

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

PEDAGOGICKÁ FAKULTA

Katedra technické a informační výchovy

Diplomová práce

Bc. Roman Fiala

Učitelství technické a informační výchovy pro střední školy a 2.  
stupeň základních škol

Rozvoj kreativního myšlení při práci s technologiemi 3D tisku  
na středních školách

Olomouc 2019

vedoucí práce: Mgr. Michal Mrázek

### Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Rozvoj kreativního myšlení při práci s technologiemi 3D tisku na středních školách“ vypracoval samostatně pod odborným dohledem vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V .....dne .....

Podpis .....

Poděkování

Mgr. Michalu Mrázkovi, za odborné vedení diplomové práce, poskytování rad a materiálových podkladů k práci.

# OBSAH

ÚVOD.....	6
Teoretická část.....	8
1 3D tisk.....	8
1.1 Definice termínu 3D tisk.....	8
1.2 Historie a trendy ve vývoji technologií 3D tisku.....	8
1.3 Princip technologií 3D tisku.....	10
1.4 Proces 3D tisku.....	10
1.5 Technologie 3D tisku.....	11
1.5.1 Obecné rozdělení technologií 3D tisku.....	11
1.5.2 Dělení technologií 3D tisku dle typu součástek.....	15
1.6 Filament a jeho volba.....	16
1.7 Využití 3D tisku a trendy ve vývoji.....	17
1.7.1 3D tisk v lékařství.....	18
1.7.2 3D tisk ve stavebnictví.....	19
1.7.3 3D tisk v automobilovém a leteckém průmyslu.....	20
2 Kreativní myšlení.....	22
2.1 Vymezení pojmů kreativita, kreativní myšlení, tvořivost, tvořivé myšlení.....	22
2.2 Kreativita v kontextu techniky a výuky o technice.....	23
2.3 Rozvoj kreativního myšlení a koncepce kreativně zaměřeného vyučování.....	27
3 Rozvoj kreativity v technické výchově prostřednictvím technologií 3D tisku.....	36
3.1 Role ICT v technické výchově.....	36
3.2 3D modelování v technické výchově.....	38
3.3 Využití 3D tisku ve výuce.....	42
3.3.1 Implementace 3D tisku v RVP vybraných vzdělávacích oborů.....	42
3.3.2 Rozvíjení klíčových kompetencí žáků s využitím 3D tisku.....	47
3.3.3 Rozvíjení odborných kompetencí žáků s využitím 3D tisku.....	50
3.3.4 Vliv procesu 3D tisku na tvůrčí myšlení žáka.....	52
3.4 Shrnutí kapitoly.....	66
Praktická část.....	67
1 Vymezení výzkumného problému a cílů výzkumu.....	67
1.1 Výzkumný problém.....	67
1.2 Cíle výzkumu.....	67
2 Metodologie výzkumu.....	67
2.1 Výzkumné předpoklady.....	67
2.2 Výzkumné metody.....	68

2.3	Popis výzkumného vzorku.....	70
2.4	Zpracování dat .....	72
3	Vyhodnocení výsledků.....	85
4	Shrnutí a diskuze .....	93
	ZDROJE .....	94
	SEZNAM GRAFŮ .....	99
	SEZNAM TABULEK .....	99
	ANOTACE .....	100

# ÚVOD

3D tisk v poslední době zažívá velký rozmach a odhaduje se, že tento způsob výroby bude v následujících letech stále více využíván. Existuje totiž mnoho oblastí, ve kterých 3D tisk může razantním způsobem uplatnit svoje využití, a to zejména při navrhování a výrobě prototypů nových výrobků, v umění, lékařství, stavebnictví, při vizualizaci abstraktních konceptů a mnoho dalších. Tyto technologie již několik let pronikají i do oblasti školství, kde se již můžeme na některých středních školách setkat s jejich využitím, ať už ve výuce, nebo v rámci kroužků mimo výuku. Prostřednictvím procesu, který vede k vytvoření výrobku v 3D tiskárně můžeme být nejenomže schopni naučit žáka novým odborným schopnostem, dovednostem a vědomostem, které může uplatnit v budoucím povolání, ale rovněž ním můžeme rozvíjet jeho kreativní myšlení, schopnost plánování, nebo řešení problémů. Pokud tedy pedagog umí využít plný potenciál, který mu 3D tiskárna v rámci výuky nabízí, může se pro něj stát výborným asistentem. Rovněž můžeme předpokládat, že žáky v průběhu práce s těmito technologiemi může motivovat skutečnost, že si z výuky odnesou reálný výrobek, který dosud existoval jen v jejich mysli, nebo na obrazovce počítače.

Teoretická část práce je zaměřena na to, aby čtenáři přiblížila svět technologií 3D tisku. Čtenář se v první kapitole teoretické části diplomové práce dozví, co je to technologie tisku trojrozměrných objektů, na jakém principu tato technologie funguje, historické pozadí a trendy ve vývoji 3D tiskáren, typy 3D tiskáren, druhy materiálů použitých pro tisk a samotný průběh procesu tisku, který vede k výslednému výrobku.

Tato diplomová práce se zabývá rozvojem kreativního myšlení při práci s technologiemi 3D tisku u žáků středních škol, a proto bude druhá kapitola teoretické části diplomové práce zaměřena na problematiku myšlení, a to konkrétně myšlení kreativního. Tato kapitola se rovněž čtenáři pokusí vysvětlit, co je to technické myšlení a jakou má spojitost právě s tvořivým nebo kreativním myšlením. Kapitola se také pokusí popsat koncepci tvořivé výuky, která je zaměřená na to, aby u žáků podněcovala právě rozvoj kreativního či tvořivého myšlení.

Poslední kapitola teoretické části diplomové práce uvede předchozí dvě kapitoly do spojitosti a bude se tedy snažit odpovědět na otázku, jakým způsobem by technologie 3D tisku mohly být začleněny do výuky v rámci rozvoje kreativního myšlení u žáků středních škol.

Praktická část diplomové práce se bude zabývat kvalitativním výzkumem, který na střední škole zjišťuje, jakým způsobem žáci postupují při tvorbě zadaného výrobku pomocí technologií 3D tisku. Prostřednictvím tohoto výzkumu se tedy pokusíme zjistit, zda je možné na základě

analýzy retrospektivních formulací pracovního postupu žáků v rámci výuky využívající technologií 3D tisku identifikovat myšlenkové procesy spojené s tvořivostí.

# TEORETICKÁ ČÁST

## 1 3D tisk

### 1.1 Definice termínu 3D tisk

Termín 3D tisk je ve skutečnosti trochu zavádějící, protože lidé mají tendenci přirovnávat 3D tiskárny ke klasickým spotřebním 2D tiskárnám, a to často vede k milným představám. Tiskárny pro tvorbu trojrozměrných modelů jsou de facto malé robotické továrny. Potom, co uživatel spustí výrobní proces trojrozměrného tisku, nemusí s trochou štěstí již do jejího výrobního procesu nějak významně zasahovat. Nicméně, existuje několik stěžejních kroků, které uživatel musí vykonat předtím, než stiskne tlačítko „tisk“ (Horvath, 2014). Postup vedoucí k tisku finálního výrobku, bude detailně popsán v kapitole 1.4.

Průša (2014) definuje 3D tisk jako proces, při kterém se z digitální předlohy (3D modelu) vytváří fyzický model. Ačkoliv je k dispozici hned několik technologií 3D tisku, autor uvádí, že nejvíce používanou je technologie FFF / FDM (Fused Filament Fabrication / Fused Deposition Modeling) fungujícím na jednoduchém principu, která spočívá v tom, že objekt vzniká vrstvu po vrstvě natavováním tenkého proužku plastového materiálu. Autor dále uvádí, že je 3D tisk stále technologie ve vývoji, a i když můžeme jednodušší modely vytisknout prakticky okamžitě, u těch komplikovanějších se může jednat i o celé dny. Doba, za kterou se objekt ve 3D tiskárně vytiskne závisí na mnoha proměnných, mezi které patří volba vhodného materiálu, použitá výplň, užití tiskových podpěr a dalších desítkách možných nastavení tiskárny.

### 1.2 Historie a trendy ve vývoji technologií 3D tisku

V samotných počátcích se technologie 3D tisku využívala za účelem produkce prototypů, které můžeme definovat jako produkty vyrobené před velkou investicí za účelem snížení nákladů na výrobu konečného výrobku, kdy firma potřebuje výrobek otestovat předtím, než ho vypustí na trh. Právě z tohoto důvodu se nejdříve 3D tisk označoval jako Rapid Prototyping (rychlá výroba prototypů). Provoz technologie Rapid Prototyping byl na provoz velmi náročný a finančně velmi nákladný, a z toho důvodu se tato technologie nedostala do rukou běžných uživatelů, to se však později změnilo (Průša, 2019).

Obecně se můžeme setkat s názorem, že se za vynálezce první robotické 3D tiskárny vynalezené roku 1984 považuje Charles W. (Chuck) Hull. Tiskárna pro tvorbu trojrozměrných objektů se dostala do širšího povědomí veřejnosti roku 1989, kdy ji na trh uvedla společnost 3D Systems, čímž započal vůbec první komerční prodej těchto tiskáren. Tiskárny využívaly



jmenovanou technologii SLA (Stereolithografie), která se v dnešní době využívá u mnoha 3D tiskáren i nadále. Další počátky ve vývoji technologií 3D tisku probíhaly v Massaychusetském technologickém ústavu (MIT) a v Texaské Univerzitě (Horvath, 2014).

Průša (2014) uvádí, že základy pro technologie 3D tisku byly položeny již v roce 1976 vynalezením inkoustového tisku. Shoduje se však s předchozím autorem na tom, že 3D tisk jako takový vznikl až v roce 1984, kdy zakladatel společnosti 3D Systems Charles W. Hull patentoval vůbec první technologii, kterou nazýváme stereolitografie (SLA). Průša se ve své publikaci rovněž zmiňuje o následném prodeji prvních komerčně dostupných tiskáren fungujících na bázi jmenované technologie a doplňuje, že k rozšíření těchto zařízení na trh došlo až v roce 1992.

Mezitím v roce 1989 S. Scott a Lisa Crump patentovali technologii nazývanou se modelování fúzaných depozic (FDM) a společně také založili firmu pro výrobu 3D tiskáren Stratasys. U technologie FDM se můžeme setkat i s označením *výroba pomocí taveného vlákna* (FFF – fused filament fabrication). Tato technologie přivádí plastové vlákno do vyhřátého extrudéru, který vlákno roztaví a následně ho umístí přesně tam, kde je to potřeba (Horvath, 2014). Po expiraci uvedeného klíčového patentu v roce 2005 se tato technologie stala základem pro projekt RepRap, který bude popsán níže (Horvath, 2014).

V roce 2005 byl na University of Bath doktorem Adrianem Boweyerem založen projekt RepRap, čímž se tento rok stal zřejmě nejdůležitějším rokem v novodobých dějinách 3D tisku. Myšlenkou tohoto projektu bylo vytvořit 3D tiskárnu, která bude schopna replikace, tedy bude si schopna vytvořit co nejvíce vlastních součástí. Tiskárny projektu RepRap jsou nejrozšířenějším druhem tiskáren na celém světě také z toho důvodu, že byl projekt již od svých počátků OpenSource, a tím pádem bylo všem nadšencům po celém světě umožněno na tomto projektu spolupracovat, což poměrně rychle vedlo k založení četné komunity lidí, která se projektu intenzivně věnuje. Projekt RepRap umožnil vyrábět mnoho dnešních tiskáren v hobby segmentu, což zapříčinilo, že se jejich průměrná cena současně rovná částce do 100 tisíc Kč za tiskárnu (Průša, 2014).

Pokud bychom však provedli analýzu trhu s 3D tiskárnami v současnosti, zjistili bychom, že ceny jsou výrazně nižší a neustále se pohybují. Aktuálně je proto možné pořídit hotovou 3D tiskárnu v cenách pohybujících se řádově v desítkách tisíc korun, nejčastěji však v cenovém rozmezí 40-70 tisíc Kč (Kadlec, 2019).

### 1.3 Princip technologií 3D tisku

3D tisk funguje na jednoduchém principu. Jak již bylo řečeno, objekt je v 3D tiskárně vytvořen tak, že se přidává materiál vrstva po vrstvě, dokud nedojde ke kýženému výsledku. Tuto formu výroby nazýváme jako „aditivní“, což znamená, že začínáme s ničím a postupným přidáváním materiálu vytváříme výsledný výrobek. Tím se aditivní výroba liší od běžné subtraktivní výroby, která začíná s blokem materiálu, který se obrábí, dokud není dosaženo požadovaného tvaru, ale mnohdy s velkým množstvím nezbytného odpadového materiálu ve formě pilin, nebo kovových hoblin. Výhodou aditivní výroby oproti výrobě subtraktivní je tedy výrazně nižší množství přebytečného materiálu při výrobě. Technologie 3D tisku, a to konkrétně technologie aditivní možná působí jako inovativní pokročilá technologie, ale princip, na kterém funguje je lidem znám již tisíce let. Příkladem nám může být stavba cihlové zdi. Princip technologií 3D tisku využívá v přírodě i mnoho různých organismů, mezi kterými můžeme uvést například korýše, kteří si tak vytváří své lastury. Ačkoliv je princip, na kterém fungují 3D technologie koncepčně velmi podobný zmíněnému stavění cihlové zdi, 3D tiskárny samozřejmě uživateli umožňují mnohem flexibilnější možnosti, jak na sebe materiál vrstvit. Jedna z cest vedoucích k vytisknutí trojrozměrného objektu pomocí 3D tiskárny začíná vytvořením daného modelu objektu v počítači, k čemuž se používá kupříkladu CAD software. Model je následně vložen do specializovaného softwaru tiskárny, prostřednictvím kterého je zpracován a konvertován na jednotlivé vrstvy a na závěr využit takovým způsobem, aby řídil robotické zařízení, které z tohoto modelu vytvoří reálný objekt (Horvath, 2014).

### 1.4 Proces 3D tisku

Chcete-li vytisknout 3D objekt, nejprve musí existovat v počítači, a toho může být dosaženo hned několika způsoby. Jedním ze způsobů může být vytvoření modelu ručně prostřednictvím aplikace CAD (Computer Assisted Design) nebo jiného softwaru určeného k 3D modelování. Alternativou nám může být metoda vytvoření digitálního modelu prostřednictvím skenování skutečného objektu pomocí 3D skeneru. Většinou se však přece jen práci v 3D modelovacím softwaru nevyhneme, protože samotné oskenování není zcela přesné a často se stává, že se objekt do počítače naskenuje s drobnými nedostatky a ty se následně v 3D modelovacím softwaru musí opravit. Bez ohledu na to, jakým způsobem je digitální model vytvořen, jakmile je připraven k výrobě, musí být následně zpracován ve specializovaném programu kompatibilním s danou 3D tiskárnou, která tento trojrozměrný model rozdělí na jednotlivé vrstvy jejichž tloušťka se většinou rovná jednomu milimetru. Tyto vrstvy objektu jsou následně odeslány do 3D tiskárny, která je na sebe jednu po druhé vrství, dokud není

vybudován celý 3D objekt. Způsob, jenž 3D tiskárna využívá k vrstvení materiálu závisí na konkrétní technologii, na níž je založena (Barnatt, 2014).

## 1.5 Technologie 3D tisku

### 1.5.1 Obecné rozdělení technologií 3D tisku

Jak již bylo řečeno v předchozí kapitole, 3D tisk začíná vytvořením modelu objektu v počítači, který je použit k ovládní robotického zařízení využívající k vytvoření objektu jednu z technologií uvedených v následujících odstavcích. Obecně můžeme říci, že existují tři kategorie 3D tisku, mezi které řadíme **selective binding – selektivní vázání**, **selective solidification – selektivní tuhnutí** a **selective deposition – selektivní depozice**. Lidé obvykle nazývají nejvyužívanější technologie zkratkami **SLS** (selective laser sintering – selektivní spékání laserem), **SLA** (stereolithography – stereolitografie), **DLP** (digital light processing – digitální zpracování světla), **FDM** (fused deposition modeling – fúzované depoziční modelování), nebo **FFF** (fused filament fabrication – fúzovaná výroba filamentem) (Horvath, 2014).

Průša (2019) vysvětluje, že všechny technologie fungují v podstatě na stejném principu, a to postupným nanášením materiálu po jednotlivých vrstvách. Každá z uvedených technologií však disponuje v porovnání s ostatními určitými výhodami, stejně tak i nevýhodami. Autor uvádí, že zatím neexistuje jednotná univerzální technologie, jež by byla schopná nahradit všechny ostatní, a proto je důležité vědět, co od tiskárny požadujeme a co si s ní přejeme vytisknout. Autor dále představuje velmi obdobnou kategorizaci tří technologií 3D tisku jako předchozí autor, technologie jsou zde však rozděleny dle druhu tiskového materiálu a jeho následného způsobu zpracování:

1. **Extrudovaný materiál v podobě tiskové struny** – Materiál je vytlačovaný tiskovou hlavou skrze rozehřátou trysku. Představitelem tohoto způsobu tisku je technologie FDM (fused deposition modeling). Můžeme se setkat i s názvem FFF (fused filament fabrication), jedná se však o synonymum.
2. **Tekutý materiál** – Tento materiál je vytvrzován světelným paprskem (UV laser, nebo DLP projektor) na předem definovaných oblastech. Pokud se bavíme o technologii fungující na tomto principu, určitě budeme jmenovat již zmíněnou stereolitografii (SLA).
3. **Materiál v podobě jemného prášku** – Práškový materiál je spékán laserem nejčastěji prostřednictvím technologie nazývaní se SLS (selective laser sintering).

Následující podkapitoly vymezí detailněji jednotlivé technologie 3D tisku uvedené v členění předchozího textu, do kterého spadá zmíněné **selective binding – selektivní vázání**, **selective solidification – selektivní tuhnutí** a **selective deposition – selektivní depozice**.

#### ***1.5.1.1 Technologie selektivního vázání (SLS – selective laser sintering)***

Technologie v kategorii selektivního vázání vytváří 3D vytištěný objekt obvykle ze sádrové, nebo kovového prášku tak, že se za využití pojiva nebo tepla prachové částice sloučí dohromady. Příkladem nám může být právě technologie SLS, neboli selektivní spékání laserem, při které se laser používá ke spékání práškové materiálu vrstvu po vrstvě. Na první natavenou vrstvu prášku představující základy modelu je přidána další tenká vrstva prášku, a na ni zase další. Prášek zde funguje jako podpůrné médium pro tisk, takže lze vytvořit velmi složité a jemné výtisky. Tímto způsobem se proces opakuje, dokud není výsledný model zasypán v tiskovém materiálu. Nevýhodou těchto tiskáren je jejich vysoká cena a jemný prášek, který se pro tisk využívá bývá obvykle těžko k dostání. Výhodou však je možnost opakovaného použití tiskového prášku (Horvath, 2014).

Tento typ tiskáren nachází své využití především v odvětví průmyslu a od toho se také odvíjí jejich cena, která přesahuje 150 000 Kč (Průša, 2019).

#### ***1.5.1.2 Technologie selektivního tuhnutí (SLA – stereolitografie)***

Technologie v kategorii selektivního tuhnutí vytváří pevný objekt z nádržky kapaliny a pomocí selektivní aplikace energie zde dochází k tuhnutí kapaliny vrstvy po vrstvě. Jako obvykle je první vrstva objektu vytvořena na nějaké platformě, která se pak posouvá daným směrem (většinou dolů, nebo nahoru) a materiál je na sebe vrstven. Příkladem technologie v této kategorii je stereolitografie (SLA) využívající UV záření k zpevnění světlocitlivé pryskyřice pomocí laseru, nebo to může být i technologie využívající digitálního zpracování světla (DLP), prostřednictvím které se v jediný okamžik vytvrdí celá vrstva naneseného materiálu. Většinou se musí výrobek vytvořený těmito technologiemi na závěr ošetřit a očistit, protože v mnoha případech pryskyřice ztuhne ne úplně tak, jak bychom si představovali. Ačkoliv se momentálně tyto typy tiskáren dostávají na trh, jejich nevýhodou je opět jejich vysoká cena (Horvath, 2014).

Cena těchto zařízení se pohybuje v rozmezí několika tisíc za levné modely až po profesionální 3D tiskárny, jejichž cena se pohybuje v řádech milionů Kč (Průša, 2019).

### **1.5.1.3 Technologie selektivní depozice (FDM – fused deposition modeling / FFF – fused filament fabrication)**

Jedná se o nejrozšířenější a nejdostupnější technologii 3D tisku, jenž je vhodná pro tvorbu funkčních modelů a prototypů (Průša, 2019). S tímto typem 3D tiskáren se můžeme na základních a středních školách rovněž setkat nejčastěji především díky jejich praktičnosti a finanční dostupnosti, a proto tuto technologii popíšeme pro účely diplomové práce detailněji.

Tiskárny využívající tuto technologii fungují na bázi tavení vláken z různých materiálů, které bývají umístěny takovým způsobem, aby vznikl konečný objekt. K dispozici jsou i 3D tiskárny, které na fungují bázi vstřikování tekuté pryskyřice, která je následně vytvrzena UV zářením (Horvath, 2014).

