vyplývá, že můžeme vyučující rozdělit na dvě skupiny. Ti, kteří se o 3D tisk zajímali již před obdržetím 3D tiskárny do školy. Dle jejich odpovědí byla iniciativa pro získání 3D tiskárny do své školy na straně vyučujících. Shodou okolností jsou to vyučující technických, nebo přírodovědných oborů. Tito respondenti také vypověděli, že měli celkem jasnou představu, co od 3D tisku očekávat, o možnost získání 3D tiskárny do školy se aktivně zajímali.

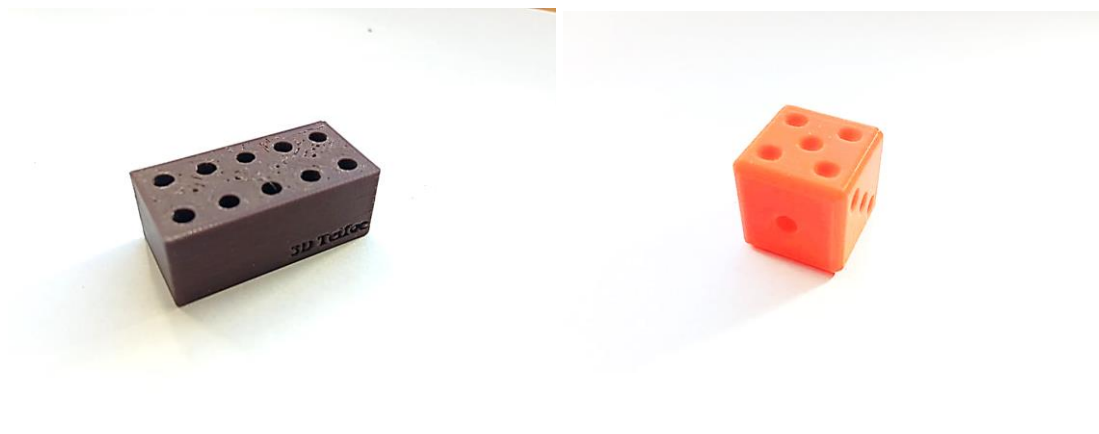
Druhou skupinou jsou vyučující, jímž bylo získání 3D tiskárny zadáno jako pokyn od vedení školy. Tito respondenti vypověděli, že neměli žádné tušení, co od 3D tisku očekávat, tudíž zde panovaly jisté obavy a frustrace. Během rozhovorů padaly formulace jako *„vedení mi dalo 3D tiskárnu na starosti, protože jsem mladá, ale vůbec je nezajímalo, jestli s tím budu umět“*, nebo *„když tiskárna přišla, tak jsem jí ani nechtěl rozbalit, myslel jsem, že to budou hodiny práce, než se s ní naučím“*.

Téměř všichni respondenti se však shodli na tom, že seznamování s procesem 3D tisku nakonec trvalo mnohem kratší dobu, než původně očekávali. Jako časový údaj nejčastěji zaznělo *„pár hodin“*, přičemž doba se i lišila od toho, zda tiskárnu získali jako stavebnici. V tom případě přidávali i pár hodin na sestavení samotné tiskárny. Jedna z vyučujících neuvedla časový údaj žádný, jelikož tiskárnu již delší dobu vlastnila.

Co se týká používání 3D tisku k výuce, tak všichni vyučující se shodli na tom, že tiskárnu využívají každý týden. Kromě pomůcek k výuce často používají 3D tiskárnu i k tisku jiných objektů, jako například medailí, propagačních pomůcek pro školu (klíčenky, píšťalky), nebo motivačních pomůcek (smajlíky za aktivitu).

3D tisku do výuky využívají kolegové vyučujících. Všichni respondenti se shodli na tom, že 3D tiskárna je velmi citlivé zařízení, které nemohou používat kvůli dekalibraci všichni bez kontroly. Vypověděli, že většinou s 3D tiskárnou manipulují 2-3 vyučující, ostatní si modely vyhledávají na internetu a nechávají si je vytisknout.

Na všech školách, jejichž vyučující se zapojili do rozhovorů, používají 3D tiskárnu i žáci, ať už v rámci běžné výuky, nebo v rámci kroužků. Žáci měli možnost si vytisknout například jmenovky, kostky nebo dílky s vlastními jmény v rámci soutěže Cihla k cihle, ve kterém žáci mají možnost stavět napodobeniny budov z malých cihliček.