Nejčastějším stavebním materiálem je tisková struna obvykle z plastu o průměru 1,75 mm tzv. filament. Materiál je na sebe postupně nanášen vrstvu po vrstvě. V průběhu tisku i po samotném vytisknutí můžeme na tisknutém objektu sledovat existenci jednotlivých vrstev, jejichž výška se pohybuje nejčastěji v rozsahu 0,05 mm do 0,3 mm v závislosti na průměru trysky (Průša, 2019). Autor dále uvádí, že cenové rozpětí tohoto typu tiskáren se pohybuje v rozmezí od několika tisíců až do částek převyšujících až několik milionů Kč v závislosti na kvalitě provedení a vlastnostech tiskárny. Horvath (2014) doplňuje, že tiskárny, které používají prášek smíchaný s pojivem můžeme označit jako hybrid mezi technologií selektivního vázání a selektivní depozice. Průša (2019) uvádí, že tiskárny založené na této technologii můžeme dělit dle způsobu jejich pohybu v trojrozměrném prostoru:

- 1. Kartézská tiskárna** – tento druh tiskárny využívá k tisku pohyb ve třech lineárních osách. Hlava tiskárny tzv. extruder se využívá k aplikaci materiálu na podložku a pohybuje se v osách X a Z. Podložka je obvykle pravoúhlého tvaru a pohybuje se pouze v ose Y.
- 2. Delta tiskárna** – Extruder je v tomto případě zavěšen na třech ramenech spojených v místě extruderu. Tyto ramena umožňují pohyb extruderu ve všech osách a pohybují se díky krokovým motorům. Tiskárna se vyznačuje velkým tiskovým prostorem v ose Z a vysokou rychlostí pohybů extruderu, což v případě složitějších geometrických tvarů vyžaduje náročné výpočty řídicí jednotky tiskárny.
- 3. Polar tiskárna** – tato tiskárna využívá k trojrozměrnému tisku pohyb tiskové hlavy ve dvou osách a rotační pohyb tiskové podložky. Zařízení tohoto typu je mezi uživateli v porovnání s předchozími tiskárnami méně oblíbené, a přestože je jeho konstrukční provedení relativně jednoduché, samotný tisk modelu je poměrně obtížný na přípravu.

Ačkoliv každá ze zmíněných tiskáren funguje z hlediska pohybu extruderu a podložky na jiném principu, konstrukčními prvky jsou si tyto tiskárny velmi podobné. Pro jmenované tiskárny jsou typické následující komponenty:

- **Extruder (tisková hlava)** – Jedná se o velmi podstatnou součást 3D tiskárny, protože umožňuje samotný tisk jednotlivých vrstev materiálu. Je to složitý prvek skládající se z několika dílů, z nichž každý plní svou specifickou funkci. Mezi tyto díly patří teflonová (PTFE) trubička, heatsink (chladič), tiskový ventilátor, heat break (izolátor), heater block a tryska. Funkci jednotlivých dílů v rámci extruderu popisuje autor (Průša, 2019) následovně: „Do extruderu putuje filament teflonovou trubičkou. V té chvíli má pokojovou teplotu a je v pevném stavu. Ten dále prochází přes heat sink, neboli chladič. Má za cíl odvést teplo, které se šíří přes heat break a co nejvíce tak zmenšit oblast mezi pevným a roztaveným filamentem. Pro vyšší účinnost bývá na heat sink montován ventilátor. Heat break je ve své podstatě kus trubičky s vnějším závitem, která je v jednom místě výrazně zúžená, aby bylo docíleno co nejmenšího možného průřezu a tím pádem omezení přenosu tepla směrem nahoru, kde má být filament neroztavený. Heater block je kus materiálu, který dobře vede teplo (nejčastěji hliník). V něm je umístěné elektrické topné těleso a termistor pro zpětnou vazbu o aktuální teplotě. Na jeho úrovni je již materiál roztavený a je vytlačován přes trysku ven.“
- **Vyhřívání podložka** – Další z velmi důležitých komponent 3D tiskárny sloužící jako podstava, na kterou extruder aplikuje roztavený materiál. Fakt, že je podložka vyhřívána zajišťuje to, aby bylo zabráněno kroucení součástek při tisku z materiálů s výraznější tepelnou roztažností.
- **Rám** – slouží jako nosná konstrukce pro 3D tiskárnu. Kvalita provedení rámu rovněž do velké míry určuje kvalitu výsledného modelu, protože pevný a odolný rám omezuje vibrace vznikající při tisku důsledkem pohybu tiskové hlavy, a tím je umožněn rychlejší a přesnější tisk.
- **Krokové motory** – díky krokovým motorům je zaručen samotný pohyb tiskové hlavy, a v některých případech i tiskové podložky. Další funkcí těchto motorů je rovněž předávání tiskového materiálu ze zásobníku do extruderu.
- **Řídící jednotka** – díky ní je zajištěna samotná funkce celé tiskárny, protože dle vstupních informací, jenž přečte a zpracuje z tzv. G-kódu následně řídí pohyb krokových motorů, dávkování materiálu a nahřívání podložky a trysky.

Volba vhodné technologie 3D tisku závisí hned na několika faktorech: finančních možnostech uživatele, komplexnosti zařízení a mírou detailů, které je tiskárna schopna

u výrobku vyprodukovat. Obecně lze říci, že u levnějších technologií je míra zachycení detailů menší. Technologie 3D tisku se však rychle vyvíjí, a proto se odhaduje, že budou tyto tiskárny finančně více dostupné pro širší okruh uživatelů (Horvath, 2014).

### **1.5.2 Dělení technologií 3D tisku dle typu součástek**

Průša (2014) dělí technologie 3D tisku podle toho, co uživatel po tiskárně požaduje, protože neexistuje jedna technologie 3D tisku, která by zvládla veškerá použití. Autor uvádí dělení technologií podle toho, jaký typ výrobku má 3D tiskárna za úkol vytisknout. Technologie jsou rozděleny do pěti kategorií – funkční součástky, plnobarevné součástky, extrémně detailní součástky, výroba forem pro odlévání a tisk z kovů.

#### ***1.5.2.1 Technologie pro tisk funkčních součástek***

Průša (2014) vymezuje funkční součástku jako typ součástky, která má ihned po vytisknutí konečné mechanické vlastnosti. Tento typ výtisku není křehký a vydrží tedy mechanické namáhání. Mezi technologie poskytující takovéto výtisky autor řadí technologii FFF, která je rovněž známa jako FDM (registrovaná značka společnosti Stratasys). Druhou stranu mince u tohoto typu výtisku však představuje fakt, že zmíněná technologie není schopna plnobarevného tisku a rozlišení použitelné například pro design klasických šperků. Existuje však způsob, jak tomuto problému předejít, například použitím více trysek, z nichž každá tiskne jinou barvou. Autor rovněž zmiňuje, že velkou předností tohoto typu tiskáren je velký výběr materiálů, které uživatel může využít a také aktivní vývoj inovativních materiálů. Proces tisku pomocí tohoto typu technologií je dle autora bezpečný, což umožňuje uživatelům provádět 3D tisk doma, nebo v obyčejné pracovně. Autor uvádí, že cenové rozmezí komerčních tiskáren se pohybuje od 20 tisíc Kč až po miliony Kč za kus. Materiál, který je při tomto druhu tisku využit je k dostání ve formě tiskové struny, kterou můžeme popsat jako plastové vlákno jedné barvy namotané na cívce. Autor dodává, že k tvorbě funkčních součástek může být použita rovněž technologie s názvem SLS. Tato technologie funguje tak, že se laserem sintruje, laicky řečeno spéká nylonový prach. Tato technologie dle slov autora sice umožňuje tisk objektu pouze z jedné barvy, ale její předností je, že na výsledném výrobku není tak výrazné vrstvení materiálu.

#### ***1.5.2.2 Technologie pro tisk plnobarevných součástek***

Průša (2014) uvádí, že plnobarevný tisk je využíván především pro tvorbu prezentačních modelů nebo například pro vyrábění postaviček. Pro tvorbu plnobarevných součástek slouží dva druhy technologií, a to ProJet od společnosti 3D Systems a technologie firmy Mcor. Technologie ProJet využívá jako stavební materiál kompozitní prach, který se obvykle za pomoci pojidel a barev váže na určená místa. Naproti tomu u technologie Mcor je jako stavební

materiál použit obyčejný kancelářský papír, jenž je nařezán a lepen tak, dokud není vytvořen výsledný objekt. Autor uvádí, že cenové rozmezí tiskáren v této kategorii se pohybuje od 400 tisíc Kč až po miliony Kč za kus. Autor vysvětluje, že nevýhodou těchto součástek je fakt, že neslouží pro žádné jiné použití, než je prezenční. Paleta materiálů je u obou technologií omezena pouze na jeden a vytvořené modely se často u musí dokončovat ručně (např. impregnací pryskyřice pro větší pevnost, nebo odstraňováním zbytků materiálu z modelu), což je mnohdy složité a pracné. Autor uvádí, že u technologie ProJet musí být uživatel kvůli mikroskopickému prachu velice obezřetný, protože hrozí jeho vdechnutí.

#### ***1.5.2.3 Technologie pro tisk extrémně detailních součástek***

Průša (2014) uvádí, že tento druh extrémně detailních součástek vzniká tzv. stereolitografií (SLA). Stereolitografie prostřednictvím laseru, nebo DLP projektoru vytvrdí fotocitlivou pryskyřici. Práce s touto pryskyřicí však patří výhradně do rukou profesionálů, protože je ve své nevytvrzené formě silně toxická a může při nevhodné manipulaci způsobit zdravotní potíže. Autor dále uvádí, že cenové rozmezí tiskáren v této kategorii se pohybuje od 80 tisíc až po stovky tisíc Kč za kus.

#### ***1.5.2.4 Technologie pro tisk forem pro odlévání***

Průša (2014) vysvětluje, že se pro výrobu šperků z drahých kovů běžně používá letitá metoda odlévání do ztraceného vosku. V současnosti však 3D tiskárny umí tisknout z vosků extrémně detailní modely vhodné pro odlévání. Autor dodává, že je tato technologie velice úzce specializovaná na šperkaře a výrobu laboratorních pomůcek. Cenové rozmezí u tohoto typu se tiskáren pohybuje od milionu Kč a výš za kus.

#### ***1.5.2.5 Technologie pro tisk z kovů***

Jako technologii určenou k tisku objektů z kovů Průša (2014) uvádí technologii DMLS (Direct Metal Laser Sintering), která prostřednictvím laserového paprsku spéká kovový prach. Takto vytvořený objekt se na závěr zpravidla dává do pece vypálit, aby došlo k jeho finálnímu zpevnění. Nejčastěji se zmíněnou technologií produkují vstříkovací formy na plasty. Nevýhodou však představuje skutečnost, že výsledný povrch těchto forem nedosahuje požadované kvality povrchu, a proto se musí dodatečně mechanicky ošetřit CNC frézou. Cena základního modelu tiskárny se pohybuje kolem 11 milionů Kč.

### **1.6 Filament a jeho volba**

Průša (2019) vysvětluje, že dostupnost 3D tiskáren se v posledních letech neustále zvyšuje v závislosti na jejich stoupající popularitě, což má také za následek i to, že se na trhu objevují nové materiály disponující širokou paletou specifických vlastností a různých



barevných provedení. V kapitole Technologie 3D tisku již bylo uvedené rozdělení technologií dle druhu využívaného materiálu a jeho způsobu zpracování, pro připomenutí však tyto 3 základní kategorie tiskového materiálu, uvádím ještě jednou:

- **Materiál v podobě tiskové struny**
- **Tekutý materiál**
- **Materiál ve formě jemného prášku**

U 3D tisku se můžeme setkat s využitím širokého spektra druhů stavebních materiálů, mezi které patří například i beton, keramika, různé druhy kovů, a dokonce i čokoláda (Barnatt, 2014).

Průša (2019) vysvětluje, že volba materiálu není pouze o barvě, ale je u něj třeba brát v potaz také jeho fyzikální vlastnosti, které se volí na základě toho, co se z daného materiálu chystáme vytvořit a pro jaký účel bude výrobek následně sloužit.

Materiál pro tisk vybíráme na základě mnoha různých faktorů, mezi které spadá dostupnost, kvalita, cena, skladnost, kompatibilita s 3D tiskárnou, vlastnost materiálu jako je tvrdost, odolnost vůči korozi či mechanickému poškození nebo pružnost. Správný výběr materiálu je velmi důležitý, protože některé tiskárny umí tisknout pouze z jednoho druhu tiskového filamentu, což následně představuje problém (Horvath, 2014).

## **1.7 Využití 3D tisku a trendy ve vývoji**

Průša (2019) uvádí, že s příchodem levnějších technologií a snížení cen se objevilo i mnoho dalších možností, kde může uživatel technologii trojrozměrného tisku využít. Vzorovým příkladem je *malosériová výroba*, kdy je obvykle cena tohoto druhu výroby příliš vysoká a její 3D tisk se zde často nabízí jako levnější alternativa. To také firmám nejprve umožňuje získat zpětnou vazbu od zákazníků, což jim následně pomůže ušetřit náklady na přípravu výroby, pokud se na dalších sériích výrobků dělají nějaké změny. Další oblastí pro využití technologie trojrozměrného tisku je *personalizovaná výroba*, kde je každý kus či malá série výrobků upravena dle požadavků zákazníka. Jako příklad můžeme uvést reklamní předměty, či přívěšky na klíče. Tisk je i velmi vhodnou metodou, prostřednictvím které je uživateli umožněna *výroba figurek, různých hraček, či doplňků* například pro v dnešní době tak populární fenomén cosplay, což je označení pro kostýmy s fantasy, či sci-fi tematikou. Tiskárna tímto způsobem umožňuje vytvořit bázi pro nejrůznější spektrum výtvorů, které se procesem zvaným postprocessing prostřednictvím procedur jako je vyhlazení a nabarvení dopraví do finální podoby. 3D tiskárna se svým uživatelům stane také velmi praktickým pomocníkem v případě, že potřebují *vyrobiť nedostupné náhradní díly* od spotřebičů, starožitností

či veteránů. Za běžných okolností by totiž výrobní cena originálních součástek byla příliš vysoká, nebo již součástky vůbec nejsou k dispozici na trhu.

Autor doplňuje, že s využitím trojrozměrného tisku se mimo jiné setkáváme i v dalších odvětvích, protože poskytuje inovativní možnosti v procesu vývoje a výroby, a proto si své místo našel například v automobilovém či leteckém průmyslu, stavebnictví, modelářství, šperkařství, ale i ve zdravotnictví. S dalším vývojem však můžeme očekávat, že se budou objevovat stále nové způsoby využití této technologie.

### **1.7.1 3D tisk v lékařství**

Vzhledem k současnému vývoji technologií trojrozměrného tisku jsou pro účely výroby nejvhodnější výrobky, které se dají dle potřeby modifikovat a zároveň by byl tradiční způsob jejich výroby finančně velmi náročný. Zrovna to, dělá právě medicínu primárním sektorem pro aplikaci 3D tisku. Není proto překvapivé, že se dle nedávné analýzy trhu zjistilo, že je 40 % patentovaných aplikací 3D tisku využito právě v tomto sektoru. Využití technologií 3D tisku přináší do medicíny širokou paletu možností. Příkladem takového využití nám může být kupříkladu tisk přesných lékařských modelů lidských orgánů, které vznikají na základě dat výsledků z vyšetření výpočetní tomografie (CT) a magnetické rezonance (MR) a mohou sloužit jako neocenitelné nástroje při plánování chirurgického zákroku. Zmíněné modely lidských orgánů jsou vytisknuty z několika různých materiálů, což umožňuje transparentní vyobrazení vnitřní struktury orgánů včetně případných jizev a nádorů. Výtisky orgánů dokonce mohou svou texturou působit úplně stejným dojmem jako biologický originál. Další možnost využití 3D tisku v lékařství představuje výroba zdravotnických výrobků pro konečné spotřebitele. Aktuálně se můžeme nejčastěji setkávat využíváním 3D tiskáren u zubařů v zubních laboratořích a některých ordinacích. Ty využívají 3D tiskárny pro výrobu zubních náhrad, korunek a zubních implantátů pro jejich pacienty s využitím intraorálního skeneru, jež je schopen oskenovat celou ústní dutinu do 2 minut. Získaná data z tohoto zařízení se následně zpracují, popřípadě ošetří v CAD softwaru a na závěr odešlou do 3D tiskárny, která konečný model zubu zhotoví. Do konce tohoto desetiletí mnoho odborníků v oboru očekává, že konečná podoba zubní korunky bude rutinně a velmi rychle vyhotovená během několika minut. Tím se zároveň odstraní potřeba vysoce specializované výroby v zubních laboratořích, které mnohdy nebývají ani v místě ordinace a rovněž se přepokládá, že by to mohlo přispět ke snížení počtu návštěv dentisty, které pacient musí podstoupit do konečného namontování zubní korunky. 3D tiskárny jsou rovněž v oblasti medicíny široce využívány pro výrobu vnějších obalů naslouchátek. Z počátku se prostřednictvím laseru oskenuje tvar ušního kanálu pacienta a takto získaná data ze skenu se následně využijí k návrhu a 3D tisku samotného pouzdra, jenž je

vyrobena takovým způsobem, aby odpovídalo individuálnímu anatomickému tvaru zvukovodu pacienta. Na závěr výrobního procesu se do zhotoveného obalu uloží pro funkci naslouchátka nezbytně nutná elektronika. Odhaduje se, že současná produkce naslouchátek prostřednictvím technologie 3D tisku činí až 95 % z celkové výroby. Pro část populace s různými druhy amputací se 3D tisk začíná hojně využívat v rámci tvorby kosmetických návleků pro protetické končetiny. Tyto návleky se nasadí na protetickou končetinu, která má běžně tyčový tvar a tím se zajistí lepší estetika náhrady chybějící končetiny (Barnatt, 2014).

Ventola (2014) uvádí, že selhávání tkání nebo orgánů důsledkem stárnutí, nemocí, úrazů či vrozených vad je v lékařství kritickým problémem, protože současná léčba selhávání orgánů závisí především na transplantacích od žijících, nebo zesnulých dárců, jichž je však chronický nedostatek. Potenciálním řešením tohoto problému by však mohlo být použití buněk odebraných z vlastního těla pacienta, jenž by mohly být využity za účelem vytvoření náhradního orgánu. Za tímto účelem se nově vyvíjí podobor bioinženýrství s názvem bioprinting, jenž můžeme definovat jako tvorbu orgánů prostřednictvím trojrozměrného tisku buněk a různých druhů biomateriálu, čímž se vytváří trojrozměrné tkáňové struktury. Ačkoliv je bioprinting teprve ve svých počátcích, stává se potenciálně velmi ambiciózním odvětvím 3D tisku, protože by v budoucnu mohl přispět velkým dílem v oblasti medicíny viz problematika selhávání a transplantace orgánů.

### **1.7.2 3D tisk ve stavebnictví**

V oblasti stavebnictví a architektury se 3D technologie využívají především v rámci trojrozměrné vizualizace a výroby 3D fyzických modelů, které touto cestou architektům při navrhování umožňují přiblížit svým zákazníkům své záměry, protože si tyto návrhy mohou doslova osahat (Průša, 2019).

Dá se říct, že technologie 3D tisku se v rámci stavebnictví stále nalézá ve svých počátcích, a přestože se od ní mnohé očekává, stále disponuje jistými omezeními. 3D tiskárny pro stavební účely nabízí širokou paletu nástrojů pro svoji aplikaci a zároveň s sebou přináší vývoj inovativních materiálů ve formách filamentů disponujících různými vlastnostmi jako je kupříkladu tepelná izolace, průhlednost nebo pevnost (Hager a kol., 2016). Autoři dále uvádí, že v rámci 3D tisku využívaného pro účely stavebnictví vznikl nadějný koncept nabízející úplně nový přístup ve stavebním konstruování s názvem countour crafting, který je principiálně velmi podobný klasickému 3D tisku určenému pro mnohem menší objekty využívající zmiňovanou technologii FFF / FDM (Fused Filament Fabrication / Fused Deposition), která je v rámci trojrozměrného tisku objektů využívána nejčastěji. U této technologie se materiál nalévá po vrstvách a celý proces výstavby budovy probíhá přímo na místě. Využití tohoto konceptu

představuje výbornou příležitost k automatizaci celého procesu výstavby, protože bude prováděn převážně strojově, zároveň však bude bezpečnější a za předpokladu užití vhodného materiálu s dobrými vlastnostmi se sníží i jeho cena a doba výstavby. Největší výzvu však aktuálně představuje, výběr vhodného materiálu a s ním spojený vývoj. V rámci 3D tisku budov se můžeme setkat s pokusy některých výrobců o vytvoření širokého spektra materiálů mezi které spadá například termoplastický bio materiál, ekologický beton nebo různé směsi materiálů skládající se z průmyslových odpadů, skleněných vláken, cementu a tužidel. Požadovaná směs by měla mít maximální zpracovatelnost, adekvátní tekutost, aby se mohla snadno vrstvit a zároveň musí být zajištěno pevné spojení mezi jednotlivými vrstvami. Pro aplikaci směsi materiálu se používá jako tlakové médium voda, jejíž zastoupení v rámci směsi by však mělo být minimální, aby byla zachována adekvátní tekutost materiálu. Směs by tedy měla být tixotropního charakteru, což znamená, že ji je možno nanášet rovnoměrně a nehrozí tak díky její vyšší viskozitě nežádoucí stečení, a zároveň by měl být tento nanesený materiál v kapalném skupenství schopen ztvrdnout ještě před samotným položením další vrstvy. Momentálně můžeme mezi vývojáři pozorovat snahu o nalezení správného receptu na rychle tuhnoucí beton, jehož vlastnosti umožní konstruktérům nanášet materiál skrze trysky 3D tiskárny, přičemž bude zachována stejná pevnost jako například u železobetonu. Jako možné materiálové řešení pro 3D tisk stavebních prvků autoři rovněž prezentují síra beton, což je kompozitní materiál skládající se ze síry a kameniva (obvykle hrubého kameniva vyrobeného ze štěrku, nebo drcených hornin a jemného agregátu, jako je např. písek). Tato směs se zahřívá nad teplotu 140 °C a následným vychladnutím se dosahuje cílové pevnosti bez nároků na delší dobu vytvrzení, jak je tomu u běžného betonu. Síra beton je považován za potenciální stavební materiál pro stavby lunárních základů.

### **1.7.3 3D tisk v automobilovém a leteckém průmyslu**

Technologie aditivní výroby se stala průkopníkem v automobilovém průmyslu, protože poskytuje zcela nové možnosti, jak obohatit užitečnost a funkčnost stávajících systémů. Technologie selektivního vázání (SLS), selektivní depozice (FDM) a technologie polyjet 3D představuje v rámci automobilového průmyslu možnost rychlejšího prototypování v různých fázích výroby. Automobilový průmysl postupem času stále více testuje a využívá nové možnosti, které tento druh výroby přináší především v oblastech inovace stávajících produktů, většího objemu výroby a zvýšení úspory a efektivnosti výrobního procesu, což představuje pro toto odvětví velký mezník a lze tak v tomto směru očekávat velký pokrok. Velkou výzvu pro aditivní výrobu v oblasti automobilového průmyslu představuje možnost produkce široké škály materiálů, což by otevřelo nové možnosti designu a rovněž by to pomohlo vytvořit inovativní

produkty. Aditivní výroba nabízí maximální volnost při návrhu geometricky složitých komponent vyznačujících se vysokou úrovní houževnatosti, přičemž bývá zachována jejich lehkost. Rychlé prototypování založené na technice aditivní výroby poskytuje výrobcům automobilů zvýšení efektivity výrobního procesu a rovněž výzkumu v oblasti výrobního procesu. To by mohlo výrobcům potenciálně umožnit zahájit výrobu až o měsíc dříve, a tím zapříčinit vypuštění konečných produktů na trh za podstatně kratší dobu, než je tomu doposud. Automobilkám to tak pomůže ušetřit až několik milionů dolarů na výrobě ročně. Jako příklad můžeme uvést společnost Ford Motor Company, která využívala trojrozměrný tisk pro výrobu hlavy válce jejich EcoBoost motorů. Tradiční způsob výrobního procesu této součástky obvykle trval 4 až 5 měsíců, ale s využitím 3D tisku Ford dokázal tuto součástku navrhnout, vytisknout pískovou formu a prostřednictvím ní odlít z kovu výsledný výrobek za pouhé tři měsíce. Úsporou času a zvýšením kvality konečných výrobků může aditivní výroba pomoci automobilkám stát se úspěšnějšími na trhu a rovněž udržet více pracovních míst pro zaměstnance v továrnách. Odhaduje se, že se v rámci automobilového průmyslu vyprodukuje prostřednictvím trojdimenzionálního tisku více než 100 000 výrobků ročně (Manghnani, 2015).

Do leteckého průmyslu může trojrozměrný tisk přinést rovněž hned několik výhod, například zkrácení doby výrobního procesu, snížené výrobní náklady, nižší hmotnosti dílů a nižší spotřeba paliva u letadel. Tento druh průmyslu zastupuje jen málo prodejců, kteří by byli schopni vyrábět taková letadla jako je Airbus nebo Boeing, protože je výroba takovýchto dopravních prostředků technologicky a finančně velmi náročná. To by se však mohlo změnit, protože by s nástupem nových možností, které 3D tisk přináší do leteckého průmyslu mohl přispět k jeho globalizaci. Mnoho zemí navíc postrádá schopnost samostatné výroby, údržby a opravy letadlových dílů, s čímž by technologie 3D tisku mohla těmto státům výrazně pomoci (Wang a kol., 2018).

## 2 KREATIVNÍ MYŠLENÍ

### 2.1 Vymezení pojmů kreativita, kreativní myšlení, tvořivost, tvořivé myšlení

První uvedená definice z Malé československé encyklopedie (1984–1987) vymezuje termín kreativita hned na základě několika kritérií:

*„Kreativita je produktivní styl myšlení, odrážející se v činnosti člověka; specificky lidská aktivita realizovaná v tvůrčím procesu, jehož výsledkem je artefakt (dílo, reálné řešení daného problému) vytvořený kreativním jedincem; jedna ze základních psychologických potencialit člověka, rozvíjená z prvotní formy dispozice do aktivní a vůlí ovládané schopnosti tvůrčí produkce. Kreativní potenciál lze zjišťovat speciálními psychologickými testy.“*

Z definice je tedy patrné, že lze kreativitu označit jako specifický styl myšlení, nebo aktivitu jenž je součástí určitého procesu směřujícího ke specifickému cíli. Autor dále představuje termín kreativní jedinec, což je člověk disponující určitými psychologickými vlastnostmi, jež jsou pro kreativitu charakteristické. Dále je zde zmíněna existence vývoje kreativity v rámci ontogeneze jedince; kreativita totiž není neměnná, ale v průběhu života se mění od nevědomé aktivity po aktivní, vůlí ovládanou schopnost. Míra kreativity a potenciálu k jejímu rozvoji se dá navíc u daného jedince posoudit prostřednictvím specializovaných psychologických testů.

Další autoři (Carter, Russel, 2002 in Žák) zase kreativitu označují jako mentální proces, jehož výsledkem obvykle bývá unikátní a inovativní produkt, nápad, řešení, konceptualizace nebo umělecká forma.

Můžeme se ale rovněž setkat s označením, které je termínu kreativita velmi podobné a mnoho autorů ho s tímto termínem zaměňuje, a proto jej pro účel této diplomové práce budeme považovat za synonymum. Jedná se o tvořivost, kterou autor (Smékal, 2004) definuje z pohledu výsledku jenž podmiňuje jako psychickou činnost, v níž se setkáváme s netradičním postupem k předmětu, originalitou nebo vynalézavostí z vlastní iniciativy.

Tvořivost rovněž můžeme charakterizovat jako proces prostřednictvím kterého se jedinec vyjadřuje určitou formou nebo médiem, a to způsobem, jenž mu přináší emocionální uspokojení a který je výsledkem výtvoru, jenž o tomto jedince něco sděluje ostatním (Dacey, 2000).

Žák (2004) vysvětluje, že lze kreativitu nebo tvořivost u jedince vnímat z několika různých hledisek, jejichž význam je však vzájemně propojený. Kreativitu lze tedy chápat jako:

1. Schopnost představit si, vymyslet, vytvořit, nebo vynalézt něco nového, inovativního.

2. Postoj jednotlivce, pro který je charakteristický souhlas, změna, přijetí a otevření nové zkušenosti, novým myšlenkám, nápadům a nevyhraněností v pohledu na věc.
3. Proces charakteristický disciplinovaným přístupem, improvizací, zvýšeným mentálním úsilím a vytrvalou prací směřující k nějakému výsledku nebo řešení.

## 2.2 Kreativita v kontextu techniky a výuky o technice

Pokud budeme chtít shrnout to, co jsme se dozvěděli v předchozí kapitole, nabízí se nám definice Dostála a kol. (2017), která byla vytvořena na základě srovnání myšlenek autora Molnára (2004) společně s autory (Lokšová a Lokša, 2003), z čehož vyplívá definice tvůrčího myšlení: *„tvůrčí myšlení je tedy druh myšlení, pro nějž jsou typické vysoká motivovanost, vytrvalost, odpovědnost, schopnost inspirovat se různými podněty, dovednost spojovat poznatky z různých oborů, odmítání tradičních postupů, nezávislost na autoritách, hledání variantních řešení, smysl pro originalitu, snaha vyřešit problém, objevit podstatu, nalézt nový postup či vytvořit nové dílo, tendence po úspornosti, eleganci nového řešení. Tvůrčí myšlení není jen záležitostí vloh, nadání, ale také schopností a jejich citlivého rozvíjení.“*

Tato diplomová práce se zabývá problematikou rozvoje kreativního myšlení prostřednictvím technologií 3D tisku u žáků na středních školách a z tohoto důvodu je pro účely práce nezbytně nutné vymezit si kreativitu v kontextu techniky a výuky o technice.

Dostál a kol. (2017) uvádí, že v technice a výuce o technice se obvykle jedná o proces, který ústí v určitý produkt vyznačující se inovativností a určitou prospěšností. Často se zde setkáváme se skutečností, kdy je produkt zpočátku pouhým výplodem fantazie, jenž je tvořen nějakou představou, bez které by však samotné zhotovení produktu nebylo možné. Z tohoto důvodu jsme schopni ve výchovně vzdělávacím procesu působit na žáky nároky, které vyžadují určitý způsob myšlení. Tento způsob myšlení nazýváme technické myšlení a pokud jej zasadíme do kontextu tvořivosti, nabízí se nám pojem technické tvůrčí myšlení. To zmiňuje také Petrová (1999), která doplňuje, že *„technická tvůrčí činnost se vyznačuje určitou specifikou, která klade na myšlení a činnost tvůrce určité požadavky, jenž musí respektovat, aby produkt splňoval současné, případně i předpokládané budoucí nároky“*. Autorka dále uvádí konkrétní požadavky, jež jsou v rámci tvůrčí činnosti a technického myšlení důležité:

- Technická náročnost neustále vzrůstá a přináší tak s sebou stále nové požadavky jak z oblasti techniky, tak i jiných oborů jako je např. ekonomika, estetika, ekologie, bezpečnost aj.

- Vzdávající složitost technické práce, která vyžaduje i tvořivost sociální, neboť většina technických výrobků vzniká jako týmová práce, vyžadující její smysluplné rozdělení, kooperaci, specializaci, koordinaci i neformální postupy.
- Čím komplexnější je charakter technické práce, tím více vyžaduje i požadavky na kreativitu v oblasti sociální, protože mnoho technických projektů je výsledkem týmové práce, která vyžaduje vysokou míru komunikace, kooperace, dělby práce, specializace a neformálních postupů.
- Jelikož je technická tvorba závislá do vysoké míry na vědeckém výzkumu, je nezbytně nutné sledovat a chápat nové vědecké objevy, abychom měli aktuální pohled na danou problematiku.
- V rámci tvůrčí činnosti je rovněž velmi důležitá schopnost zdolávat technické a jiné překážky jako například nedostatek finančních prostředků, nedostupnost moderních materiálů nebo nedostatek aktuálních poznatků.
- Technická tvůrčí činnost vyžaduje dlouhodobou pozornost, protože se v mnoha případech jedná o činnost, která s sebou přináší i množství rizik jejímž opomenutím by mohlo dojít až k nezvratným škodám na životě, zdraví i životním prostředí.
- Na jedince může být i vyvíjen tlak ve formě časového stresu, jenž se objevuje důsledkem pevně stanoveného termínu deadlinu pro odevzdání dokončené práce.
- Výsledný produkt tvůrčí činnosti by měl být bezchybný, bezpečný a spolehlivý, což od tvůrce vyžaduje také notnou míru sebereflexe, sebekritiky a organizovanosti v práci.
- Tvůrce technického díla musí rovněž počítat s rizikem, že bude výsledek jeho snažení překonán již před, nebo v době samotného dokončení, a že vynaložená práce tak může být znehodnocena například existencí lepšího výrobku.

Pokud budeme hovořit o technickém myšlení v závislosti na předchozím textu, jedná se tedy o specifickou oblast myšlení, jejímž předmětem zájmu je technika. Samotný termín technika je obsahově velmi široký a různorodý, což je i typické pro technické myšlení, protože se k tomuto pojmu vztahuje. Protože je technické myšlení komplexní fenomén, jenž je u jedince podmíněn řadou faktorů, má rovněž různé úrovně, kterých lze dosáhnout (laik, profesionál). Faktory podmiňující úroveň technického myšlení a technického tvůrčího myšlení si popíšeme níže. Technické myšlení navíc kromě vizuální a pojmové stránky zahrnuje i manuálně praktické činnosti (Dostál a kol., 2017). Autoři dále uvádí, že se můžeme setkat s názorem, kdy někteří autoři označují technické tvořivé myšlení jako významnou oblast technického myšlení. Ne vždy však zmíněné tvrzení musí být pravidlem, protože existují situace, kdy se při řešení technického problému nemusíme nezbytně setkat s využitím tvůrčího, nebo kreativního přístupu v myšlení,



protože již pro daný problém mohou existovat zavedené efektivní postupy jeho řešení. Psychologický slovník (Hartl a Hartlová, 2000) definuje termín tvořivost jako určitou mentální schopnost vedoucí „*k nápadům, řešením, koncepcím, uměleckým formám, teoriím či výrobkům, jež jsou jedinečné a neotřelé*“. Tvořivost v technice však zároveň není dobře možná bez schopnosti imaginace, intuice, fantazie, (prostorové) představivosti a vizualizace. Maňák (1998) považuje představivost a fantazii za nepostradatelné prvky tvořivosti. Představivost vymezuje jako schopnost opětovné projekce z minulosti vnímané reality. Psychologického slovníku (Hartl a Hartlová, 2000) vymezuje pojem představivost jako „*obsah vědomí, vybavený či přepracovaný minulý zážitek a vjem, lze je dělit podle druhu smyslů*“. U prostorové představivosti máme však tendenci upoutat se především na zrakové představy (Dostál a kol., 2017). Autoři rovněž definují pojem představa, a to jako „*materiál pro vytváření pojmů a pro myšlení, také pro city i volní jednání*“.

Maňák (1998) fantazii vnímá jako schopnost umožňující tvořit ojedinělé představy odlišné od reality její transformací, nebo zcela novým vytvořením. Uvedené prvky tvoří základ pro objevování a tvorbu nových skutečností, protože umožňují vytvářet nové kombinace a variace širokého spektra jevů.

Dostál a kol. (2017) na základě teorie didaktiky, vzdělávací a technické praxe zdůrazňují značnou důležitost (prostorové) představivosti pro technické myšlení. Odkazují přitom na myšlenku autora (Škára, 1993), který o technickém myšlení uvažoval konkrétně v souvislosti úlohy, kterou představivost zastupuje v technice a jenž považoval za „*jistou kvalitu myšlenkových operací, spočívajících zejména v analýze představ výrobku, aktivování dosavadních vědomostí, dovedností a zkušeností, které mohou být využity k vyřešení dílčích problémů konstrukce i postupu výroby výrobku, jež pokračují až ke konečné syntéze všech použitelných realit, již řešitel dospěje k celkovému projektu*“. Autor zde technickou představivost popisuje jako schopnost vytvořit si v mysli obraz dosud neexistujícího produktu ve finální podobě společně s jeho funkcí a vzájemným působením s uživatelem i okolním prostředím. Spousta (2003) doplňuje, že kulturní vývoj člověka probíhá současně s vývojem lidské představivosti, protože je lidská bytost schopna s využitím představivosti objevovat, vynalézat a přemýšlet do budoucna. Díky lidské představivosti má tedy člověk mimo jiné schopnost představit si i neviděné (např. co bude zhotoveno). V závislosti na tom autor uvádí, že by představivost nebyla realizovatelná bez myšlenkových a sensorických činností daného jedince a zároveň rozlišuje představivost reprodukční, kdy si člověk vytváří představy na základě toho, co vidí (textu, plánu, schématu, náčrtu) a představivost anticipační, kdy jsou

vytvářeny úplně nové obrazy prostřednictvím spojování dříve získaných představ, či jejich částí.

Žák si tak je v rámci výuky i mimo ni schopen vytvořit prostorové představy o nastávajícím výrobku, o tom, jak bude při aktivitě postupovat a rovněž je schopen porozumět základům technického kreslení a pravoúhlé projekce, jenž rozvíjí schopnosti představit si v mysli tvary v různém natočení (Dostál a kol., 2017).

Molnár (2004) v návaznosti na další autory (Dostál a kol., 2017) a v souvislosti s problematikou prostorové představivosti chápe tvořivost jako „*schopnost poznávat předměty v nových vztazích a originálním způsobem (originalita), smysluplně je používat neobvyklým způsobem (flexibilita), vidět nové předměty tam, kde zdánlivě nejsou (senzibilita), odchylovat se od navyklých schémat myšlení a nepojímat nic jako pevné (proměnnost) a vyvíjet z norem vyplývající ideje i proti odporu prostředí (nonkonformismus). Silná souvislost s představivostí, vč. představivosti prostorové, je zřejmá.*“ Autor dále doplňuje, že se tato dovednost „*rozvíjí zráním a učením, závisí tedy na vlastní činnosti jedince, prostředí, výchově. Rozvíjí se na základě geneticky pod míněných a vrozených vloh.*“

Jako další významný prvek kreativity, jenž má spojitost s prostorovou představivostí je dle autora (Říčan, 1972) vizualizace. Ta jedinci dává schopnost „*představit si, do jakých vzájemných vztahů se dostanou předmět mimo nás*“. Autor dále uvádí, že je často využívána v geometrii.

Vizualizaci charakterizuje Dostál a kol. (2017) v souladu se Spoustou (2003) jako „*transformaci jevu (objektu, procesu), jeho struktury, systémotvorných vazeb a určujících vlastností do podoby umožňující jeho zrakové vnímání. Jedná se o činnost, kterou daný jev zviditelňujeme.*“ Ve spojitosti s tímto pojmem Mareš (1995) uvádí termín vizuální gramotnost, jenž líčí jako schopnost „*myslet a učit se v termínech obrazů*“. Autor vysvětluje, že prostřednictvím vizualizace člověk dovede obrazy číst, používat i vytvářet zcela nové. Dle Čápa a Mareše (2001) se jedná o „*soubor dovedností, jimiž disponuje jedinec, aby porozuměl vizuálnímu obrazu a dokázal jej používat v záměrné komunikaci s jinými lidmi*“.

Pokud vztáhneme vizualizaci do oblasti techniky, nabízí se nám dělení dle její formy na aktivní a pasivní. Pasivní forma se projevuje schopností jedince vizuálním prostředkům porozumět (tzv. je číst). Aktivní forma naopak umožňuje jedinci daný jev vizualizovat např. prostřednictvím výkresu, náčrtu, grafu, nebo schématu. Aktivní forma by však bez pasivní byla jen těžko realizovatelná (Dostál a kol., 2017).

Autoři dále vysvětlují, že pojem „obraz“ má mnoho přenesených významů a označuje jakékoliv grafické zpravidla dvojrozměrné vyjádření. To však nemusí být nutně pravda, protože moderní prezentační technika již běžně umožňuje začlenění trojrozměrné grafiky přímo do výuky. V současnosti umí výpočetní technika žákům a učitelům umožnit i manipulaci s daným objektem ve virtuálním prostředí, což snižuje nároky na prostorovou představivost a vizualizaci. To ale rozhodně neznamená, že by se měl rozvoj těchto dovedností opomíjet, protože stále platí, že čím lepší úroveň těchto schopností žák disponuje, tím efektivnější bude jeho konání v tvůrčím procesu. Meschenmoser (2000) zdůrazňuje důležitost této schopnosti a označuje ji jako mentální manipulaci s prostorovými obrazy, jenž dále popisuje jako „*schopnost percepčního předvídání, určení nové představy objektu po jeho transformaci, např. po otočení, posunutí, promítnutí do roviny, na plochu, resp. po jeho přetvoření např. spojováním segmentů, rozkladem na části, představa řezů aj.*“. Autoři ji zase vymezuje jako myšlenkový proces, jenž člověku umožňuje vytvořit si v mysli obraz nějakého objektu, což je velmi významné pro řešení konstrukčně technických úloh. U žáků je nezbytně nutné rozvíjet adekvátním způsobem představivost, protože se nejedná o vrozenou schopnost, ale je formována právě na základě praktických a manipulačních schopností společně s dostatečně rozvinutou schopností mentální manipulace. U žáků je rovněž podmíněna již v předškolním věku podrobným porozuměním významu jednotlivých pojmů (vpravo, vlevo, nahoře, dole), čímž je zprostředkována orientace v prostoru. V psychologii se můžeme setkat s pojmem figurální inteligence, jenž Amthauer (2005) charakterizuje shodně s předchozími autory jako schopnost manipulovat s tvarově obrazným materiálem, dvojrozměrnými a trojrozměrnými obrazci. Tato dovednost dle slov autora rovněž zahrnuje i uvádění zmíněných obrazců do logických spojitostí.

Maňák (1998) rovněž uvádí další podstatné prvky kreativity, mezi které řadí imaginaci a intuici. Imaginaci autor popisuje jako schopnost nepřímého myšlení, jenž „*umožňuje prostřednictvím symbolů a schémat vkládat vlastní představy do vnímané skutečnosti*“. Intuici zase vymezuje jako v hled, vnuknutí, nebo náhlé pochopení bez přítomné racionální evidence. Honzíková (2009) vysvětluje, že se všechny tyto prvky nevyskytují v rámci tvořivého procesu odděleně, ale naopak vzájemně se doplňují, prolínají a kombinují.

### **2.3 Rozvoj kreativního myšlení a koncepce kreativně zaměřeného vyučování**

Jak již bylo řečeno, kreativita nebo tvořivost je komplexní fenomén, na jejíž úroveň u člověka má vliv mnoho faktorů.

Maňák (2001) řadí faktory mající vliv na kreativitu u žáků následovně:

- **faktory biologické** – plasticita, paměť, empatie, aktivace, dispozice, vlohy, tolerance vůči dvojznačnosti;
- **faktory psychické** – typy inteligence, kognitivní mobilita, divergentní myšlení, flexibilita, fluence, aktivita, vytrvalost, představivost, ochota riskovat;
- **faktory sociální** – společnost, rodina, samostatnost, sociální skupina, komunita, svoboda, škola;
- **faktory edukační** – řešení problémů, heuristické postupy, aktivizující metody, hra, pole možností, kombinace prvků;
- **integrace** – strukturace, koordinace, interakce genetických a kulturních informací s kognitivním vývojem.