Obrázek 30 - Práce žáků s 3D tiskárnou (Foto Adam Dolejš – jeden z respondentů)

Jednou z otázek rozhovoru bylo, kde vyučující získávají modely pro 3D tisk. Všichni vypověděli, že 3D modely získávají nejčastěji z bezplatných databází na internetu. Objevily se odpovědi jako: „Proč bych se s tím tvořil, když už to někdo přede mnou vytvořil a mně to vyhovuje“, nebo „Většinou se podívám jako první na internet, a pak si to maximálně trochu upravím“. Tři z vyučujících uvedli, že již využili modelovacích programů a modely si vytvořili sami.

Všichni vyučující se shodli na tom, že 3D tiskárna ve škole je rozhodně pomocník. Zároveň se všichni shodli na tom, že naučení se s 3D tiskárnou nebylo mnohdy jednoduché a vyžadovalo mnoho trpělivosti. Nakonec se ale vynaložené síly vyplatily a 3D tisk je pro ně nenahraditelný pomocník, který jim otevřel nové možnosti. Během konečného zhodnocení byly zmíněny názory jako: „Nikdy jsem nevěřil tomu, že bych 3D tiskárnu kdy využil, ani jsem nevěděl jak. Ted' si nedokážu představit, že bych tuto možnost neměl.“, nebo „Před tím jsem ani nevěděl, co to 3D tisk je a dnes ho využívám skoro denně.“

Součástí rozhovoru byla i tvorba společné myšlenkové mapy, při které měl každý vyučující vyjádřit pěti různými slovy (slovními spojeními) názor na 3D tisk ve výuce. Níže je uveden výsledek pomocí *Word cloud*.



Obrázek 31 – Zpětná vazba respondentů pomocí škál v aplikaci Mentimeter
(Zdroj: mentimeter.com)

Čím více čtená odpověď, tím větší font písma. Z výsledku jednoznačně vyplývá společný názor respondentů, a to je zlepšení kvality výuky a názornost. Negativem spojeným s 3D tiskem jsou určitě obavy z technologie jako takové.

Výzkumná část tedy neodporuje aktuálním výzkumům zmíněných v teoretické části této diplomové práce. Během výzkumu navíc došlo k diskutování situace v českém školství a přístupu k technologii 3D tisku. Všichni respondenti se shodli na faktu, že nebyť podpory 3D tisku ve školství, tak by se určitě 3D tisk nedostal do tak velkého podvědomí uživatelů. Zajímavým názorem na toto téma od jednoho respondentů byl argument, že „společnosti moc dobře vědí, co dělají, když 3D tisk podstrkují žákům. Takhle budou znát všechny možnosti 3D tisku a dovednosti v dospělosti jako kdyby je našli. Věnovat pár tiskáren zdarma školám, které stejně mají minimální výrobní hodnotu, jakožto charitativní počin? Pomoc školám? Ha! Spíše investice do budoucna, která je pro všechny strany ale obrovským přínosem, takže se nikdo vlastně nezlobí.“

Diskuze

V první části diplomové práce jsem se věnoval především vymezení pojmů didaktický prostředek a učební pomůcka, které jsou neopomenutelnou součástí výuky ve všech stupních výchovně-vzdělávacího procesu. Z rešerše vyplývá, že materiální objekty mají nezastupitelný význam v zobrazování jevů a abstrakcí do materiálního světa, což bylo v průběhu historie již několikrát definováno hned několika významnými didaktiky pedagogiky.

Z aktuálních výzkumů o významu materiálních pomůcek vyplývá, že mají přirozeně pozitivní dopad díky zapojení haptického smyslu do výuky. Žáci tak mají možnost nejenom danou pomůcku pozorovat, ale i se jí dotýkat, vnímat struktury a detaily daného objektu, což dle výzkumů napomáhá k zabudování tohoto poznání do dlouhodobé paměti.

Negativem výše zmíněného pro pedagogy však může být horší finanční dostupnost učebních pomůcek, které jsou často vyráběny v soukromém sektoru, ale také menší variabilita těchto prostředků. Často tak, když chtějí použít nějakou pomůcku, musejí přizpůsobovat výuku pomůcce, a ne naopak. V tomto světle se jeví 3D tisk jako výborná alternativa jak pro edukátory, tak pro žáky i samotné školství.

V další části diplomové práce jsem se tak věnoval teorii 3D tisku. Toto téma je ale v dnešní době tak obšírné, že jsem se zaměřil pouze na FDM technologii 3D tisku. Z této části vyplývá, že disponovat 3D tiskárnou vyžaduje určité znalosti 3D tiskárny, ale také dovednosti využití při samotné tvorbě pomůcek a jejich tisku.

V neposlední řadě jsem se také podíval na legislativní vymezení pojmu učební pomůcka a zařazení tohoto tématu do školského zákona a RVP základních škol samotného. V těchto dokumentech je hned na několika místech zmíněn význam používání učebních pomůcek, ačkoliv zde není zmínka o 3D tisku samotném. Kromě běžných učebních pomůcek, které slouží k dosahování cílů výchovně-vzdělávacího procesu, jsou zde zmíněny i tzv. kompenzační pomůcky, které slouží především žákům se speciálními vzdělávacími potřebami. Obrovskou výhodou je tak výroba těchto pomůcek pomocí 3D tisku na míru každému žákovi, aby tak mohla být maximálně naplněna jejich funkce.

V praktické části jsem se samotnou výrobou 3D učebních pomůcek, jejichž fotografie doprovázejí prakticky celou diplomovou práci. Inspiraci pro modely mohou vyučující získat mimo jiné přímo z učebnic, kdy prakticky jakýkoliv obrázek mohou převést do reálné 3D podoby. Samostatnou kapitolou by mohla být i obrovská databáze milionů modelů hned na několika internetových stránkách, kde je možné modely stáhnout prakticky vždy zdarma. V tomto je komunita 3D tiskařů obdivuhodná, mnoho z nich své nápady nahrává pro ostatní zdarma. Na stránkách poté stačí zadat pouze klíčové slovo a pár kliknutími model získat. I toto může být jedním z důvodů, proč si někteří tiskaři vystačí i bez dovednosti tvořit vlastní 3D modely.

Já také většinu modelů vyhledávám na těchto stránkách, často jsou zde zpřístupněny pomůcky, které by mě nikdy nenapadlo vyrábět. Velkou nápomocí v inspiraci jsou mi i mí kolegové, kteří mě kolikrát překvapí svými nápady a kreativitou.

No a v neposlední řadě lze zmínit i zapojení do výuky samotnými žáky, kteří mohou velmi snadno získat dovednosti s 3D tiskem. Na podporu používání 3D tisku žáky ve školství přispěchaly i dvě z největších společností zabývajících se 3D tiskem na světě – společnost PrusaResearch a TinkerCad. Obě přizpůsobují své programy pro žáky a podporují tak české školství v posunu v digitálních technologiích. To jsem si vyzkoušel i já v kapitole o projektu Průša pro školy, ve kterém dokonce firma PrusaResearch nabízí za vytvoření projektu 3D tiskárnu zdarma. Tímto způsobem dochází k tvorbě stovek projektů do výuky pro žáky, které tato firma nadále sdílí mezi svými uživateli. Cesta k 3D tisku ve školství je tak zase o něco snadnější.

Pro pedagogický výzkum diplomové práce jsem oslovil vyučující, které osobně znám a kterými jsem byl v minulosti osloven o pomoc se zapojením 3D tisku do jejich školy. Přiznám se, že jsem měl původně v plánu vykonat kvantitativní výzkum za pomoci dotazníků pro širší sběr odpovědí, složité období pandemie mi to však zkomplikovalo, a tak jsem uskutečnil kvalitativní strukturované rozhovory online.

Co se týká online rozhovorů, bylo určitě velmi vhodnou alternativou ke klasickým rozhovorům. Obrovskou výhodou bylo, že jsem tyto rozhovory mohl rovnou nahrávat v dané aplikaci a také snížení časové náročnosti výzkumu. Navíc tyto rozhovory probíhaly v domácím prostředí, tudíž nebyly ovlivněny okolními faktory,

jako je například místo rozhovoru. Nevýhodou a tudíž jistou výzvou bylo, že jsem se snažil vyjít vstříc respondentům a jejich zvyklostem, tudíž každý rozhovor probíhal přes jinou platformu. I přes malé technické obtíže vše ale nakonec dopadlo nad očekávání a kromě zvukové nahrávky jsem tak mohl znovu pozorovat i neverbální složky rozhovoru, které byly pomocí aplikací také nahrány.