Honzíková (2008) uvádí zásadní faktory, jež jsou dle jejího názoru pro tvořivost zásadní:

- **Originalita** – schopnost vymyslet zcela nové a ojedinělé řešení
- **Senzibilita** – mimořádná vnímavost vzhledem k určitému problému
- **Fluence** – jedná se o schopnost produkce velkého množství myšlenek, obrázků a symbolů v krátkém časovém horizontu, což má za následek zvýšenou pravděpodobnost úspěšného nalezení vhodného řešení.
- **Elaborace** – schopnost správně formulovat myšlenky, nebo také dovednost vytvořit na základě detailů nějaký plán, nebo celek.
- **Představivost a fantazie** – viz kapitola 2.2. Technické myšlení, technické tvořivé myšlení, imaginace, prostorová představivost
- **Imaginace a intuice** – viz kapitola 2.2. Technické myšlení, technické tvořivé myšlení, imaginace, prostorová představivost

Samotná ontogeneze žáků je významným činitelem pro vývoj kreativity a vyznačuje se jistým průběhem, který má u zdravých jedinců z pohledu času danou posloupnost a dělí se do několika stádií. Rozlišujeme tři stadia vývoje tvořivosti (Krušpán, 1985):

- **stadium prekreativní** (od narození do dovršení 6 let věku dítěte);
- **stadium správných odpovědí** (ve věku 6–9 let);
- **stadium kreativní aktivity** (začíná ve věku 10–11 let dítěte) v tomto období je rozvoj kreativity u žáků zprostředkován velkou měrou prostřednictvím problémového vyučování, které jim pomáhá získat kompetence k řešení různých druhů problémů. Mezi další nástroje pro rozvoj kreativity patří například i mimoškolní zájmové činnosti. Přibližně v 8. ročníku základní školy u žáků nastává období vrcholící puberty, s čímž je spojený i pokles tvořivé orientace a výkonnosti dětí.

V tomto směru se nám naskytuje otázka, jakým způsobem je kreativita rozvíjena dále u žáků středních škol a středních odborných učilištích. Mimoškolní zájmové činnosti jistě patří i v období středoškolského studia mezi prvky, jež mohou velkým dílem přispět k rozvoji tvořivosti u žáků. Ve výchovně vzdělávacím procesu navíc může být rozvoj kreativity podmíněn kromě vlastní ochoty žáků i samotnými podmínkami školy mezi které patří například kvalita vedení školy a pedagogických pracovníků nebo finanční a materiální podmínky dané školy. Můžeme se domnívat, že pokud pedagog nebude schopen uplatňovat tvůrčí způsob myšlení ve své výuce, nemůže očekávat jakýkoliv posun v rozvoji této schopnosti ani u svých žáků. Proto je rozvoj kreativity ve třídách na základních, středních školách a středních odborných učilištích velkou měrou podmíněn právě přístupem samotných pedagogů k výuce.

V závislosti na předchozím textu Honzíková (2008) uvádí, že pokud se pedagog snaží koncipovat výuku takovým způsobem, aby u žáků rozvíjel jejich tvořivost, měl by při své práci vycházet z poznatků jak z oblasti pedagogiky, tak i psychologie, neboť je tato problematika rovněž závislá na rozvoji osobnosti v ontogenezi žáka, k čemuž musí odpovídat vhodně zvolené vyučovací metody. Autorka tento souhrn teoretických a empirických poznatků z pohledu cílů, metod a prostředků určených k rozvíjení kreativity u žáků označuje jako koncepci tvořivého vyučování.

Jurčová (1989) uvádí hned několik výchozích bodů, jenž jsou pro rozvíjení tvořivosti žáků v rámci koncepce tvořivého vyučování důležité:

- Rozvoj tvořivosti u žáka ve výchovně vzdělávacím procesu má formativní vliv na žáka.
- Rozvoj tvořivosti se netýká pouze mladších dětí, ale je možný a velmi žádoucí i v rámci všech věkových kategorií. U dětí však bývá nevyužití možností rozvoje příčinou vzniku bariér pro tvořivý vývoj v pozdějším věku.
- Realizace tvořivého vyučování klade na učitele svou náročností specifické nároky týkající se především časových a prostorových možností. Problém představuje například obsah učiva, jehož nevhodný rozsah často komplikuje zavedení tvořivých metod do vyučování.
- Podporu rozvoje tvořivého potenciálu žáků je možné uskutečnit pouze v případě, že jsou pedagogové v tomto směru odborně připraveni a jsou tedy seznámeni se základy psychologie tvořivých aktivit, vlastnostmi tvořivých cvičení, principů jejich tvorby a metodami jejich využití.
- Koncepci tvořivého vyučování je možné realizovat v rámci každého předmětu, ale každý z nich má ve spojitosti s tím svá specifika.

- Ačkoliv každý jedinec disponuje jinými předpoklady na tvořivou činnost, lze tento tvořivý potenciál záměrným působením ovlivnit, což vede k jeho posílení a rozvoji.

Honzíková (2008) charakterizuje každý tvůrčí proces jako velmi sofistikovaný a nestálý jev, který vzhledem ke svému rozsahu, složitosti a značné variabilitě nelze jednoznačně charakterizovat. Z tohoto důvodu můžeme aktivity podporující tuto činnost určit pouze okrajově. Badegruber (1997) představuje proces skládající se z pěti stádií, jimiž dle jeho slov žáci v průběhu tvůrčí činnosti obvykle prochází. Mezi uvedených pět stádií patří: inspirace, klasifikace, destilace, inkubace a pilná práce. Autor v souvislosti s tímto procesem vysvětluje, že jednotlivé fáze u žáků nemusí probíhat v časové posloupnosti, ale naopak za sebou mohou následovat v různém sledu, a dokonce se mohou i několikrát opakovat. Je tomu tak proto, že žáci nedisponují schopností soustředit v jeden moment na více fází zároveň.

První fází v procesu tvořivé činnosti je inspirace, kterou můžeme definovat jako etapu jejímž cílem je nalezení velkého množství nápadů a možných řešení, které však nemusí být prakticky realizovatelné. Žáci v souvislosti s daným tématem využívají v rámci tohoto procesu svoji vlastní osobitost, kterou následně projektují do řešení, což v nich může dokonce vyvolat i hluboké city, a setkáváme se zde i se značnou mírou improvizace, spontánnosti a experimentování. Cílem této fáze je získat co nejvíce nápadů, z čehož vyplývá, že jestliže žáka nic nenapadá, stává se pro něj tato činnost značně problematickou. Tomu však lze do jisté míry napomoci tím, že žáka budeme podněcovat k využití jakékoliv myšlenky, aniž by přehnaně přemýšlel nad její praktičností, realizovatelností či podobou. Styl učitelovi výchovně-vzdělávací činnosti se však v současnosti mění, protože se objevují nové požadavky týkající se především učitelovi psychické vyrovnanosti, komunikace, pozitivní interakce s žáky a pojetí výuky.

Druhá fáze tvůrčí činnosti se nazývá klasifikace a má rovněž pro tvůrčí činnost velký význam. Protože žáci často nemají představu o cíli a účelu své práce, nejprve by se měli logicky, kriticky a analyticky zamyslet právě nad jejím smyslem, aby tak předešli množství různých alternativ, které by jejich práci pouze zbytečně zkomplikovaly.

V rámci třetí fáze nazývané destilace již dochází k výběru nejvhodnějších myšlenek a jejich následnému rozvedení. Žák by v této fázi neměl být příliš kritický, aby tak nepotlačil veškeré nápady a snahu, ale rovněž by měl projevit určitou míru sebereflexe a soudnosti. Ideálně by však tato sebereflexe měla probíhat s časovým odstupem, aby se zajistilo objektivnější posouzení.

Čtvrtou fází je inkubace a pilná práce jejíž význam se projevuje především v případě, kdy nastává v souvislosti s tvůrčím procesem nějaký problém. Ačkoliv může žák nacházející se v této fázi působit nečinně, vyvíjí naopak jeho mozek vysokou aktivitu, protože musí pracovat a přemýšlet o tom, co dělá.

Honzíková (2008) na závěr uvádí, že *„tvůrčí osobnosti většinou nesáhnou po prvním nápadu, ale nechají problémy dozrávat ve svém vědomí. Jakmile žák definitivně zvolí, co a jak bude dělat, začne své myšlenky upravovat a rozpracovávat do konečného tvaru. To ovšem neznamená, že se nemůže průběžně vracet do předešlých stadií.“*

Bajtoš (2003) uvádí shrnutí jednotlivých fází tvůrčího procesu a doplňuje ho o doporučení, jež by mohlo k jeho rozvoji u žáků přispět: *„málo tvořiví lidé mají tendenci chytit se první myšlenky a rychle a nekriticky ji realizovat, aniž by se vážněji zamýšleli nad tím, čeho chtějí dosáhnout. Jejich postup neodpovídá výše uvedenému procesu. Jedním z úkolů učitele je napomáhat žákům při tvůrčí práci či řešení problému s tou fází, která jim působí největší potíže. Jedním z vhodných přístupů je správný výběr činností, jejich pomocí by žák mohl překonat nedostatek nápadů či neschopnost volby. Žáci musí vědět, že první myšlenka nemusí být hned ta nejlepší, že s nápady se dá dál pracovat a že je důležité znát cíl.“*

Honzíková (2008) vysvětluje, že je velmi přínosné, když se u žáků v inspirační fázi povede podnitit nekonvenční způsob řešení problému. Dále uvádí, že se v tomto směru paradoxně velmi osvědčily přístupy mající s daným problémem jen nepřímou souvislost. Tyto přístupy však často vedou k neobvyklým způsobům řešení. Autorka popisuje, že v procesu rozvíjení kreativity u žáků je učitel nenahraditelným činitelem, protože je schopen na žáky působit tvořivě zaměřeným vyučováním. Jelikož se v dnešní době učitel setkává v rámci své práce s novými typy úkolů, tradiční nároky na jeho profesní výbavu (odborné znalosti, metodické dovednosti, pedagogický takt, ideová orientace) již nejsou dostačující. Výchovně-vzdělávací činnost učitele tak musí v současnosti odpovídat požadavkům týkající se především jeho psychické vyrovnanosti, schopnosti komunikace, pozitivní sociální interakce, efektivního pojetí a stylu výuky. Aktuálně je nejvíce prosazovaným požadavkem právě tvořivý přístup, jenž se stává v učitelově repertoáru nezbytným nástrojem výuky. Tento přístup se projevuje tak, že učitel u žáků podporuje jejich iniciativu k učení, zajišťuje jim příležitosti k tvořivé práci tím, že nepracuje s konvenčními autoritativními technikami, ale naopak tvoří, využívá a pátrá po kreativních technikách, metodách a postupech, podněcuje žáky k vyhledávání alternativních řešení, přičemž nevyžaduje jednoznačné správné řešení úloh. Pedagog žákům projevuje svou důvěru a respektuje otázky kladené z jejich strany, pomáhá jim rozvíjet samostatnost a zodpovědnost, překonávat pocit neúspěchu a frustrace mimo jiné i tím, že žáky osvobozuje

od hrozby zkoušení a hodnocení. Stále však platí, že by tvořivý učitel měl na prvním místě cílit výuku takovým způsobem, aby žáci dosahovali efektivních výsledků. Autorka dále dodává, že dalším podstatným prvkem, jenž podporuje rozvoj kreativity u žáků a má v kreativně zaměřeném vyučování své důležité místo je motivace. Úlohou motivace je žáky upoutat a podnítit jejich snahu a úsilí o rozvoj svých kreativních schopností, vždy však s přihlédnutím a respektem k jejich vývojovým zvláštostem. V případě dětí mladšího školního věku je vhodné, když pedagog využije především motivace vnější, protože na ni dobře reagují. Postupným osvojováním poznatků, získáváním zručnosti a rozvojem psychických schopností však u žáků v pozdějším věku nastává přechod od motivace vnější k motivaci vnitřní.

Ve spojitosti s efektním vedením žáků k rozvoji tvořivosti uvádí Maňák (2000) další důležité schopnosti:

- spojování (generalizování) pojmů a zkracování myšlenkových operací,
- přenášení zkušeností do nových situací,
- pohotová paměť a slovní formulace myšlenek,
- schopnost předvídání a hodnocení jevů,
- schopnost názorné představivosti abstraktních jevů a další.

Lokšová a Lokša (2001) na základě výzkumu vývoje tvořivosti a tvořivého vyučování stanovili základní principy pro rozvoj tvořivosti žáků prostřednictvím tvořivého vyučování:

- tvořivostí může disponovat každý psychicky zdravý jedinec,
- tvořivost je rozvíjena na základě vykonávání činností,
- rozvoj tvořivosti má procesuální charakter,
- požadavek na to, aby úlohy, které u žáků nepodněcují tvořivost byly vyměněny za úlohy, které toto kritérium splňují;
- je potřeba, aby rozvíjení tvořivosti a tvořivé vyučování probíhalo ve vzájemném působení s ostatními učebními činnostmi žáků, a aby vycházelo z obsahu učiva a výukových cílů;
- ačkoliv není nutné, aby byl výsledkem kreativní činnosti žáka jakýkoliv sociální přínos, má pro rozvoj jeho osobnosti v mnoha směrech velký přínos.

Lokšová a Lokša (1996,1999) vymezují koncepci tvořivého vyučování jako „*ucelený komplex cílů, interakcí, metod, programů a postupů směřujících k vytváření předpokladů pro rozvoj prvků tvořivosti v učebních činnostech, k uplatňování různých druhů tvořivosti ve*



*vyučování a v konečném důsledku i ke zvyšování tvořivého myšlení a formování tvořivé osobnosti žáků.“*

Autoři rovněž stanovují teoretická východiska tvořivého vyučování na základě výzkumů, jenž zjišťovaly efektivnost metod na rozvíjení tvořivosti ve vyučování:

- Významným kritériem tvořivosti je *„subjektivní, psychologicky zvýrazněná novost, která ovšem nemusí být novostí z hlediska společenského. Neočekáváme tedy sociální přínos, ale význam pro rozvoj rozumových a poznávacích schopností žáků a mnohostranný vývoj osobnosti.“*
- Tvořivost je možno rozvíjet cílevědomým působením, protože je tato schopnost utvářena také v závislosti na prostředí.
- Správně vybrané a účelně navozené tvořivé aktivity ve vyučovacím prostředí mohou rozvoj tvořivosti významně podpořit.
- Rozvoj kreativity žáků ve vyučování je produktem cíleně navozených tvořivých činností realizovaných prostřednictvím tvořivých situací, jejichž cílem je především řešení specifických problémů.
- Rozvoji tvořivosti u žáků napomáhá správně zvolený způsob motivace odpovídající obsahu učiva.
- Za efektivní metodu v rámci didaktických postupů můžeme označit i relaxaci, protože dokáže během vyučování vyvolat specifickou atmosféru, jenž může u žáků zvýšit schopnost vnímat a řešit problémy a podnítit tak v nich i nové nápady.
- Mezi základní metody odpovídající výuce zaměřené na rozvoj tvořivosti můžeme řadit tvořivou komunikaci, kreativní divergentní úlohy, tvořivé situace, projektové metody, heuristické a aktivizující metody, programy na rozvíjení tvořivosti žáků, problémové úlohy.
- Jako nejefektivnější diagnostický nástroj se pro stanovení míry kreativity u žáků jeví konsenzuální techniky pro zjišťování tvořivosti.
- Pokud hodnotíme produkt učební činnosti žáků, je třeba využívat demokratické a humanisticky orientovaného hodnocení, protože u nich může mít obava z klasifikace negativní dopad na jejich tvořivost.
- Učitel je hlavním faktorem ovlivňující kreativně zaměřenou výuku, protože ji svým působením realizuje a využívá přitom tvořivě zaměřené didaktické prostředky, přičemž však respektuje stanovené výukové cíle společně s učebním obsahem.

Honzíková (2008) vysvětluje, že prostředí, které se v souvislosti s rozvojem tvořivosti žáků jeví jako nejefektivnější je vyučovací proces, neboť v něm probíhá základní činnost, kterou je samotné učení. Lokšová a Lokša (2001) zdůrazňují, že by se z tohoto důvodu měl učitel při své práci řídit metodikou tvořivého vyučování, jenž je souhrnem efektivních metod, postupů, forem a strategií sloužících rozvoji kreativity žáků. Soubor schopností tvořící kreativitu je rozvíjen právě na základě obsahu učiva, stanovených výukových cílů a postupů, které k nim vedou.

Existují dvě základní hlediska metodiky tvořivého vyučování, do kterých spadá hledisko psychologické a hledisko pedagogické. Významem psychologického hlediska je podání jasné formulace instrukcí, výsledků a smyslu výuky, společně s vhodně zvolenými prostředky a promýšlením variability úloh. Pedagogické hledisko se naopak snaží o co nejvhodnější začlenění výukových metod do výukových situací a předmětů takovým způsobem, aby došlo k vytvoření adekvátních podmínek, čehož se dosahuje ověřením přínosu jednotlivých metod, jejich časovým rozvržením a možnostmi kombinace a variace (Honzíková, 2008).

Autorka dále uvádí, že metodiku rozvíjení kreativity ve výchovně-vzdělávacím procesu můžeme označit za systém, jenž je potřeba neustále aktualizovat, což vyžaduje znalost teorie tvořivého vyučování na základě aktuálních poznatků a rovněž osvojení si co největšího množství metod a technik sloužících k tomuto účelu na takové úrovni, aby je pedagogové byli schopni odborně aplikovat přímo ve výuce. Metody, jenž jsou určeny k rozvíjení tvořivosti u žáků dělí autoři dle různých hledisek. Wimmer (1988) vymezil 10 základních skupin metod podněcujících rozvoj tvořivosti u žáků:

- 1. Harmonizační kondiční metody** (např. relaxační metody, nebo aktivní a pasivní odpočinek),
- 2. Harmonizační režimové metody** (akumulace tvořivých zkušeností, optimalizace zájmů),
- 3. Diskuzní metody,**
- 4. Orientační metody,**
- 5. Metody specifikace problémů,**
- 6. Metody s odloženým hodnocením,**
- 7. Cvičné metody** (návik technických zručností, techniky k překonávání bariér),
- 8. Inspirační metody** (čtení dokumentů, improvizace, střídání činností a prostředí),
- 9. Systémové analytické metody** (analýza funkční, procesní, morfologická, přehled vlastností),
- 10. Metody tvořivé konfrontace** (intuice, integrace, synektika).

Honzíková (2008) uvádí, že ačkoliv je známá celá řada programů určených pro rozvoj kreativity, většina z nich má základ v metodách a principech uvedených v předchozím textu.

### **3 Rozvoj kreativity v technické výchově prostřednictvím technologií 3D tisku**

Tato kapitola se bude zabývat teorií rozvoje kreativity u žáků v kontextu technické výchovy, konkrétně však ve spojitosti s využitím technologií 3D modelování a 3D tisku. Jak již bylo v předchozí kapitole zmíněno, každý vyučovací předmět má v souvislosti s rozvojem kreativity svá specifika a metody, jimiž lze u žáků podnítit tvůrčí schopnosti, z čehož můžeme usuzovat, že by bylo vhodné se na tuto problematiku v rámci mé diplomové práce detailněji zaměřit. První podkapitolou tedy nastíníme, jakou roli sehrávají informačně-komunikační technologie (dále též IT/ICT) v technické výchově, protože tvoří základy pro technologie 3D tisku a 3D modelování.

#### **3.1 Role ICT v technické výchově**

Díky nepřetržitému vývoji v oblastech elektroniky a kybernetiky se informačně-komunikační technologie staly zásadním průkopníkem v procesu inovace výuky, neboť přinesly do školství velké množství významných změn a staly se tak nedílnou součástí našeho každodenního života. To, jakým způsobem dnes probíhá vyučovací proces ve třídách se v porovnání z minulosti zásadně změnilo, protože se zde setkáváme s využitím širokého spektra nových moderních učebních pomůcek a nástrojů. Výchovně-vzdělávací proces se tak stává prostorem poskytující nové a efektivnější způsoby získávání znalostí, dovedností a návyků všech aktérů tohoto procesu na základních, ale i středních školách (Dostál a kol., 2017). ICT navíc přispívají k překonání některých tradičních vzdělávacích přístupů, jenž se z pohledu dnešní doby nejeví jako efektivní a mohou dokonce bránit rozvoji osobnosti žáků, jejich vnitřních dispozic a uplatnění jejich schopností ve společnosti (Klement, Dostál, Kubrický a Bártek, 2017).

Jak již bylo řečeno Dostálem a kol. (2017), ICT měli zásadní vliv na proměnu výchovně-vzdělávacího procesu, protože školám umožnili tento proces modernizovat prostřednictvím inovativních způsobů názorného vyučování v rámci realizace multimediální a interaktivní výuky. Tyto technologie nabízí možnost efektivního, ale zároveň poutavého způsobu prezentace učiva a rovněž umožňují jeho editaci prostřednictvím počítačových aplikací přímo ve třídě během výuky. ICT tak vytvářejí vyučovací prostředí, jenž významně působí v trojúhelníkovém schématu učitel – žák – poznatek. Jedná se o proces, ve kterém učitelé a žáci společně aktivně vstupují do vyučování, čímž mají rovněž i možnost jej tímto způsobem ovlivnit a pozitivně rozvíjet.

Vhodně zvolené prostředky ICT tedy mohou pomoci nejen učitelům, ale především žákům v rámci poznávacího procesu, například tím, že rozvíjí jejich dovednosti v oblasti těchto technologií a dávají jim během vyučování prostor k vyhledávání širokého spektra informací. Dále umožňují tvorbu a řešení nových typů úloh, které byly do té doby bez existence těchto technologií nerealizovatelné. Dostál a kol. (2017) tedy vysvětlují, že žák musí mnohdy „*pod vlivem nových podnětů a zkušeností přehodnocovat svoje prekoncepty, anebo dokonce řešit konflikt vznikající mezi původními kognitivními schémata a novými podněty z prostředí.*“ Jsou tedy toho názoru, že pokud se interaktivní prostředky v technickém vzdělávání využívají účinně a aktivním způsobem, poskytují tím příležitost k vytvoření atraktivního prostředí, jenž podněcuje tvořivost. Dodávají však, že „*použití IT vyžaduje přiměřenou počítačovou gramotnost, kterou musí uživatel neustále rozšiřovat vzhledem k probíhajícímu procesu inovace v oblasti ICT. Používání interaktivních tabulí má za cíl zavádět nové pedagogické procesy, které souvisejí s využíváním IT. V opačném případě se dotyčný nástroj stává pouze projekční plochou pasivní názornosti.*“ Toto tvrzení tedy neplatí pouze pro žáky, ale i pro ostatní pedagogické pracovníky, kteří se v oblasti těchto technologií musí rovněž neustále vzdělávat. V souvislosti s tímto se dnes na učitele kladou v rámci rozvoje jejich profesních kompetencí vysoké nároky týkající se implementace informačních technologií do jejich pedagogické činnosti, neboť tyto technologie poskytují multimediální nástroje s prvky názornosti, jenž u žáků rozvíjí v daném odborném předmětu jejich představivost a kreativní myšlení. Zavádění elektronických učebních pomůcek a interaktivních tabulí do výuky je v souvislosti s modernizací vyučovacího procesu fenoménem, který je aktuálně možné sledovat v rámci vyučování odborných předmětů na středních odborných školách a středních odborných učilištích.

Cogill (2004) na základě dlouhodobého pozorování uvádí, že pokud ICT využívá zkušený, kreativní a kvalifikovaný pedagog, stávají se pro něj tyto technologie prostředkem, který:

- zvyšuje zapojení žáků ve vyučovací hodině;
- umožní učitelům atraktivně zahájit vyučovací hodinu;
- zprostředkuje aktivní spolupráci mezi učitelem a celou třídou;
- dává učitelům schopnost rychlého testování a ověřování znalostí v rámci celé třídy;
- pomáhá žákům vytvářet vlastní multimediální prezentace, specifikovat a editovat vizualizaci svých nápadů;
- učitelům a žákům dává schopnost uložit si práci, k níž se mohou později vrátit;
- umožňuje prezentaci učebních materiálů snadno přehlednou a pochopitelnou formou;
- poskytuje učitelům větší časový prostor pro samotné vyučování;

- pomáhá žákům v jejich koncentraci a aktivizaci;
- žákům umožní být v kontaktu s takovým druhem informací a multimediálního materiálu, s kterým by se normálně nebyli schopni setkat;
- podporuje tvořivé myšlení žáků a rozvíjí jejich kognitivní schopnosti.

Dostál a kol. (2017) vyjadřují v tomto směru přesvědčení, že využívání techniky v edukaci žáků může za předpokladu respektování jejich vývojových specifik přispět k rozvoji jejich mentálních procesů a mentálních reprezentací například prostřednictvím tvorby reálných modelů a jejich zkoumáním, nebo tvorbou modelů virtuálních. Další podkapitola se tedy bude zabývat modelováním v technické výchově, konkrétně 3D virtuálním modelováním.

### 3.2 3D modelování v technické výchově

Poměrně rozsáhlý rozbor této problematiky popisují Dostál a kol. (2017), kteří vysvětlují, že v současnosti můžeme pozorovat u stále většího počtu základních škol trend implementace 3D modelování do výuky. Této oblasti je věnováno stále více pozornosti mimo jiné i proto, že si tyto školy často pořizují pro své edukační účely 3D tiskárny. Jelikož se výuka 3D modelování a 3D tisku momentálně jeví jako velmi aktuální téma, je třeba této oblasti věnovat pozornost i na úrovni teorie didaktiky technických předmětů.

Ačkoliv 3D modelování probíhá ve virtuálním prostředí, principiálně se jedná o dovednost příbuznou technickému zobrazování, jenž se realizuje prostřednictvím tužky v podobě náčrtu, výkresu, či schématu. Přestože v dnešní době existuje široké spektrum softwaru, jenž onu funkci tužky a papíru plně nahrazuje, žáci se obvykle ve vyučování setkávají nejdříve s touto tradiční variantou, což ovšem nemusí být nikterak špatně, protože jim je i tato aktivita schopna poskytnout soubor dovedností důležitých pro případnou pozdější práci se softwarem určeným pro rýsování, či modelování.

Tuto myšlenku potvrzuje rovněž tvrzení zmíněných autorů, které bylo uvedeno v rámci analýzy možností procesu výuky s využitím 3D modelování: „*Výuku na základních školách je stále nutné inovovat, aby odpovídala moderním technologiím. V rámci realizace technických předmětů můžeme být ještě dnes svědky výuky technického kreslení pomocí rýsování a kótování na papír, bez dalšího pokroku. V počátečních fázích je tato metoda stále žádoucí, avšak z dnešního pohledu je nezbytný i přechod k návrhům výkresů prostřednictvím počítačových technologií. Výuka na základních školách by měla žáky připravit na vstup do života i v oblasti techniky, proto je nezbytné výuku modernizovat. Výuka 3D modelování může být vhodným východiskem tohoto problému.*“ Autoři zdůrazňují důležitost výuky technického zobrazování, neboť téměř každá aktivní a tvořivá práce konstruktéra, nebo projektanta má své počátky

v náčrtu, jehož prostřednictvím autor prezentuje své představy, s kterými nadále pracuje. Jedná se o neverbální řeč složenou ze soustavy symbolů a znaků vznikající na základě nakreslení (načrtnutí) obrazu na plochu, či rovinu. Zobrazení náčrtem, skicou, či schématem pomáhá žákům nahlížet na problémy z různých úhlů, čímž je mimo jiné učí přenášet své představy do grafické podoby. Četba technických náčrtů je rovněž důležitá v rámci tvůrčího využití technických materiálů. K tomu, aby žák nabyl způsobilosti technického zobrazování, musí rozvíjet následující schopnosti:

- vnímat daný problém;
- produkovat a rozvíjet své představy;
- nabýt dovedností důležitých pro čtení, pochopení a tvorbu výkresů, schémat a náčrtů.

Žák prostřednictvím technického zobrazování navíc získává schopnost zobrazit trojrozměrné těleso do rovinných průmětů nebo na základě četby technického náčrtu vytvořit model tělesa. Vytvoření správné představy o daném tělese vychází z žakových předchozích praktických zkušeností, a protože představivost není vrozenou schopností, je nutné, aby ji žák postupně rozvíjel. Prvky determinující úroveň představivosti a kreativity u žáka již byly uvedeny v kapitole 2.2. Za zmínku však stojí uvést, že se na rozvoji představivosti podílí například geometrické vzdělávání, jehož zprostředkováním se žáci již na prvním stupni základní školy při praktických cvičeních s geometrickými modely učí vnímat způsob, jakým se tyto jednotlivé útvary dají prostřednictvím geometrických transformací v prostoru (posunutí, otočení, souměrnost aj.) efektivně rozložit na plochu. Geometrické vzdělávání tedy žákům pomáhá v osvojení si dovedností potřebných pro sestavení jednotlivých útvarů a jejich manipulací v rovině i v rámci pracovního vyučování (Dostál a kol., 2017).

V technické výchově se můžeme setkat i s praktickými úlohami zaměřenými na tvorbu prostorových objektů. Příkladem nám může být úloha pro žáky základní školy zaměřená na konstruování modelů z dílů stavebnice Lego Dacta dle grafické předlohy. Serafin (2004) v souvislosti s tímto vysvětluje využití hry se stavebnicí: *„hra se stavebnicí podporuje uvědomění si tvaru, velikosti, vztahu jednoho prvku k druhému. Přispívá k vytváření jednoduchých přírodovědných a matematických představ.“* Dále dodává, že *„pro svůj kognitivní rozvoj potřebuje dítě hračky, které rozvíjejí psychické funkce: vnímání, paměť, představivost, myšlení. Tento požadavek plní právě stavebnice. Z tohoto pohledu je hra se stavebnicí pro děti opravdovým zážitkem. Tím, že dítě pozoruje, vnímá, získává nové informace a poznatky, dostává podnět ke konstrukci modelu. Při všech těchto aktivitách je nuceno přemýšlet, využívat už dříve osvojené poznatky, představivost a hlavně – musí tvořit, přičemž se zároveň učí hodnotit.“*

Existuje však alternativa, jenž napomáhá osvojení těchto dovedností podobně, jako tomu je u manuální manipulace například s využitím různých druhů stavebnic, nebo u geometrických transformací v prostoru v rámci výuky geometrie.

V současnosti jsou totiž moderní technologie schopny vyobrazit útvary názorně takovým způsobem, že v uživateli budí představu třetího rozměru a zároveň mu umožňují s těmito útvary různě manipulovat (Dostál a kol., 2017).

Taková manipulace probíhá ve virtuálních edukačních prostředích, které autoři popisují jako „*elektronická prostředí, ve kterých se cíleně organizuje a řídí vzdělávání.*“ Tato prostředí jsou pro žáky dle výzkumů velmi atraktivní, jelikož reflektují jejich současné individuální potřeby a zájmy související s modernizačními procesy ve vzdělávání a mají rovněž v rámci vyučování svou motivační funkci. Tímto prostředím je myšleno speciální edukační softwarové rozhraní určené k simulaci a modelování. V souvislosti s výukou ve virtuálním prostředí je podstatnou funkcí právě možnost využití interaktivní virtuální manipulace, která simuluje manipulaci fyzickou, jejíž funkce je obvykle realizována prostřednictvím rukou. Virtuální manipulace je naopak zprostředkována prostřednictvím prstu na počítačové myši, prstu na obrazovce tabletu, nebo interaktivního pera. Autoři popisují vlastnosti a funkce virtuálních prostředí v rámci vyučování následovně: „*jejich základní vlastnosti, kterými jsou interaktivita a dynamika, umožňují zjednodušit transfer mezi zobrazováním prostorových modelů útvarů do roviny a naopak.*“ Každé virtuální prostředí (software) navíc k popisu zobrazovaných jevů a nástrojů využívá vlastní terminologii, což však může při přechodu z jednoho virtuálního prostředí do druhého pro žáky představovat problém. Informační technologie tedy umožňují simulovat reálný model ve virtuálním prostředí, což dává žákům a učitelům schopnost s tímto objektem manipulovat prostřednictvím jeho otáčení, nebo na něj nahlížet z různých preferovaných úhlů. Ačkoliv vizualizace modelu na obrazovce počítače, tabletu, nebo interaktivní tabule budí u uživatele dojem trojrozměrného prostoru, stále se jedná o dvourozměrné zobrazení. Tato skutečnost však může žákům napomoci v rozvoji schopnosti umožňující přenesení reálného fyzického modelu do rovinného zobrazení. Jedná se totiž o vizualizaci probíhající v rovině, která však v mysli evokuje trojrozměrný model, čímž je u žáků podporována prostorová představivost.

Jelikož jsme si již dostatečně popsali funkci technického zobrazování jak tradiční formou, tak i v rámci virtuálního prostředí a vysvětlili jeho spojitost s trojrozměrným modelováním, můžeme přejít k vymezení úlohy 3D modelování v kontextu technického vzdělávání, neboť je tato problematika velmi úzce spojená s technologiemi 3D tisku, které jsou společně s kreativitou hlavním tématem této diplomové práce.



Na základě výzkumů se můžeme domnívat, že jsme schopni prostřednictvím virtuálního, ale i manipulačního (haptického) modelování u žáků podpořit tvorbu konkrétních představ o nových pojmech a procesech ve vzdělávání, protože se při řešení úloh vyžadujících mentální reprezentaci jeví mozek aktivnější v oblastech, které se podílejí zejména na funkci zraku. Aktivní virtuální a manipulační modelování tak má v rámci edukace významnou úlohu, protože rozvíjí schopnost tvorby mentálních představ žáka (Kassin, 2004).

Autoři doplňují, že virtuální model zkonstruovaný na základě reálné předlohy a činnost, jenž vede jeho vytvoření dokáže upoutat žákovu pozornost na specifika daného objektu, protože je žák prostřednictvím virtuálního prostředí schopen vnímat model snadněji a zároveň detailněji. To potvrzuje i Kopáčová (2011), která v souvislosti s tímto uvádí, že je prostřednictvím výpočetní techniky (např. interaktivní tabule) žákům umožněno tvořit představy správným způsobem.

Výzkum zaměřený na rozvoj prostorové představivosti realizovaný Kunou, Kunovou a Kozíkem (2017) „*potvrdil pozitivní vliv využití 3D modelů ve výuce na rozvoj prostorové představivosti žáků. To znamená, že aplikace systému virtuální reality ve výuce technických a přírodovědných předmětů je vhodným prostředkem na podporu a rozvoj kreativních predispozic žáků*“. Kulič (1992) navíc doplňuje, že manuální práce na výrobcích ve výuce je v rámci rozvoje představivosti a prostorové představivosti méně efektivní v porovnání se systémy virtuální reality.

Jak uvádí Průša (2019), proces 3D tisku začíná tím, že si uživatel nejprve musí obstarat trojrozměrný model, který bude chtít vytisknout. Dále dodává, že je tento 3D model možné získat třemi hlavními způsoby:

- 1. Vymodelováním vlastního modelu**
- 2. 3D skenováním skutečného objektu**
- 3. Stažením již zhotoveného 3D modelu z internetu**

Z předchozích tvrzení můžeme usuzovat, že žák bude v procesu 3D tisku využívat do větší či menší míry právě dovednosti, které jsou rozvíjeny prostřednictvím výuky technického zobrazování, ať už tradiční metodou, nebo s využitím moderních technologií poskytujících virtuální prostředí pro edukační účely. Schopností, která je v souvislosti s kreativitou a 3D modelováním často zmiňována je prostorová představivost. Žák má potenciál tuto schopnost využít ve všech 3 způsobech vedoucích k získání 3D modelu, jenž autor uvedl ve spojitosti s procesem 3D tisku. Při výběru trojrozměrného modelu na internetovém tržišti žák tuto schopnost musí nevyhnutelně použít, protože je pro něj nezbytně nutné, aby si daný model

nejprve důkladně prohlédl z různých úhlů a na základě toho stanovil, zda model splňuje jeho požadavky či nikoliv. Můžeme se domnívat, že v rámci 3D skenování je schopnost prostorové orientace rovněž velmi důležitá, protože žák manipuluje s reálným objektem v prostoru takovým způsobem, aby správně získal prostřednictvím skeneru data do počítače. V rámci samotného 3D modelování je využití prostorové představivosti a orientace zřejmé, protože v průběhu této činnosti žák musí nahlížet na vytvářený model z různých úhlů a rovněž s ním manipulovat a transformovat jej prostřednictvím širokého spektra nástrojů.

Jelikož jsme již vysvětlili, proč 3D modelování sehrává v rámci 3D tisku svou významnou roli, následující podkapitulu věnujeme právě 3D tisku v kontextu výuky.

### **3.3 Využití 3D tisku ve výuce**

Vzhledem k současnému trendu propojování výuky s praxí se využití tiskáren pro edukační účely jeví jako velmi vhodný nástroj umožňující výuku zejména technických předmětů. Proces, jenž vede k vytvoření 3D modelů od návrhu až po samotný post-processing odpovídá praxi, jelikož můžeme obdobné postupy pozorovat například i v rámci využívání CNC strojů. Technologie 3D tisku jsou oborem, který je v dnešní době sám o sobě velmi perspektivní, neboť své využití nalézá v různých odvětvích, v rámci kterých jej mnoho firem využívá jako hlavní výrobní zařízení. Jelikož jsou v současnosti 3D tiskárny cenově dostupné i pro základní školy, dají se velmi jednoduše zakomponovat do výuky (Dostál a kol., 2017).

Předchozí tvrzení autorů však můžeme vznést i ve vztahu ke středním odborným školám a středním odborným učilištím, kde se 3D tisk začíná v rámci výuky rovněž využívat. Kreativitu a další s ní spojené schopnosti je totiž možno rozvíjet prostřednictvím nástrojů jako je 3D modelování / tisk na každé úrovni vzdělávání. Pokud tuto myšlenku vztáhneme například k schopnosti prostorové představivosti, která je jednou ze základních orientačních schopností člověka v prostoru a při manipulaci s objekty, zjistíme, že by bylo vhodné tuto dovednost rozvíjet prostřednictvím těchto nástrojů i v rámci všeobecného vzdělávání, např. na gymnáziích, a nejen ve spojitosti se středním odborným vzděláváním. Využití těchto technologií v rámci všeobecného vzdělávání však podrobněji rozebírat nebudeme, neboť se nejedná o cíl této práce.

#### **3.3.1 Implementace 3D tisku v RVP vybraných vzdělávacích oborů**

Pokud se zaměříme na rámcové vzdělávací programy středního odborného vzdělávání v kategorii soustavy oborů vzdělání L0 A M zakončenými maturitní zkouškou, můžeme spatřit možnost využití 3D modelování / tisku hned u několika vzdělávacích oborů. S jejich využitím se nejčastěji setkáváme ve spojitosti s Informatickými obory (18), konkrétně oborem

Informační technologie (18-20-M/01), ve skupině oborů Hornictví a hornická geologie, hutnictví a slévárenství (21) s obory Technik modelových zařízení (21-44-L/01) a Strojírenská metalurgie (21-44-M/01), dále pak ve skupině oborů Strojírenství a strojírenská výroba (23) například s oborem Strojírenství (23-41-M/01), v rámci Obecně odborné přípravy (78) s oborem Technické lyceum (78-42-M/01), ve skupině Umění a užité umění (82) s oborem Průmyslový design (82-41-M/04) a Multimediální tvorba (82-41-M/17) a ve skupině Stavebnictví, geodézie a kartografie (36) s oborem Stavebnictví (36-47-M/01).

U rámcových vzdělávacích programů středního odborného vzdělávání v kategorii soustavy oborů vzdělání H s výučním listem můžeme využití těchto technologií zase spatřit ve skupině Hornictví a hornická geologie, hutnictví a slévárenství (21) obor Modelář (21-53-H/01) a ve skupině Strojírenství a strojírenská výroba (23) například obor Obráběč kovů (23-56-H/01).<sup>1</sup>

Seznam oborů uvedený v souvislosti s využitím 3D tisku a modelování pro edukační účely rozhodně není konečný, neboť zde uvádíme především ty obory, u kterých můžeme zaznamenat větší pravděpodobnost toho, že se žáci s touto činností setkají.

RVP v rámci těchto oborů vytyčují tzv. průřezová témata, na základě kterých mohou školy uskutečňovat výuku a další aktivity. Jejich smyslem je výchovné a motivační působení na žáky ve výchovně vzdělávacím procesu i mimo něj. Průřezová témata se skládají celkem ze 4 okruhů, jenž se nazývají Občan v demokratické společnosti, Člověk a životní prostředí, Člověk a svět práce a Informační a komunikační technologie. Z analýzy průřezových témat obsažených v RVP Informační technologie (18 – 20 – M/01)<sup>2</sup>, která jsou v tomto směru shodná s průřezovými tématy obsaženými v ostatních RVP pro střední odborné vzdělávání se můžeme domnívat, že zde mohou existovat spojitosti mezi tvořivou výukou využívající technologií 3D tisku a jednotlivými průřezovými tématy obsaženými v RVP pro střední odborné vzdělávání. Pokud budeme chtít vztáhnout 3D modelování a 3D tisk do průřezových témat, jako první nás jistě napadne jejich spojitost s okruhem Informační a komunikační technologie.

Tyto technologie aktuálně zasahují do všech oborů lidské činnosti a v rámci dnešní společnosti je tedy v této souvislosti nezbytně nutné stanovit požadavky odpovídající všem stupňům a oborům vzdělání. Práce s prostředky informačních a komunikačních technologií si tak žádá v rámci odborného, ale i všeobecného vzdělání řádnou přípravu směřující k tomu, aby

---

<sup>1</sup> Informace k uvedeným oborům byly čerpány z oficiálního seznamu RVP odborného středního vzdělávání: <http://www.nuv.cz/t/rvp-os>

<sup>2</sup> Pro analýzu a rozbor průřezových témat v kontextu tvořivého vyučování využívajícího technologie 3D tisku byl použit RVP pro střední odborné vzdělávání – Informační technologie (18-20-M/01): <http://zpd.nuov.cz/RVP/ML/RVP%201820M01%20Informacni%20technologie.pdf>

žáci byli schopni s těmito prostředky pracovat efektivně jak během výuky, tak i při výkonu povolání, nebo činnostech týkajících se jejich osobního a občanského života.

S 3D modelováním / tiskem se v odborném, ale i všeobecném vzdělávání můžeme setkat právě díky prostředkům informačních a komunikačních technologií. U škol se tedy předpokládá, že budou k tomuto účelu dostatečně vybaveny odpovídající výpočetní technikou. Je tak velmi důležité, aby měly školy v rámci učeben k dispozici moderní, dostatečně výkonné hardwarové vybavení zapojené v rámci lokální sítě společně s rychlým přístupem k internetu. Aby bylo možné využívat hardwarové vybavení řádným způsobem, musí škola k těmto účelům rovněž vlastnit odpovídající softwarové vybavení tvořené balíkem kancelářského softwaru, širokou nabídkou výukových programů a také specializovaného softwaru odpovídajícího odborným vzdělávacím intencím dané školy a příslušné profesní oblasti (např. CAD systémy, účetní software aj.).