Pro svůj výzkum jsem záměrně vybíral vyučující, kteří mají s 3D tiskem zkušenosti. Chtěl jsem tak předejít přílišnému rozptylu odpovědí ve strukturovaném rozhovoru. V případě nezkušených kolegů bych asi přistoupil k polostrukturovaným rozhovorům, které bych přizpůsobil daným odpovědím. Vyhodnocení by bylo ale o dost složitější a výklad výsledků méně přesný.

Zároveň jsem si vědom mírných nepřesností v závěrech vyplývajících z pedagogického výzkumu. Jedním z faktorů by byly již zmíněné dvě skupiny vyučujících – jedni, kteří 3D tiskárnu získali záměrně, protože se o technologii zajímali již předtím, a druzí, kterým byl nákup a spravování 3D tiskárny zadáno vedením. I tady jsem shledal znatelné rozdíly mezi těmito skupinami. Jsem si vědom také celkově nízkého počtu respondentů, v době vypracovávání výzkumu se mi bohužel nepodařilo oslovit více nadšenců do 3D tisku z řad pedagogů.

Další faktor, který mohl ovlivnit výsledky pedagogického výzkumu, by mohl být můj osobní vztah s respondenty. Jak jsem psal již výše, všem jsem pomáhal se sestavováním a provozem 3D tiskárny. V průběhu přípravného rozhovoru mě napadla myšlenka, zda by tento vztah pro ně nemohl vytvořit iluzi, že některý z respondentů záměrně nezkrusuje rozhovor pouze pozitivními zážitky s 3D tiskem z obavy se z těch negativních mně svěřit. V průběhu rozhovorů jsem však tento pocit neměl, domněnka se mi nepotvrdila ani z již zmíněné neverbální komunikace na nahrávkách.

Z pedagogického výzkumu vyplynuly některé další zajímavé skutečnosti. Jednou z nich je určitě změna postoje u vyučujících, kteří 3D tisk předem neznali. Ten se změnil na základě zkušeností s 3D tiskárnou, kterou v současné době považují všichni za pomocníka. Podobné tendence si všímám i u mých kolegů, kteří 3D tisk neznají. Myslím, že by se vyplatilo investovat do osvěty 3D tisku u všech pedagogů, protože dává do výuky ohromné možnosti, které jsou těmto vyučujícím uzavřené.

Navazujícím konceptem na tuto diplomovou práci by bylo jisté zaměření se na danou skupinu vyučujících ve vztahu s 3D tiskem. První skupinou by byly pouze vyučující, kteří se o 3D tisk zajímají a 3D tiskárnu pravidelně využívají. Druhou skupinou by byli vyučující, kteří 3D tisk neznali, ale dnes jej využívají a jejich postoje. Třetí skupinou by byli vyučující, kteří 3D tisk stále neznají. No a v neposlední řadě se přiznám, že jsem nedohledal výzkum o výsledcích používání učebních pomůcek ve výuce a jejich dopadu na kognitivní vnímání žáků.

Nemohu se zbavit dojmu, že právě 3D tisk je jednou z technologií budoucnosti, která dokáže zpodobnit reálné vyobrazení předmětů, a tím žákům právě vyučovanou látku více přiblížit.

Závěr

Teoretická část diplomové práce byla zaměřena na vymezení pojmu učební pomůcka a didaktický prostředek. Důraz byl kladen zejména na podstatu zmíněných pojmů, důležité jsou ale i důsledky, které z používání učebních pomůcek ve výuce plynou. Součástí teoretické části je rešerše poznatků o technologii FDM 3D tisku, včetně nejnovějších poznatků a výzkumů, které se s 3D tiskem ve výuce pojí. Důležité je i zařazení těchto nových technologií v kurikulárních dokumentech českého školství. Velkou nápomocí je zejména nová digitální kompetence, ve které by se dalo tohoto tématu využít.

Praktická část diplomové práce se věnuje konkrétnímu vytváření a získávání trojrozměrných modelů. Součástí je i popis 3D technologie spolu s uvedením tiskárny, na které byly modely tisknuty.

Postoje vyučujících k 3D tisku byly čerpány z kvalitativního výzkumu pomocí strukturovaných online rozhovorů, kterého se zúčastnilo celkem 6 vyučujících, kteří již mají s 3D tiskem zkušenosti. Z výzkumu vyplynulo, že 3D modely daným vyučujícím pomáhají se zkvalitňováním jejich výuky.

Zdroje

1. DOSTÁL, Jiří. *Učební pomůcky a zásada názornosti*. Olomouc: Votobia, 2008. ISBN 978-80-7220-310-9.
2. MAŇÁK, Josef a Vlastimil ŠVEC. *Výukové metody*. Brno: Paido, 2003. ISBN 80-7315-039-5.
3. KALHOUS, Zdeněk a Otto OBST. *Školní didaktika*. Vyd. 2. Praha: Portál, 2009. ISBN 978-80-7367-571-4.
4. PRŮCHA, Jan, Eliška WALTEROVÁ a Jiří MAREŠ. *Pedagogický slovník*. 7., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Portál, 2013. ISBN 978-80-262-0403-9.
5. NOVAK, Magdalena a Stephan SCHWAN. Does Touching Real Objects Affect Learning?. *Educational Psychology Review* [online]. 2021, **33**(2), 637-665 [cit. 2022-04-02]. ISSN 1040-726X. Dostupné z: doi:10.1007/s10648-020-09551-z
6. PAVELKA, Jozef. *Vyučovacie prostriedky v technickej výchove*. 1. vyd. Prešov: FHPV PU, 1999. 199 s. ISBN 80-88-722-68-3.
7. GESCHWINDER, Jan. *Metodika využití materiálních didaktických prostředků*. Praha: SPN, 1987. Účelové náklady.
8. RAMBOUSEK, Vladimír. *Technické výukové prostředky*. Praha: SPN, 1989. Učebnice pro vysoké školy (Státní pedagogické nakladatelství).
9. SUAREZ-OROZCO, Marcelo M. *Learning in the Global Era* *International Perspectives on Globalization and Education* [online]. University of California Press, 2007 [cit. 2022-04-02]. ISBN 9780520254343. Dostupné z: doi:10.1525/california/9780520254343.001.0001
10. VERNER, Igor a Amir MERKSAMER. Digital Design and 3D Printing in Technology Teacher Education. *Procedia CIRP* [online]. 2015, **36**, 182-186 [cit. 2022-04-02]. ISSN 22128271. Dostupné z: doi:10.1016/j.procir.2015.08.041
11. KOLÁŘ, Karel. *Počítačové modely ve výuce chemie*. Hradec Králové: Gaudeamus, 2006. ISBN 80-7041-991-1.

12. MÍKA, Luděk. *Moderní pomůcky ve výuce chemie*. Praha, 2017. Disertační práce. Univerzita Karlova.
13. BERMAN, Barry. 3-D printing: The new industrial revolution. *Business Horizons* [online]. 2012, **55**(2), 155-162 [cit. 2022-04-02]. ISSN 00076813. Dostupné z: doi:10.1016/j.bushor.2011.11.003
14. HUDECOVÁ, Dagmar. Revize Bloomovy taxonomie edukačních cílů. *Pedagogika*. 2004, **54**(3), 274-283.
15. ADDY, Tracie M, Derek DUBE a Brian PAUZE. How to Design a Classroom Activity that Integrates 3D Print Models with Active Learning. *CourseSource* [online]. 2018, **5** [cit. 2022-04-02]. ISSN 23326530. Dostupné z: doi:10.24918/cs.2018.8
16. Using 3D Print Models in the Classroom. *YALE Poorvu teaching and learning* [online]. New Haven, Connecticut: Yale University, 2017 [cit. 2021-02-05]. Dostupné z: <https://poorvucenter.yale.edu/strategic-resources-digital-publications/instructional-tools/using-3d-print-models-classroom>
17. KWON, Hyunkyung. Effects of 3D Printing and Design Software on Students' Overall Performance. *Journal of STEM Education*. Texas: Texas A&M University, 2017, **18**(4), 37-42. ISSN: EISSN-1557-5284.
18. *Web of science – statistics*. [online]. [cit. 2022-04-02]. Dostupné z: <https://clarivate.com/webofsciencegroup/statistics/web-of-science/>
19. MALOY, Robert, Torrey TRUST, Suzan KOMMERS & Irene LAROCHE. University of Massachusetts, 2017, **17** (2) [online]. [cit. 2022-04-02]. 3D modeling and printing in history/social studies classrooms: Initial lessons and insights. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*.
20. FERNANDES, Susana C. F. a Ricardo SIMOES. Using 3D Printing as a Strategy for Including Different Student Learning Styles in the Classroom. SANTOS, Ieda M., Nagla ALI a Shaljan AREEPATTAMANNIL, ed. *Interdisciplinary and International Perspectives on 3D Printing in Education* [online]. IGI Global, 2019, 2019, s. 176-199 [cit. 2022-04-02]. Advances in Educational Technologies and Instructional Design. ISBN 9781522570189. Dostupné z: doi:10.4018/978-1-5225-7018-9.ch009