Na základě předchozího odstavce tedy můžeme stanovit základní požadavky na provoz 3D modelování / tisku ve výuce. Můžeme předpokládat, že v rámci hardwarového vybavení bude nezbytně nutné, aby škola disponovala dostatečným množstvím moderní a výkonné techniky, jejíž parametry budou odpovídat hardwarovým požadavkům daného softwaru určeného k účelům 3D modelování a 3D tisku. Jelikož významná část práce směřující k vytisknutí 3D modelu probíhá na počítači ve virtuálním prostředí softwaru, je nezbytně nutné, aby učebna měla dostatečné množství vybavených pracovních míst odpovídajících požadavkům žáků. Nezbytným předpokladem je, aby škola vlastnila licenci pro software určený pro rýsování a trojrozměrné modelování (AutoCAD, 3Ds Max, Google SketchUp, Inventor aj.). Dále by učebna měla být v souvislosti s výukou 3D modelování / tisku vybavená i pracovním místem pro učitele a data projektoru, nebo interaktivní tabulí. Význam data projektoru ve spojitosti s výukou 3D modelování / tisku můžeme spatřit především v tom, že dává učiteli možnost předávat žákům učivo prostřednictvím instruktáže. Učitel je tak schopen žákům umožnit v reálném čase pozorování správného postupu prostřednictvím vlastní práce na počítači a žáci tento postup mohou souběžně s tím následovat na svém pracovním místě.

Samotný 3D tisk by nebylo možné realizovat bez existence 3D tiskárny. Využití 3D tiskáren je však na školách poměrně komplikované a přináší s sebou řadu problémů. Hlavním problémem je nedostatečné množství 3D tiskáren na školách. Samotná tiskárna totiž není schopna vytisknout v rámci krátkého časového horizontu během vyučování ve třídě všechny vytvořené modely. Tisk totiž bývá časově velmi náročný a odvíjí se mimo jiné i od velikosti a kvality provedení tištěného modelu. Druh, kvalita provedení a výkon samotné tiskárny má na tuto skutečnost rovněž velký vliv. I v případě menších modelů tak může tisk trvat řádově

i několik desítek minut. Z tohoto vyplývá, že by pro efektivní zařazení 3D tiskáren do výuky bylo potřebné navýšit jejich množství alespoň do takové míry, aby byl jejich poměr v porovnání s žáky poloviční. Další problém představuje skutečnost, že pokud by již škola disponovala dostatečným množstvím 3D tiskáren, vedlo by to při jejich současném spuštění k takovému hluku, jenž by mohl narušovat vzdělávací proces žáků. Tiskárny mnohdy vyžadují údržbu a kalibraci jak před začátkem, tak i během tisku, což však představuje další nároky na samotné učitele i případného správce tiskáren. Proces trojrozměrného tisku je navíc nutné průběžně kontrolovat, neboť může dojít například k nechtěnému odtrhnutí modelu od podložky a pak je nezbytné tisk přerušit. V rámci běžného vyučování by tedy tiskárna mohla mít především motivační funkci. Ukázka tisku by tak mohla v souvislosti s 3D modelováním žáky motivovat například takovým způsobem, že by byly na závěr vyučovacího bloku vytisknuty pouze nejlepší práce. V rámci skupinové projektové výuky, kdy žáci vypracovávají vybrané téma by však bylo možné 3D tiskárnu efektivně zařadit například takovým způsobem, že by byly jednotlivé činnosti směřující k vytvoření a post-processingu 3D modelu mezi žáky rozděleny a průběžně střídány. Každý žák by si tak byl schopen na vlastní kůži vyzkoušet všechny činnosti v procesu 3D tisku. Realizovat výuku 3D modelování společně s 3D tiskem je možné i v rámci zájmových kroužků za předpokladu, že jejich kapacitu nepřekročí počet deseti žáků a učitel má k dispozici větší množství tiskáren. Za takových podmínek je totiž možné žáky zapojit i do správy samotných zařízení, čímž se zajistí rychlejší tisk modelů a žáci tak v tomto ohledu získají i mnoho cenných zkušeností (Dostál a kol., 2017).

V rámci tematického okruhu Člověk a svět práce může být úlohou 3D modelování / 3D tisku právě probuzení zájmu samotného žáka o seberealizaci v tomto odvětví. Pro žáky tak tato činnost může představovat v rámci primárního a sekundárního vzdělávání prvotní impuls, jenž v nich probudí zájem o seberealizaci v tomto druhu odvětví.

Tento okruh se totiž zabývá přípravou absolventa takového charakteru, jenž mu umožní se úspěšně uplatnit v životě i na trhu práce. Znalosti a dovednosti, které žák získá v rámci odborného vzdělávání jsou prostřednictvím tohoto průřezového tématu doplněny o soubory poznatků a dovedností významných pro jeho prosazení ve světě práce. Tyto poznatky a dovednosti by mu měly napomoci při rozhodování o jeho budoucím vzdělávacím a profesním zaměření, při vstupu na trh práce a při uplatňování pracovních práv.

Autoři uvádí ve spojitosti s výukou technického zobrazování v primárním vzdělávání zvýšené nároky na učitelovu práci vyžadující citlivý a vhodný přístup, neboť se žáci nachází na počátku vzdělávacího procesu, čímž získávají prostřednictvím formálního učení prvotní zkušenosti, které jsou mnohdy trvalé a nezvratné. Učitel by měl tedy svou výuku koncipovat

takovým způsobem, aby žáci jejím prostřednictvím získali dobrou zkušenost, protože to významným způsobem ovlivňuje jejich vztah nejen k technice, ale i k samotné školnímu prostředí a učení. Je tedy velmi důležité, aby bylo učivo předávané učitelem pro žáky zábavné, srozumitelné a aktuální, což od pedagoga vyžaduje respektování žakových schopností, zájmů a potřeb společně s reflexí vzdělávacího obsahu a metod (Dostál a kol., 2017). Toto tvrzení však lze vztáhnout na vzdělávání obecně, a to jak na primární, tak i sekundární úrovni vzdělávacího systému škol.

Výuka 3D modelování / tisku v rámci primárního vzdělávání na ZŠ může žáka podnítit ve výběru své budoucí vzdělávací orientace v rámci sekundárního vzdělávání. Žák pak může pokračovat ve studiu na základě výběru jednoho z rámcových vzdělávacích programů daných oborů. V rámci sekundárního vzdělávání žák může uvažovat nad vyšším odborným, nebo vysokoškolským studiem, kde si je schopen ještě více prohloubit dovednosti a vědomosti v rámci své budoucí profese, nebo může v rámci své specializace rovnou vstoupit na trh práce.

Proces 3D modelování a 3D tisku využívá prvky širokého spektra oborů a disciplín jako např. (výpočetní) techniky, ekonomiky, fyziky, ekologie, chemie, psychologie, estetiky aj., z čehož také plynou nároky na rozvoj žakových klíčových a odborných kompetencí. Tyto kompetence mají vztah k průřezovým tématům rámcových vzdělávacích programů a jsou s nimi zároveň do jisté míry provázané. Dále se však o nich v souvislosti s 3D tiskem zmíníme později.

Realizaci procesu 3D modelování / tisku by nebylo možné uskutečnit bez příslušné výpočetní techniky (počítač, monitor, myš, klávesnice, 3D tiskárna aj.), stejně tak bez tiskového materiálu, u kterého musí uživatel zvážit jeho účel, fyzikální vlastnosti, komptabilitu s tiskárnou, cenu, a dokonce i vliv na životní prostředí. Můžeme se domnívat, že by tak žák měl být v rámci průřezových témat Člověk a svět práce a Člověk a životní prostředí veden k vnímání problematiky ochrany životního prostředí, což by mělo směřovat k tomu, že bude mít široký přehled o tom, jaký vliv má jeho činnost a materiál využívaný ve spojitosti s 3D tiskem na životní prostředí. Žák by tak měl vědět, jaké jsou například možnosti recyklace a skladování takového materiálu. Měl by umět bezpečně pracovat s materiálem, který může být za určitých podmínek zdraví škodlivý a zároveň by měl být veden k tomu, aby materiálem neplýtvал, což však do jisté míry vychází ze samotné podstaty aditivní výroby, neboť produkuje velmi nízké množství zbytkového materiálu viz kapitola 1.3. princip technologií 3D tisku.

Přínos 3D tisku / modelování ve spojitosti s průřezovým tématem Občan v demokratické společnosti můžeme spatřit v tom, že prostřednictvím žakoví tvořivé činnosti

a řešení problémových úloh v rámci těchto aktivit dochází k rozvoji jeho osobnosti, sebevědomí a odpovědnosti. Žák se rovněž může v projektové výuce s tematikou 3D tisku naučit prostřednictvím interakce s ostatními žáky v rámci skupiny různým schopnostem jako je komunikace, kooperace, řešení konfliktů, empatie, morálka aj. Všechny tyto schopnosti spadají do tzv. klíčových kompetencí, jež jsou nezbytně nutné k odpovědnému a demokratickému občanství.

### 3.3.2 Rozvíjení klíčových kompetencí žáků s využitím 3D tisku

Klíčové kompetence můžeme označit za souhrn vzdělávacích požadavků skládající se z vědomostí, dovedností, postojů a hodnot podstatných pro osobní rozvoj jedince a jeho společenské a profesní uplatnění. Tyto kompetence je možné rozvíjet v rámci všeobecného i odborného vzdělávání, neboť se netýkají konkrétního vyučovacího předmětu, ale jsou univerzálně použitelné v různých situacích a činnostech. Do klíčových kompetencí řadíme: kompetence k učení, kompetence k řešení problémů, komunikativní kompetence, personální a sociální kompetence, občanské kompetence a kulturní povědomí, kompetence k pracovnímu uplatnění a podnikatelským aktivitám, matematické kompetence a kompetence využívat prostředky informačních a komunikačních technologií a pracovat s informacemi.<sup>3</sup>

Kompetence k učení mohou být rozvíjeny na základě toho, že se žák aktivně účastní procesu 3D tisku v rámci vyučování, čímž získává v souvislosti s touto činností nové vědomosti a dovednosti, a osvojuje si tak svůj osobitý styl učení. Jak již bylo řečeno, výuka by zároveň měla být koncipována tak, aby v žákovi podněcovala pozitivní vztah k učení. Žák musí v rámci procesu 3D tisku dodržovat určitý postup vyznačující se jistými kroky, v rámci kterých uplatňuje různé techniky učení a využívá různých informačních zdrojů. Pokud je žák během výuky správně podněcován, učí se aplikovat do těchto činností i kreativní postupy, čímž rozvíjí svou tvůrčí schopnost vznikající na základě jedinečnosti jeho osobnosti.

Význam 3D tisku pro rozvoj kompetencí k řešení problémů můžeme spatřit v tom, že si žák na základě problémových situací vznikajících v průběhu procesu, jenž směřuje k vytisknutí 3D modelu osvojuje soubor schopností, které mu tyto situace umožní v budoucnu efektivně řešit. Žák tak musí být schopen porozumět zadání úkolu, stanovit podstatu problému, nalézt informace nezbytné k jeho řešení a s využitím různých metod myšlení, myšlenkových operací a prostředků navrhnout způsob, jakým bude daný problém řešit. V průběhu procesu vedoucího

---

<sup>3</sup> Klíčové kompetence byly ve spojitosti s tvořivou výukou 3D tisku rozebrány na základě RVP pro střední odborné vzdělávání – *Informační technologie (18-20-M/01)*:  
<http://zpd.nuov.cz/RVP/ML/RVP%201820M01%20Informacni%20technologie.pdf>

k vytisknutí 3D modelu dochází k mnoha problémovým situacím, které musí během výuky žák, ale i učitel řešit. Na základě procesu zahrnujícího velké množství činností (výběr a způsob získání tištěného modelu, výběr a nastavení tiskárny, volbu vhodného tiskového materiálu, volbu modelovacího a slicovacího softwaru a práci s tímto softwarem) vzniká řada problémových situací, které se žák učí sami, ale i s pomocí učitele řešit. Žák může během těchto situací uplatnit i tvůrčí způsob myšlení, neboť existují i situace, které ke svému vyřešení vyžadují určitou míru kreativity.

Komunikativní kompetence mohou být během výuky 3D modelování / 3D tisku u žáka rozvíjeny na základě toho, že komunikuje s učitelem, nebo žáky v rámci diskuze, která může vést k řešení problémové úlohy. V procesu 3D tisku mohou kdykoliv nastat situace, při kterých si žák nebude vědět rady a bude potřebovat poradit, nebo bude muset spolupracovat s ostatními žáky například v rámci skupinové práce, či projektové činnosti. Při takových situacích se dá předpokládat, že žák rozvíjí své komunikační dovednosti, neboť musí aktivně a souvisle vyjadřovat své myšlenky, ale i svůj názor a postoje. Můžeme se rovněž domnívat, že žáci prostřednictvím výuky získávají i znalosti cizích jazyků, protože využívají v průběhu procesu 3D tisku softwarové rozhraní, které nutně nemusí být přeloženo do jejich mateřského jazyka, nebo vyhledávají v rámci této aktivity prostřednictvím internetu na zahraničních webech potřebné informace. Kreativita může být v tomto případě rozvíjena například prostřednictvím různých kreativních technik v rámci skupiny např. diskuzí, nebo brainstormingem mezi žáky a učitelem nad tím, jak budou během procesu 3D tisku postupovat, jaký námět bude jejich práce mít, jakým způsobem získají 3D model k vytištění, z jakého materiálu bude model vyroben, nebo jaký software použijí k rýsování, modelování či slicování.

Jelikož se díky účasti v procesu 3D tisku žák učí mnoha novým dovednostem a vědomostem, má to na jeho osobnost formativní vliv. Personální a sociální kompetence v sobě zahrnují schopnost pracovat v týmu, přijímat a odpovědně plnit svěřené úkoly, udržovat zdravé mezilidské vztahy, předcházet osobním konfliktům, přijímat a respektovat názory a kritiku ostatních. Žák si stanovuje priority na základě svých osobních schopností, životních podmínek, zájmů a profesní orientace, ověřuje si osvojené poznatky, kriticky přemýšlí nad názory a postoji jiných lidí a pečuje o svůj celkový rozvoj. Vzorem situace rozvíjející právě tyto kompetence může být projektová výuka se zaměřením na 3D tisk, kdy se žák nachází ve společné interakci s ostatními vrstevníky a učitelem, a je tak nucen zaměřit se i na sociální aspekty, které práce v týmu obnáší. Žáci totiž mohou mít v rámci skupiny rozdělené různé role a úkoly, které musí svědomitě plnit (první modeluje, druhý pracuje se slicovacím softwarem, třetí obsluhuje tiskárnu, čtvrtý opracovává vytištěný model, pátý zastupuje skupinu a dohlíží na průběh), musí



spolupracovat a vzájemně se respektovat, aby fungovali jako celek. Žák se tímto může učit rozvíjet tvořivou činnost i v rámci kolektivu, neboť do skupiny vnáší své nápady a náměty, což může vnímat i ze strany ostatních členů skupiny.

Jak již bylo řečeno, odvětví 3D tisku a modelování má v rámci mnoha odvětví široké uplatnění a může žákům potenciálně poskytnout cestu k budoucímu profesnímu uplatnění, protože postup, který vede k vytištění trojrozměrného objektu v edukačním prostředí se mnohdy velmi podobá reálnému pracovnímu procesu např. CNC strojů. Žák tak díky tomu, získává kompetence k pracovnímu uplatnění a podnikatelským aktivitám, což je soubor zkušeností, vědomostí, postojů a hodnot důležitých pro budování jeho profesní kariéry a uplatnění na trhu práce. Kreativita a originalita jsou schopnosti, které bývají v souvislosti s uplatněním na trhu velmi žádoucí. Proces 3D modelování a 3D tisku poskytuje široký prostor pro uplatnění a rozvíjení těchto schopností a vlastností.

Cílem odborného i obecného vzdělávání by mělo být vybavení žáků matematickými kompetencemi, které jsou využitelné v rámci různých životních situací. Žáci by mimo jiné měli mít v rámci těchto kompetencí schopnost číst a vytvářet různé formy grafických znázornění (tabulky, grafy, schémata, diagramy atd.) a využívat znalosti o základních tvarech předmětů a jejich vzájemné poloze v rovině i prostoru. 3D tisk / modelování je v tomto ohledu velmi vhodným nástrojem pro rozvoj zmíněných dovedností. Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, prostorová představivost, která je rovněž i jedním z podstatných determinantů kreativity v kontextu technické výchovy bývá rozvíjena právě prostřednictvím geometrického vzdělávání, a tak zde můžeme pozorovat jistou souvislost i s matematickými kompetencemi. Práce v modelovacím a rýsovacím softwaru tak nabízí ideální prostředí, jenž by tyto schopnosti mohlo u žáků podněcovat, protože se v rámci této činnosti manipuluje s geometrickými tvary ve virtuálním prostoru.

Kompetence směřující k využívání prostředků informačních a komunikačních technologií a pracování s informacemi jsou prostřednictvím 3D tisku rozvíjeny celým procesem vedoucím k vytištění modelu, neboť žáci po dobu výuky pracují s výpočetní technikou a specializovaným softwarem (s počítačem a jeho periferiemi, s 3D tiskárnou, softwarovým prostředím modelovacího, rýsovacího a slicovacího softwaru, internetový prohlížeč aj.) Pro žáky je velmi důležité, aby byly schopni vyhledávat prostřednictvím informačních a komunikačních technologií relevantní informace, protože se budou během své práce na 3D modelu setkávat s množstvím různých problémů, jejichž řešení bývá obvykle uváděno na uživatelských fórech, instruktážních videích, či manuálech. Žáci se tak učí využívat počítač i jako nástroj, jehož prostřednictvím efektivně hledají a získávají potřebné informace. Informační a komunikační

technologie společně s výpočetní technikou poskytují v souvislosti s 3D modelováním a 3D tiskem prostředí, v němž žáci mohou velmi dobře uplatnit a rozvíjet své tvůrčí schopnosti.

### 3.3.3 Rozvíjení odborných kompetencí žáků s využitím 3D tisku

Odborné kompetence jsou rozvíjeny ve vztahu k výkonu pracovních činností absolventa a jeho způsobilosti pro výkon povolání. Jedná se o soubor nezbytně nutných odborných dovedností, vědomostí, hodnot a postojů odvíjejících se od kvalifikačních požadavků na výkon konkrétního povolání. Na základě těchto kompetencí vzniká absolventský profil oboru vzdělání.<sup>4</sup>

V souvislosti s odbornými kompetencemi je nutné si uvědomit, že každá odborná škola rozvíjí u žáků potřebné kompetence v daném oboru. Vzhledem k široké diferenciaci odborných kompetencí lze vybrat ty, jenž jsou podstatné pro potřeby této práce.

Ve spojitosti s oborem Informační technologie (18-20-M/01) se jedná především o tyto odborné kompetence:

- Pracovat se základním programovým vybavením;
- pracovat s aplikačním programovým vybavením;
- navrhovat, sestavovat a udržovat HW;
- dbát na bezpečnost práce a ochranu zdraví při práci;
- usilovat o nejvyšší kvalitu své práce, výrobků nebo služeb.

Do odborných kompetencí rozvíjených prostřednictvím 3D tisku u oboru Technik modelových zařízení (21-44-L/01) můžeme řadit:

- Přípravovat výrobu slévárenských modelových zařízení;
- dbát na bezpečnost práce a ochranu zdraví při práci;
- usilovat o nejvyšší kvalitu své práce, výrobků nebo služeb;
- jednat ekonomicky a v souladu se strategií udržitelného rozvoje.

V souvislosti s oborem Strojírenská metalurgie (21-44-M/01) se jedná o tyto odborné kompetence:

- Vykonávat činnosti technické přípravy výroby v oblasti strojírenské metalurgie;
- dbát na bezpečnost práce a ochranu zdraví při práci;

---

<sup>4</sup>Odborné kompetence byly ve spojitosti s tvořivou výukou 3D tisku rozebrány na základě RVP pro střední odborné vzdělávání – Informační technologie (18-20-M/01): <http://zpd.nuov.cz/RVP/ML/RVP%201820M01%20Informacni%20technologie.pdf>

- usilovat o nejvyšší kvalitu své práce, výrobků nebo služeb;
- jednat ekonomicky a v souladu se strategií udržitelného rozvoje.

V rámci oboru Technické lyceum (78-42-M/01) se prostřednictvím 3D tisku rozvíjí následující odborné kompetence:

- Aplikovat matematické a přírodovědné postupy i prostorovou představivost při řešení; technických problémů, umět je zdůvodnit a obhájit zvolené řešení;
- vytvořit si správný názor a představu o technické proveditelnosti konkrétního záměru;
- efektivně pracovat s prostředky informačních a komunikačních technologií, ovládat algoritmicizaci úloh a základy programování ve vyšším programovacím jazyce, řešit jednodušší programátorské úlohy a tvořit a upravovat webové stránky;
- používat grafickou komunikaci jako dorozumívací prostředek technické praxe;
- dbát na bezpečnost práce a ochranu zdraví při práci;
- usilovat o nejvyšší kvalitu své práce, výrobků nebo služeb;
- jednat ekonomicky a v souladu se strategií udržitelného rozvoje.

V souvislosti s oborem Průmyslový design (82-41-M/04) se jedná o tyto odborné kompetence:

- Ovládat základy výtvarné užité tvorby;
- realizovat v požadované kvalitě finální návrh;
- dbát na bezpečnost práce a ochranu zdraví při práci;
- usilovat o nejvyšší kvalitu své práce, výrobků nebo služeb;
- jednat ekonomicky a v souladu se strategií udržitelného rozvoje.