21. GOPSILL, James a Ben HICKS. The Issues and Challenges of 3D Managed Print Services: Towards a Support Tool for 3D Managed Print Services. [online]. In *Sustainable Design and Manufacturing 2015: Proceedings of SDM'2015 International Conference on Sustainable Design and Manufacturing*, Seville, Spain, 2015 (pp. 478-489) [cit. 2022-04-02]. Dostupné z: <http://sdm15.kesinternational.org/proceedings.php>
22. Math Avatars delight at North Adelaide Primary School's 3D printing information session. *Makers Empire* [online]. Adelaide, Australia, 2018 [cit. 2022-04-02]. Dostupné z: <https://www.makersempire.com/great-turn-out-for-north-adelaide-primary-schools-3d-printing-information-session/>
23. Zapojte s námi 3D tisk do výuky!. *PrusaResearch* [online]. [cit. 2022-04-02]. Dostupné z: <https://proskoly.prusa3d.cz/>
24. FELTL, Tomáš. *3D tisk? 3D tisk!* [online]. E-mole, 1. 2015 [cit. 2022-04-02]. ISSN 2336-5714. Dostupné z: https://www.e-mole.cz/system/files/magazine/e-mole_003-004-2015-mobile.pdf
25. VOKÁČ, Petr. *Školský zákon: zákon č. 561/2004 Sb., o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání*. 6., přepracované vydání. Třinec: Resk, spol. s r.o., 2016. ISBN 978-80-87675-13-7.
26. *Zákon 561/2004 Sb. o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání (školský zákon) ve znění účinném ze dne 1. 2. 2022.*
27. NPI ČR. *Pomůcky pro žáky se SVP - jak je nakoupit nebo vypůjčit?* [online]. Praha, 2020 [cit. 2022-04-03]. Dostupné z: <http://www.inkluzevpraxi.cz/kategorie-pedagog/2076-pomucky-pro-zaky-se-svp-jak-je-nakoupit-nebo-vypujcit>
28. HULICK, Kathryn. Are fidget spinners tools or toys?. In: *Science News for Students* [online]. Washington D.C, 2017 [cit. 2022-04-03]. Dostupné z: <https://www.sciencenewsforstudents.org/article/are-fidget-spinners-tools-or-toys>
29. *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. Praha: MŠMT, 2021.

30. MEIER, L. M., M. MEINERI, J. QUA HIANSEN a E. M. HORLICK. Structural and congenital heart disease interventions: the role of three-dimensional printing. *Netherlands Heart Journal* [online]. 2017, **25**(2), 65-75 [cit. 2022-04-03]. ISSN 1568-5888. Dostupné z: doi:10.1007/s12471-016-0942-3
31. STEVE, Baker. First replication. *RepRap* [online]. 2008 [cit. 2022-04-03]. Dostupné z: <http://blog.reprap.org/>
32. PRŮŠA, Josef. *Základy 3D tisku* [online]. Praha: Prusa Research, 2014 [cit. 2022-04-03]. Dostupné z: <https://www.prusa3d.cz/wpcontent/uploads/zaklady-3d-tisku.pdf>
33. VOULPIOTIS, Carlota. Is PLA filament actually biodegradable?. *3Dnatives* [online]. 2017 [cit. 2022-04-03]. Dostupné z: <https://www.3dnatives.com/en/pla-filament-230720194/#!>
34. FERJENČÍK, Ján. *Úvod do metodologie psychologického výzkumu: jak zkoumat lidskou duši*. Vyd. 2. Přeložil Petr BAKALÁŘ. Praha: Portál, 2010. ISBN 978-80-7367-815-9.
35. ROZKYDALOVÁ, Andrea. *Zjišťování parametrů kvality výuky na 2. stupni ZŠ*. Praha, 2017. Diplomová práce. Univerzita Karlova.
36. REICHEL, Jiří. *Kapitoly metodologie sociálních výzkumů*. Praha: Grada, 2009. Sociologie (Grada). ISBN 978-80-247-3006-6.
37. HENDL, Jan. *Kvalitativní výzkum: základní teorie, metody a aplikace*. Čtvrté, přepracované a rozšířené vydání. Praha: Portál, 2016. ISBN 978-80-262-0982-9.
38. GAVORA, Peter. *Úvod do pedagogického výzkumu*. 2., rozš. české vyd. Přeložil Vladimír JŮVA, přeložil Vendula HLAVATÁ. Brno: Paido, 2010. ISBN 978-80-7315-185-0.
39. FORD, Simon a Tim MINSHALL. Invited review article: Where and how 3D printing is used in teaching and education. *Additive Manufacturing* [online]. 2019, **25**, 131-150 [cit. 2021-02-05]. ISSN 22148604. Dostupné z: doi:10.1016/j.addma.2018.10.028

40. KRATOCHVÍLOVÁ, Jitka. *3D tisk*. Přeložil Petra MILLAROVÁ. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, 2015. ISBN 978-80-7414-936-8.
41. CHUA, Chee Kai a Kah Fai LEONG. *3D printing and additive manufacturing: principles and applications*. New Jersey: World Scientific, [2017]. ISBN 978-981-3146-76-1.

Přílohy

Příloha A – Návod strukturovaného rozhovoru

1. Úvod do rozhovoru – icebreakers.
 - a. Povězte mi něco o sobě. Odkud jste a jak dlouhá je Vaše praxe?
 - b. Kde se nachází místo Vašeho pracoviště?
 - c. Kolik má Vaše škola přibližně žáků?
2. Poměry na jejich pracovišti.
 - a. Je vaše škola nějak zaměřena na informatiku a informační technologie?
 - b. Jakým způsobem se Vaší škole podařilo získat 3D tiskárnu?
 - c. Byl jste zprostředkovatelem tohoto procesu vy?
 - d. Dobrovolně?
 - e. Byl jste seznámen s procesem 3D tisku již před používáním ve škole, či jste se učil tak říkajíc „za pochodu“?
3. Očekávání vyučujících před získáním 3D tiskárny.
 - a. Panovaly zde nějaké obavy z 3D tisku před získáním Vaší tiskárny?
 - b. Zkuste vypíchnout alespoň 2 pozitivní očekávání, která jste měl.
 - c. Zkuste vypíchnout alespoň 2 negativní očekávání, která jste ve spojení s 3D tiskem měl.
 - d. Jak dlouho zhruba tak trvalo seznamování s procesem 3D tisku?
4. Účely používání 3D tiskárny na základní škole
 - a. Jak často vy osobně používáte 3D tiskárnu ke školním účelům?
 - b. Využívají 3D tisku i jiní kolegové?
 - c. Jak máte nastaveno používání 3D tiskárny? Jste hlavním správcem Vy, nebo jí mohou přímo používat všichni bez omezení?
 - d. K jakým účelům používáte 3D tiskárnu ve Vaší škole?
 - e. Používají 3D tiskárnu v rámci výuky i žáci a pokud ano, podělte se o konkrétní výstup?
5. Používání 3D tiskárny
 - a. Kde získáváte 3D modely pro tisk?
 - b. Vyhledáváte 3D modely na internetu? Pokud ano, na jakých webových stránkách?

6. Postoje zaujímané k 3D tiskárně

- a. Zkuste vybrat – 3D tiskárna ve škole jako „pomocník“, či jako „chytač prachu“?
- b. Když porovnáte využití 3D tiskárny v porovnání se silami (ať už psychickými/fyzickými/finančními) vynaloženými při zavedení 3D tiskárny do výuky, byl tento proces výhodný?
- c. Zkuste po tomto celém rozhovoru zhodnotit v pár větách (udělat takovou úvahu) nad 3D tiskárnami ve školství.
- d. Co dalšího mi chcete sdělit o této zkušenosti?