Ve spojitosti s oborem Modelář (21–53–H/01) se jedná o tyto kompetence:

- Orientovat se v technologii slévárenské výroby;
- obsluhovat strojní zařízení;
- vyrábět, ošetřovat, udržovat a opravovat modelová zařízení a jejich části;
- dbát na bezpečnost práce a ochranu zdraví při práci;
- usilovat o nejvyšší kvalitu své práce, výrobků nebo služeb;
- jednat ekonomicky a v souladu se strategií udržitelného rozvoje.

Odborné kompetence rozvíjené v rámci oboru Obráběč kovů (23–56–H/01) jsou tyto:

- Používat technickou dokumentaci;
- obrábět materiály;

- dbát na bezpečnost práce a ochranu zdraví při práci;
- usilovat o nejvyšší kvalitu své práce, výrobků nebo služeb;
- jednat ekonomicky a v souladu se strategií udržitelného rozvoje;

Podkapitola dokumentuje význam možností začlenění technologií 3D tisku v souvislosti s orientací na rozvoj odborných kompetencí v různých oblastech odborného vzdělávání. Přestože jsou zde popsány pouze odborné kompetence ve vybraných vzdělávacích oborech, jejich výčet je již tak poměrně rozsáhlý a variabilní, že lze v tomto kontextu implementaci 3D technologií do vzdělávání považovat za univerzálně žádoucí a z profesního hlediska jako velice perspektivní.

### **3.3.4 Vliv procesu 3D tisku na tvůrčí myšlení žáka**

Jak již bylo řečeno, proces 3D tisku nabízí velké množství situací, které mohou svým charakterem podněcovat tvůrčí myšlení žáka a rozvoj jeho klíčových i odborných kompetencí. Průběh takového procesu byl již stručně popsán v první kapitole zaměřené výhradně na tuto technologii. Vliv této činnosti na tvůrčí schopnosti žáka lze však popsat pouze za předpokladu, že se procesu tvorby trojrozměrného modelu budeme věnovat detailněji a v kontextu výuky. V následujícím textu tedy uvedeme jednotlivé fáze procesu 3D tisku a jejich význam pro rozvoj tvůrčího myšlení žáka během vyučování.

Autor (Horvath, 2014) rozděluje proces trojrozměrného tisku do čtyř základních na sebe navazujících fází:

- 1. Zvolení námětu práce a získání modelu**
- 2. Volba tiskového materiálu**
- 3. Rozřezání modelu do jednotlivých tiskových vrstev prostřednictvím Sliceru**
- 4. Nastavení tiskárny a spuštění samotného tisku**

Průša (2019) tento proces popisuje obdobně jako předchozí autor na základě rozdělení do několika po sobě chronologicky uspořádaných kroků:

- 1. Získání modelu**
- 2. Volba tiskového materiálu**
- 3. Nastavení sliceru a slicování**
- 4. Příprava tiskové podložky**
- 5. Spuštění tisku**
- 6. Postprocessing**

Pro popsání působení 3D tisku na tvořivou činnost žáků se nám pro účely této práce zdá vhodnější rozdělení procesu dle autora Průši, jenž je členěno na jednotlivé kroky, které si podrobněji popíšeme níže.

Samotná činnost 3D tisku by v rámci výuky mohla začít tak, že učitel žákům zadá nějaký typ úlohy, jenž mají splnit.

Růžičková (2001) uvádí, že se ve spojitosti s rozvojem tvořivosti nejvíce osvědčili tzv. tvořivé úlohy, protože se ukázalo, že pokud pedagog zadává žákům v rámci výuky složitější úlohy vyžadující alternativní způsoby řešení, má to na rozvoj jejich kreativního myšlení zcela evidentní vliv. Tento typ úloh bývá pro žáky obvykle novou a neznámou zkušeností nesoucí v sobě prvky překvapivosti, nezřetelnosti a neurčitosti. Podmínky, za kterých je tento typ úloh řešen obvykle nebývají stanoveny nebo jen do určité míry, a proto ke svému řešení vyžadují víc než jen pouhé osvojení si poznatků. Často se tak v rámci jejich řešení můžeme setkat i s inovativními a netradičními postupy. Na žáky jsou pak v rámci úlohy kladeny nároky vyžadující jejich tvořivý přístup. Ten je realizován především na základě jejich aktivní poznávací činnosti (objevování, hledání, bádání a experimentování). Správně formulované zadání je rovněž velmi důležitou podmínkou pro realizaci takovéto úlohy.

Na základě předchozího odstavce se můžeme domnívat, že by ve výuce 3D tisku měla tvořivá úloha poskytovat určitou variabilitu svého řešení. Učitel například může v rámci zadání námětu práce uvést jen určitý tematický okruh (3D tisk filmové postavičky), ale jeho upřesnění už nechá na žácích (Hulk, R2D2, Wolverine atd.), nebo může výběr tématu zcela ponechat v jejich režii. Učitel rovněž může žákům poskytnout volnost v tom, jak budou postupovat celým procesem vedoucím k vytisknutí modelu (jakým způsobem získají model, jaký software v rámci tisku využijí, jaký druh materiálu pro tisk zvolí, jaké zvolí nastavení tiskárny, ...), nebo tuto svobodu omezí jen na některé činnosti. Jednotlivé dílčí činnosti procesu 3D tisku budou společně s možnostmi, jenž poskytují v rámci rozvoje kreativity uvedeny v následujícím textu.

## **1. Získání modelu**

Jak již zmínil Průša (2019), proces 3D tisku začíná tím, že si uživatel musí obstarat trojrozměrný model k vytisknutí. Toho lze dle autora docílit v zásadě třemi hlavními způsoby:

- 1. Stažením již zhotoveného 3D modelu z internetu**
- 2. Vymodelováním vlastního modelu**
- 3. 3D skenováním skutečného objektu**

První ze zmíněných možností je stažení již hotového 3D modelu z internetu. Jedná se o nejméně pracnou metodu vedoucí k získání 3D modelu pro účely trojrozměrného tisku. Na internetu jsou k dispozici velké množství databází a online tržišť, na kterých tvůrci z celého světa nabízí nespočet zhotovených trojrozměrných modelů, které jsou po stažení připraveny k tisku (Průša, 2019).

Autoři (Dostál a kol., 2017) doplňují, že některé databáze poskytují své modely zdarma a jiné naopak za nezbytný poplatek.

Průša (2019) ve své publikaci zmiňuje některé příklady těchto databází a rovněž uvádí informace o tom, zda jsou tyto trojrozměrné modely poskytovány zdarma, či za poplatek:

- **Thingiverse ([www.thingiverse.com](http://www.thingiverse.com))** – poskytuje modely zdarma
- **YouMagine ([www.youmagine.com](http://www.youmagine.com))** – poskytuje modely zdarma
- **PinShape ([www.pinshape.com](http://www.pinshape.com))** – poskytuje modely zdarma i za poplatek
- **PrusaPrinters ([www.prusaprinters.org](http://www.prusaprinters.org))** – poskytuje modely zdarma
- **Cults ([www.cults3d.com](http://www.cults3d.com))** – poskytuje modely zdarma i za poplatek
- **MyMiniFactory ([www.myminifactory.com](http://www.myminifactory.com))** – poskytuje modely zdarma i za poplatek

Autor doplňuje, že trojrozměrné modely z databází bývají obvykle uživatelem stahovány v podobě souboru s formátem .stl (STereoLithography) nebo .obj.

Soubory formátu STL neobsahují žádné textury, barvy, ani jiné prvky nabízené v rámci CAD systémů, protože slouží pouze za účelem zaznamenání informace o geometrii vytvořeného trojrozměrného objektu. Prostřednictvím tohoto formátu je tak vyobrazen pouze povrch 3D modelu bez výplně jeho vnitřního prostoru (Dostál a kol., 2017).

Ačkoliv se trojrozměrný model vyskytuje právě v tomto formátu souborů, tiskárna jej neumí sama o sobě zpracovat a následně vytisknout. K tomuto účelu však slouží program, jenž funguje jako vstup pro tento typ souborů. Tento typ programů se nazývá Slicer a jeho funkcí je převádět soubory formátu STL do formátu G-code. V praxi jsou slicery každým výrobcem pojmenovány různě. Výstupem tohoto procesu je pak soubor ve formátu G-code (Průša, 2019). Autoři (Dostál a kol., 2017) ve spojitosti s tím dodávají, že je tento software součástí většiny programů pro správu 3D tiskárny, neboť funguje jako tzv. překladač převádějící soubory formátu STL do strojově čitelného kódu tiskárny (G-code). Význam a funkci Sliceru si podrobněji nastíníme v rámci 3. kroku – Nastavení Sliceru a slicování.

Na základě předchozího textu se můžeme domnívat, že se tvůrčí činnost žáka může do jisté míry projevit již před samotným výběrem způsobu, jenž povede k získání 3D modelu pro

účely tisku. Volba námětu práce může v rámci tohoto procesu rovněž poskytovat prostor pro uplatnění tvůrčích schopností žáka.

Druhý způsob vedoucí k získání 3D modelu je realizován prostřednictvím vlastního návrhu s využitím specializované softwaru určeného pro modelování trojrozměrných objektů. Ze zmíněných třech způsobů, jenž vedou k získání 3D modelu můžeme pravděpodobně považovat modelování za činnost, jenž podněcuje kreativitu nejvyšší měrou, neboť se žák jejím prostřednictvím aktivně podílí na procesu tvoření.

Tento způsob se volí za předpokladu, že chce uživatel vytvořit zcela nový objekt, který dosud nebyl v databázích k dohledání (Horvath, 2014).

Ve spojitosti s předchozím tvrzením můžeme doplnit, že tento způsob může uživatel zvolit také na základě toho, že se chce vyhnout poplatku za pořízení modelu nebo si chce vytvořit objekt dle svých vlastních preferencí.

Trh nabízí širokou nabídku nástrojů pro 3D modelování od jednoduchých webových aplikací, až po profesionální nástroje, jenž k účelům modelování využívají zadávání parametrů v rámci zdrojového kódu. Tyto aplikace navíc umožňují uživateli exportovat vytvořený 3D model do souboru formátu STL (Průša, 2019).

Autor v návaznosti na tom zmiňuje jednotlivé aplikace s jejich stručným popisem:

- **Autodesk Fusion 360** – díky své bezplatné licenci pro nadšence a kutily se jedná o velmi populární software představující profesionální nástroj pro tvorbu složitějších modelů, a dokonce i sestav skládajících se z několika objektů zároveň. Možnosti využití tohoto softwaru jsou opravdu široké, neboť neposkytuje pouze práci v režimu počítačem podporovaného navrhování (CAD), ale i v režimu obrábění (CAM), a dokonce i v režimu analýzy pevnosti či vizualizace. Samotná činnost může v rámci tohoto programu probíhat v zásadě dvěma způsoby:
  1. **Parametrickým modelováním** – autor jej popisuje jako obvyklý postup navrhování konstrukčních modelů, kdy se s využitím primitivních tvarů (čára, čtverec, trojúhelník, obdélník apod.) nejdříve vytvoří 2D náčrt v rovině, který se následně vytáhne do prostoru, čímž dojde ke vzniku trojrozměrného tělesa.
  2. **Volnoplošným modelováním** – autor vysvětluje, že existují modely, jejichž realizace by byla s využitím klasického parametrického modelování nemožná, nebo jen velmi obtížná (modelování psa), a proto existuje metoda volného modelování, kterou si lze představit jako tvarování plastelíny, ale v rámci virtuálního prostředí. Tvary, z kterých se při volném modelování vychází se

nazývají primitiva a většinou se jedná o objemová tělesa (koule, válec, krychle, kvádr aj.), s kterými uživatel dále prostřednictvím různých nástrojů manipuluje.

- **Tinkercad** – jedná se o aplikaci, které je v rámci modelování vhodná pro začátečníky, neboť je její ovládání intuitivní. Uživatel aplikace rovněž může pracovat na svých modelovacích dovednostech sledováním různých návodů a instruktážních videí. Po registraci může uživatel využívat tento 3D modelovací nástroj zcela zdarma. Modelování v této aplikaci vychází především z trojrozměrných tvarů, s kterými uživatel může různě manipulovat – posouvat, otáčet, měnit jejich rozměr, aplikovat operace průniku či rozdílu aj. Aplikace dokonce umožňuje importování a editaci souborů s formátem STL.
- **Blender** – Tento software s open source licencí slouží jako nástroj, který k trojrozměrnému modelování objektů využívá polygony. Program je díky své komplexnosti určen především pro pokročilé uživatele, neboť nabízí obrovskou volnost v tvůrčím procesu a širokou paletu nástrojů vyžadující předešlé zkušenosti s programy tohoto typu. Program není určen pro technické účely, ale využívá přístup práce založený na volném sochání a modelování v prostoru. Program dále umožňuje aplikovat na modely různé textury a vytvářet s jejich využitím i animace. Blender tak své uplatnění nachází i u umělecky založených uživatelů.
- **OpenSCAD** – jedná se o open source projekt, jenž je volně dostupný ke stažení zdarma. K trojrozměrnému modelování aplikace využívá programování prostřednictvím zdrojového kódu. Uživatelské rozhraní je rozděleno na dvě části, z nichž jedna slouží k zadávání zdrojového kódu a druhá pro účely jeho vizualizace. Uživatel v rámci uživatelského rozhraní vytváří skriptování, které využívá primitivy (kvádr, krychle, koule, válec, jehlan aj.), základní booleovské operace (průnik, rozdíl, sjednocení aj.) a různé logické operátory, podmínky, cykly a mnoho dalších parametrů a funkcí. Díky své povaze je program určený pro uživatele preferující parametrické modelování jednodušších modelů.

Autor rovněž uvedené aplikace doplňuje výčtem dalších oblíbených modelovacích nástrojů, mezi které řadí FreeCAD, Autodesk Inventor, SketchUp, Microsoft 3D Builder, SolidWorks aj. V souvislosti s autorovým výčtem 3D modelovacích aplikací se nám naskytuje otázka na to, jaký z uvedených softwarů mohou žáci v procesu 3D tisku využít. Volnost ve výběru 3D modelovacího softwaru v souvislosti s procesem 3D tisku by mohla být pro rozvoj tvůrčích činností žáka velmi vhodná, neboť by to žákovi umožňovalo pracovat v uživatelském rozhraní, jenž mu bude sympatické. To, jaký modelovací software žák v rámci své tvůrčí



činnosti zvolí, se však může odvíjet na základě několika hledisek, které nám mohou v souvislosti s touto problematikou logicky vyvstat.

První hledisko může představovat skutečnost, kdy škola disponuje jen omezeným výběrem modelovacích nástrojů. To může být zapříčiněno absencí licence k softwaru, nebo nedostatečně výkonným hardwarovým vybavením. Učitel a žáci pak mají vlivem této skutečnosti jen omezené možnosti ve výběru softwaru pro svou tvůrčí činnost.

Druhé hledisko představuje fakt, v rámci něhož je žák nucen během výuky pracovat s takovým softwarovým vybavením, jenž je vyžadováno v návaznosti na jeho studijní zaměření. Výuka tedy probíhá na základě cílů daného studijního oboru (např. CAD systémy v rámci oboru Strojírenství).

Třetí hledisko představuje požadavek na práci v daném softwaru od učitele. Ten může vyžadovat, aby se žáci v rámci výuky učili pracovat s konkrétním softwarem. Učitel tedy nedá žákům možnost výběru softwaru, ačkoliv může škola poskytovat jejich větší výběr. Příkladem může být projektová výuka, při které učitel chce, aby byly modely maximálně kompatibilní, neboť se na závěr projektu spojí v jeden celek.

Čtvrté a poslední hledisko představuje skutečnost, kdy je žákovi poskytnuto v rámci procesu 3D tisku dostatek prostoru pro výběr modelovacího softwaru. Škola by tedy měla disponovat dostatečným výběrem 3D modelovacích nástrojů a rovněž i pedagogy, kteří jsou v tomto ohledu vyškoleni a ovládají tedy všechny tyto nástroje.

Poté, co je stanoven námět práce a žák si vybere (pokud je to však možné) konkrétní 3D modelovací software, je na čase, aby byl zahájen proces samotného tvoření trojrozměrného modelu. Způsob, jakým žák dojde k vytyčenému modelu se může lišit v mnoha ohledech. Cesta vedoucí k 3D modelu se může odvíjet v závislosti na odlišnosti jednotlivých 3D modelovacích softwarů zmíněných výše, neboť každý z nich poskytuje jiné uživatelské rozhraní a jiný způsob práce. Velká determinanta ovlivňující postup při 3D modelování může být i samotná osobnost žáka. K tomu, aby žák mohl v rámci trojrozměrného modelování využívat maximálním způsobem potenciál svých tvůrčích schopností, je nezbytně nutné, aby se naučil ovládat širokou paletu nástrojů, funkcí a postupů, jenž aplikace nabízí. Na základě široké nabídky těchto nástrojů, funkcí a postupů tak může každý žák s využitím své vlastní kreativity dojít k identickému výsledku, avšak s použitím úplně jiného pracovního postupu. Postup žáka při trojrozměrném modelování může tedy být do značné míry individuální.

Třetí způsob získání trojrozměrného modelu poskytuje 3D skenování. Průša (2019) vysvětluje, že je prostřednictvím 3D skenování uživatel schopen převést skutečný objekt do

virtuálního prostředí, čímž vytvoří v počítači jeho trojrozměrný model. Autor dodává, že ačkoliv jsou 3D skenery na trhu již relativně dlouhou dobu, vyznačují se špatnou dostupností a příliš vysokou cenou pohybující se mezi desítkami až stovkami tisíc korun. Platí zde rovněž pravidlo, že kvalita oskenovaného 3D modelu je obvykle přímo úměrná ceně samotného skeneru. Levnější alternativou 3D skenování je metoda Fotogrammetrie – princip založený na tom, že uživatel prostřednictvím fotoaparátu či mobilu vyvolá sérii fotografií objektu z různých úhlů, které následně s využitím specializovaného programu převede do podoby trojrozměrného modelu.

V souvislosti s tímto postupem se nám nabízí další dvě možnosti, jež by mohly v rámci tvůrčí činnosti žáků vést k získání trojrozměrného modelu pro účely 3D tisku. Opět zde můžeme tvrdit, že užití zmíněných postupů je závislé na uvedených hlediscích stejně jako u výběru 3D modelovacího softwaru (dostupnost softwaru, studijní obor, učitelovi požadavky, volnost ve výběru). Obecně můžeme tvrdit, že je tento způsob získání 3D modelu ve školní praxi nekonvenční, a může mít tak pro rozvoj kreativity žáků velmi pozitivní přínos.

## **2. Získání tiskového materiálu**

Jak již bylo zmíněno v 1. kapitole autorem Průšou (2019), pro účely 3D tisku se využívají různé typy technologií, z nichž každá funguje na jiném principu a používá materiál v různé podobě a různém skupenství viz kapitola 1.5 Technologie 3D tisku.

Současná odborná literatura doposud nenabízí ideální scénář vyučování 3D tisku, ale pokud se zamyslíme, mohl by vypadat tak, že by žákovi bylo pro účely trojrozměrného tisku umožněno vybrat si 3D tiskárnu s konkrétní technologií. To by však bylo obtížně realizovatelné, neboť je pořízení několika různých 3D tiskáren na bázi několika různých technologií finančně velmi nákladné a školy pro tyto účely nemají dostatečné finanční zdroje, což plyne i z článku (Kovalčík, 2015), který pojednává o tom, že 93 % ředitelů se cítí být ve své práci omezeni právě kvůli nedostatečným finančním prostředkům a rozpočtu školy.

Na druhou stranu existují v dnešní době dva typy technologií 3D tisku, jenž jsou dostupné i pro běžné uživatele. Jedná se o technologie FDM a SLA, jejichž cenová dostupnost je pro tyto uživatele velmi přívětivá a pohybuje se nejčastěji v rozmezí tisíců až desetitisíců korun (Průša, 2019).

Současná situace však není podrobněji zmapována, neboť se využití 3D tisku pro školní praxi dosud nachází ve svých počátcích, a proto není možnost výběru 3D tiskárny v rámci vyučování příliš proveditelná. Školy tak obvykle disponují množstvím tiskáren s jednou technologií.

Obecně nejvyžívanější a nedostupnější technologií však je FDM (fusion deposition modeling), která k tisku využívá tiskový materiál v podobě tiskové struny – filamentu (Průša, 2019). Princip, na kterém tato technologie funguje byl již popsán v kapitole 1.5.

Technologie 3D tisku FDM si tak díky své praktičnosti a finanční dostupnosti nejspíše brzy nalezne široké uplatnění i ve vyučování na základních a středních školách. Z tohoto důvodu se zaměříme především na volbu materiálu využívaného v rámci této technologie.

Pokud je řeč o filamentu, obvykle se uvádí, že se jedná o silné vlákno vyráběno z různých materiálů, přičemž nejčastěji je k tisku využíván plast, nylon, nebo elastomer. Tento materiál je pak obvykle namotán na cívku o hmotnosti v rozmezí od jednoho kilogramu do jedné libry v závislosti na druhu materiálu. Můžeme se setkat také s variantou, kdy je filament uložen v tiskovém zásobníku, který se označuje jako cartridge (Horvath, 2014). Autoři (Dostal a kol., 2017) dodávají, že průměr tiskové struny obvykle činí 1,75 mm nebo 3 mm.

Jak již bylo uvedeno v kapitole 1.6 v posledních letech se vlivem rostoucí dostupnosti 3D tiskáren na trhu objevují i nové materiály disponující širokou paletou specifických vlastností a různých barevných provedení. Materiál tedy není volen pouze na základě barvy, ale především díky svým fyzikálním vlastnostem, jenž musí odpovídat účelu finálního produktu. Aby se tedy uživatelé naučili vhodně volit materiály v závislosti na charakteru a účelu tištěného modelu, je pro ně velmi důležité seznámit se s jejich specifiky a jejich základním dělením. V souvislosti s tímto materiály členit na základě jejich vlastností a způsobu využití následovně (Průša, 2019):

- **PLA** – patrně se jedná o nejvyžívanější typ filamentu mezi uživateli, neboť poskytuje dobrý poměr mezi cenou a kvalitou. Jedná se totiž o jeden z nejlevnějších materiálů, který však umožňuje tvorbu malých a detailních objektů s relativně hezkým povrchem výtisku. Materiál je však vhodný i pro větší objekty, neboť se při tisku díky své malé teplotní roztažnosti nekrouťí, nepraská a nemá tendenci se odlepovat z podložky. Výhodou tohoto materiálu je jeho široká nabídka barevných variací a absence znatelného zápachu během tisku.
- **ASA / ABS** – největší výhodou těchto materiálů je, že jsou v porovnání s PLA pružnější a odolnější proti mechanickému poškození. Vrstvy z tohoto materiálu navíc mohou být v rámci posprocessingu vyhlazeny acetonem, s jehož využitím se dají rovněž lepit i jednotlivé části modelu. Nevýhodou materiálů ASA / ABS je jejich vyšší teplotní roztažnost, což způsobuje, že mají tendenci se krouťit a odlepovat od podložky. Čím větší je tištěný model, tím obtížnější je i samotný tisk z těchto druhů materiálu. Další

nevýhodou je, že během tisku z toho materiálu vzniká znatelný zápach. Materiály ASA a ABS jsou velmi podobné s tím rozdílem, že ASA je novější a v některých ohledech lepší verzí ABS. Rozdíl se týká především teplotní roztažnosti a UV stability materiálu.

- **PETG** – svou náročností na tisk se jedná o mezipól materiálů PLA a ASA/ABS. PETG však během tisku nezpůsobuje zápach jako tomu je u ASA/ABS a ve srovnání s PLA má lesklejší povrch, jenž má při nanášení tendenci stringovat.<sup>5</sup>
- **FLEX** – jedná se o specifickou kategorii materiálů, pro které je charakteristické, že jsou měkké a flexibilní. Při ohnutí nepraskají, ale ohýbají se, a proto svým chováním připomínají gumu. Tyto částečně ohebné materiály jsou vyráběny v několika stupních tvrdosti a čím menší je stupeň tvrdosti, tím obtížnější je i samotný tisk. Prostřednictvím tohoto těchto materiálů je možné tisknout například obaly pro mobilní telefony, nebo pneumatiky kol u modelů aut.
- **Kompozitní materiály** – jedná se o materiály, které jsou voleny především pro estetické účely, neboť svým vzhledem mohou připomínat např. dřevo, bronz, měď, karbon. Tyto materiály se obvykle skládají ze dvou složek – hlavní plastovou složkou a sekundárním materiálem ve formě prachu.
- **Podpurné materiály PVA, BVOH** – V případě, že 3D tiskárna umožňuje tisk dvou a více materiálů současně, je možné využít podpurného materiálu prostřednictvím kterého se dají tisknout podpěry fungující jako opora při konstrukci modelu. Tyto materiály jsou rozpustitelné ve vodě, a tak po nich nezůstává žádný odpadní materiál jako tomu může být např. u podpěr z materiálu PLA.
- **Nylon** – jedná se o houževnatý a pevný materiál vyznačující se vysokou přilnavostí mezi jednotlivými vrstvami. Díky své odolnosti může být tento materiál využit pro výrobu mechanických dílů. Negativní vlastností tohoto materiálu je, že snadno pohlcuje vlhkost, což má negativní vliv na tisk.
- **PP** – jedná se o pružný a tepelně odolný materiál, pro který jsou však charakteristické časté problémy s přilnavostí k tiskové podložce.

Při tisku je rovněž nezbytné přizpůsobit nastavení tiskárny specifickým jednotlivých typů filamentů. Může se stát, že stejný typ materiálu od různých výrobců disponuje jinými tiskovými vlastnostmi, a proto by se uživatel při nastavení tiskárny měl řídit především doporučením daného výrobce. Pokud je řeč o nastavení tiskárny, mluvíme zejména o správně nastavené teplotě nahřátí trysek a tiskové podložky. Při použití filamentů některých výrobců však může

---

<sup>5</sup> Tryska po sobě při tisku zanechává nechtěná tenká vlákna plastu (Průša, 2019). Dostupné z: <https://josefprusa.cz/jak-vyresit-nejcastejsi-problemy-pri-3d-tisku/>

nastat i například taková situace, kdy se různé barvy stejného typu materiálu chovají rozdílným způsobem. Aby uživatel zajistil co nejlepší možnou kvalitu tisku, je od něj vyžadováno, aby experimentoval s nastavením teplot, rychlostí tisku, průtoku materiálu, rychlostí ventilátoru, retrakce atd. (Průša, 2019).

V rámci vyučování by mohl mít i samotný výběr materiálu pro tisk důležitou roli v kontextu rozvoje a uplatnění tvořivosti žáků. Žák by totiž musel uvažovat o tom, zda je tisk možné realizovat s využitím daného materiálu a zda jsou vlastnosti tohoto materiálu v souladu s účelem výrobku. Pokud by chtěl žák tisknout například model pružiny, musel by vzhledem tomu zvolit i odpovídající materiál. Výběr odpovídajícího materiálu by tedy pro žáka mohl představovat určitou problémovou úlohu, jenž je v práci nezbytné vyřešit.

### **3. Nastavení Sliceru a slicování**

Jak již bylo řečeno, jednou z hlavních funkcí Sliceru je převést trojrozměrný model obsažený ve vstupním souboru formátu STL do výstupního formátu G-code. Účelem tohoto převodu je především rozřezání modelu do tenkých vrstev a vymezení dráhy pohybu extruderu v těchto vrstvách během tisku (Průša, 2019).

Pokud je řeč o nastavení velikosti vrstev, jedná se o jeden z nejdůležitějších parametrů, neboť velkou měrou ovlivňuje kvalitu samotného tisku. Velikost vrstev obvykle podléhá kvalitě tiskárny, neboť v mnoha případech platí, že čím vyšší je cena tiskárny, tím vyšší je i její smysl pro detail v rámci tisku. V cenové relaci do sta tisíc korun se v současnosti můžeme setkat se zařízeními, jež jsou schopny tisknout vrstvy o velikostech řádově desetin mm, ty dražší však umožňují nastavit hodnoty ještě o polovinu nižší (přibližně 0,05 mm). Jak již bylo řečeno, model obsažený v souboru s formátem STL je navíc zcela dutý, a proto se ve sliceru musí nastavit i tvar a hustota výplně. Tvar výplně může mít například podobu mřížky a hustota se obvykle nastavuje v procentech. U komplexnějších modelů se můžeme často setkat se situací, kdy je potřeba tisknout do prostoru bez podkladu, to však nelze realizovat bez nezbytných tiskových podpor. Tyto podpory je tedy rovněž velmi důležité prostřednictvím tohoto softwaru nastavit (Dostál a kol., 2017).

S využitím Sliceru můžeme 3D modely připravovat pro samotný tisk různými způsoby. Jednotlivé modely můžeme libovolně rozmísťovat po tiskové ploše a rovněž s nimi můžeme různě manipulovat (zvětšovat, zmenšovat, otáčet dle os, řezat, či rozdělovat na více objektů) (Průša, 2019).

Slicer navíc přidává do výstupního souboru mimo výše uvedené parametry i informace o samotném nastavení tiskárny. Toto nastavení zahrnuje např. rychlost tisku, rychlost pohybů

tiskové hlavy či podložky, teplotu trysek, teplotu vyhřívané podložky a intenzitu chlazení ventilátorů. To, jaká nastavení jsou zvolena, závisí zejména na druhu tiskového materiálu a na samotném modelu a jeho účelu (Dostál a kol., 2017).

Průša (2019) doplňuje, že tyto nastavení mají rovněž vliv na celkovou dobu tisku a také na pevnost a kvalitu tištěného modelu. Slicer a jeho správné nastavení je tedy stejně tak důležité, jako kvalita a mechanické zpracování samotné tiskárny.

Autor dále uvádí, že výstupem sliceru je soubor ve strojovém kódu G-code, který již odpovídá konkrétnímu typu tiskárny. Dále vysvětluje, že modely jsou poskytovány ve formátu STL z toho důvodu, aby si každý uživatel mohl prostřednictvím sliceru připravit model pro tisk na základě svých vlastních potřeb a na typu zvolené tiskárny a tiskového materiálu. Autor v souvislosti s tímto představuje stručný přehled parametrů a nastavení důležitých pro práci se Slicerem:

- **Teplota filamentu a podložky** – v rámci konkrétního filamentu by měla být nastavena s ohledem na nejvhodnější teplotní rozsah uvedený výrobcem, neboť jsou díky tomu ovlivněny vizuální vlastnosti tištěného modelu. Autor v souvislosti s tím uvádí, že se teplota trysek obvykle nastavuje v rozmezí od 200 °C do 240 °C a teplota podložky od 60 °C do 100 °C
- **Layer height (výška vrstvy)** – parametr významně ovlivňující dobu a kvalitu tisku. Čím je výška vrstvy vyšší, tím jsou jednotlivé vrstvy modelu více patrné, ale doba výtisku je kratší. Naopak čím je výška vrstvy nižší, tím je výtisk detailnější, ale zároveň se prodlužuje doba tisku. Nejčastěji nastavovaná výška je 0,15 mm.
- **Vertical shells / Perimetres (perimetry)** – slouží k nastavení počtu stěn modelu po jeho obvodu, což určuje šířku jeho výsledné stěny.
- **Horinzontal shells / Solid layers (plné vrstvy)** – nastavuje počet plných dolních a horních vrstev modelu
- **Infill (výplň)** – parametr ovlivňující pevnost tištěného modelu, spotřebu filamentu a dobu samotného tisku. Je možné zvolit vzor výplně a její hustotu, která se uvádí v procentech.
- **Supports (podpěry)** – umožňují tisknout ty části objektu, které by se jinak nacházely v prostoru bez opory podložky a místa, která s touto podložkou svírají úhel menší než cca 45°. Užití podpěr by se mělo volit pouze za předpokladu, že je to nezbytně nutné, neboť dochází k vyšší spotřebě materiálu, a navíc se prodlužuje i samotná doba tisku. Na závěr tisku jsou tyto podpěry odlomeny od hotového modelu.

- **Bridging (přemost'ování)** – tiskové vlákno je vedeno mezi dvěma body o stejné výšce. Mezi body vzniká most, který je rovnoběžný s tiskovou plochou.
- **Brim (límec)** – při tisku první vrstvy se kolem objektu vytvoří límec, který zvyšuje jeho přilnavost k tiskové podložce. Ačkoliv se brim vytištěného modelu dotýká, po vytištění je možné jej odlomit. V rámci tohoto nastavení lze stanovit i šířku límce.
- **Skirt (obrys)** – skirt se na rozdíl od brimu nedotýká objektu a je tisknut i v dalších vrstvách výtisku. Jeho význam spočívá ve vytvoření mikroklimatu kolem tištěného objektu, čímž je zabráněno proudění okolního chladného vzduchu, který by mohl způsobit prasknutí materiálu.
- **Cooling (chlazení)** – používá se v případě, že je tiskový čas vrstvy příliš malý na to, aby se mohla předchozí vrstva dostatečně ochladit a ztuhnout.
- **Raft** – nastavení určené k tomu, aby se zvýšila přilnavost tištěného modelu k podložce a zamezilo se kroucení materiálu. K tomuto účelu se využívají speciální podpěry, které se tisknou po celé kontaktní ploše modelu s podložkou. Model je tedy vyzdvižen o definovanou výšku těchto podpěr.

Autor dále vysvětluje, že trh nabízí relativně početné množství různých slicerů, z nichž každý má své přednosti, ale i nedostatky. Obvykle je možné pořídit většinu Slicerů zcela zdarma, nebo bývají dodávány společně se zařízením od solidních výrobců. Slicer od výrobců navíc disponuje nadefinovanými tiskovými profily, které odpovídají specifikům dané tiskárny. Pro začínající uživatele je tedy velmi vhodné, pokud používají slicer obsahující již hotové a funkční profily pro jejich tiskárnu. Teprve potom by měli uvažovat o práci s jinými typy slicerů. Mezi nejrozšířenější slicovací programy autor řadí:

- Prusa Slicer
- Simplify3D
- Cura

Jak již bylo řečeno, nastavení ve sliceru nabízí široké možnosti, které by mohly v rámci výuky představovat pro žáky příležitost k rozvíjení a uplatnění svých tvůrčí schopností. Mnohdy je totiž nezbytně nutné experimentovat s nastavením jednotlivých parametrů tak, abychom docílili kýženého výsledku. Nastavování sliceru tedy může rovněž představovat specifický typ problémové úlohy, neboť nabízí opravdu široké množství postupů, které by mohly potenciálně vést ke kýženému výsledku.

#### 4. Příprava tiskové podložky

Pro úspěšný tisk je nezbytně nutné, aby uživatel zajistil správně připravený povrch tiskové podložky. Uživatel tedy musí věnovat přípravě tiskové podložky pozornost, aby během tisku nedošlo k odlepení modelu, což by mělo za následek neúspěšný tisk. Podoba tiskové podložky prošla určitým vývojem, neboť se v počátku mohli uživatelé setkat nejdříve s nevyhřívanými podložkami, které však později nahradily podložky vyhřívané. Práce s tiskárnou v minulosti nebyla čistá, neboť se pro zvýšení přilnavosti materiálu k podložce využívaly různé látky a přípravky (lak na vlasy, lepidlo na papír, kaptonová páska aj.). Později se však u tiskáren začal používat nový povrch PEI, který je využíván i dnes a jeho výhoda spočívá v tom, že se před tiskem nemusí nějak zvlášť upravovat. Tento povrch je však v rámci údržby nutné odmašťovat. Jak již bylo řečeno autorem v předchozím textu, podložku je důležité zahřát na teplotu, která odpovídá doporučení výrobce daného typu filamentu. Tato teplota se obvykle pohybuje v rozmezí od 60 °C do 100 °C. Pokud to situace vyžaduje, uživatel navíc může s nastavením teploty tiskové podložky různě experimentovat, aby tak docílil té nejlepší možné kvality výtisku (Průša, 2019).

Příprava vyhřívané podložky by mohla pro žáky představovat možnost, jak experimentovat s různým nastavením teploty zahřívání. Žák tak musí vybrat teplotu, která odpovídá materiálu, z kterého bude trojrozměrný model tisknout.

Pokud by 3D tiskárna nedisponovala vyhřívanou podložkou, žákům by mohlo být umožněno volit látky a přípravky, které by byli v souladu s tiskovým materiálem.

#### 5. Spuštění tisku

Jakmile uživatel zahájí samotný proces tisku, vygenerovaný zdrojový kód se začne postupně odesílat do tiskárny. Tisk probíhá na základě instrukcí z G-kódu, které tiskárna průběžně čte a zpracovává. Je tedy nezbytně nutné, aby byly tyto instrukce do tiskárny odesílány po celou dobu tisku, protože by jinak mohlo dojít k jeho přerušení a celý tisk by tak byl nenávratně zmařen. Odesílání G-kódu do 3D tiskárny může být realizováno prostřednictvím počítače, který je k tomuto zařízení připojen stejně, jako tomu je u běžné tiskárny na papír. Počítač pak během tisku průběžně odesílá strojový kód s instrukcemi do tiskárny prostřednictvím specializovaného softwaru. Toto řešení je však velmi nespolehlivé a nepředvídatelné, protože může kdykoliv dojít k přerušení tisku vlivem vypnutí, zaseknutí, usnutí, či restartování počítače. Jako spolehlivější řešení se tedy jeví využití SD karty či podobných medií, protože tak tiskárna může přímo číst instrukce ze strojového kódu (Průša, 2019).



Jakmile uživatel úspěšně zahájí tisk, nijak zvlášť do procesu trojrozměrného tisku dále nezasahuje. To však neznamená, že by tisk neměl v jeho průběhu kontrolovat, neboť i zde může dojít k mnoha problémovým situacím. Velmi často může během tisku dojít například k deformaci či rozpadu 3D modelu, nebo k jeho odlepení od tiskové podložky. V takových situacích nezbyvá nic jiného než tisk přerušit a zjistit příčinu problému. Uživatel pak tuto situaci může řešit například změnou nastavení sliceru. Problém však může vzniknout i v rámci filamentu (špatný materiál, nedostatek filamentu pro tisk, špatné nastavení trysek a podložky s ohledem na typ filamentu aj.). Jelikož tisk obvykle trvá několik hodin je tedy vhodné, aby uživatel provedl před samotným tiskem pár malých testů, které ověří správnost nastavení tiskárny (Horvath, 2014).

Autor dodává, že pokud trojrozměrný tisk proběhne úspěšně, je následně zapotřebí vědět, jakým způsobem 3D model bezpečně odebrat z podložky. V případě, že je tisková podložka vyhřívaná, musí uživatel před odebráním výtisku počkat nezbytně dlouho dobu, než dojde k jejímu vychladnutí. V opačném případě by totiž mohlo dojít k deformaci některých částí modelu.

Pokud tisk probíhá úspěšně, žák v této fázi nemusí vyvíjet téměř žádnou aktivitu. Naopak pokud dojde během tisku k nějakému problému, žák je nucen na tuto situaci reagovat a nalézt její řešení. Na základě předchozího textu můžeme říct, že během tisku může dojít k mnoha různým problémovým situacím, které mohou ke svému úspěšnému vyřešení od žáka vyžadovat kreativní způsob práce.

## **6. Postprocessing**

Po úspěšném dokončení tisku může obvykle uživatel ihned začít využívat model k jeho účelu. Uživatel se však někdy může setkat se situací, kdy je nucen vytištěný model opracovat, aby tak docílil jeho lepšího vzhledu. Pokud budeme mluvit o postprocessingu, jedná se o soubor technik a dílčích činností v rámci modelu, jenž směřují k docílení jeho vizuálně uspokojivého povrchu. Uživatel tak může vytištěné plastové modely ručně brousit, malovat akrylovými barvami, laminovat, stříkat barvou ve spreji, kytovat karosářským tmelem, stříkat plničem a mnoho dalšího (Průša, 2019).

V rámci postprocessingu může uživatel po dokončení výtisku rovněž odlomit tiskové podpěry. Jak z předchozího textu vyplývá, fáze postprocessingu nabízí žákům během výuky široké množství technik a činností, jenž vyžadují a podněcují tvořivý přístup v práci. Z výčtu jednotlivých částí procesu 3D tisku vyplývá, že tato činnost nabízí v rámci vyučování na školách

široké množství aktivit a možností, s jejichž využitím lze zacílit na rozvoj a uplatnění kreativity u žáků.

### **3.4 Shrnutí kapitoly**

Teoretická část se v první kapitole snažila čtenáři blíže nastínit problematiku technologií 3D tisku. Druhá kapitola se věnuje tvořivosti a jejímu rozvoji, a to i v kontextu technického vzdělávání u žáků. Poslední kapitola předchozí kapitoly uvádí do souvislosti a snaží se tak popsat, jakým způsobem lze ovlivnit rozvoj kreativity v technické výchově prostřednictvím technologií 3D tisku. Kapitola rovněž podrobně popisuje celý postup procesu 3D tisku v kontextu vyučování, který je rozčleněn do několik stěžejních bodů. Uvedený postup pak může v rámci této diplomové práce do jisté míry posloužit jako teoretické východisko pro praktickou část, která bude představena níže.

# PRAKTICKÁ ČÁST

## 1 Vymezení výzkumného problému a cílů výzkumu

### 1.1 Výzkumný problém

Technologie 3D tisku jsou v současnosti velmi perspektivním oborem, který své využití nalézá v různých oborech a odvětvích. V posledních letech můžeme sledovat zařazení těchto technologií i do výuky na mnoha školách. Proces 3D tisku totiž žákům nabízí takovou podobu tvůrčí činnosti, která se do jisté míry podobá i praxi například u obsluhy CNC strojů. Tato skutečnost proto odpovídá současnému trendu propojování výuky s praxí a z tohoto důvodu se využití technologií 3D tisku pro edukační účely jeví jako velmi vhodný nástroj umožňující výuku zejména technických předmětů. Tvůrčí činnost v rámci technických předmětů klade na žáky specifické nároky, které vyžadují určitý způsob myšlení. Kreativní nebo tvůrčí myšlení je tedy významným faktorem v tvůrčí činnosti žáků a je důležité, aby bylo prostřednictvím výuky dále rozvíjeno. Prostřednictvím tohoto výzkumu se tedy pokusíme zjistit, zda je možné na základě analýzy retrospektivních formulací pracovního postupu žáků v rámci výuky využívající technologií 3D tisku identifikovat myšlenkové procesy spojené s tvořivostí.

### 1.2 Cíle výzkumu

Cílem tohoto výzkumu bude zjistit, zda je možné u žáků při analýze jejich retrospektivní formulace pracovního postupu identifikovat myšlenkové procesy spojené s tvořivostí.

Dalším cílem bude identifikovat na základě retrospektivní formulace jednotlivých fází pracovního postupu žáků odlišné tvůrčí myšlenkové procesy.

Posledním cílem bude identifikovat na základě retrospektivní formulace pracovního postupu žáků případnou shodu v myšlenkových procesech spojených s tvořivostí.

## 2 Metodologie výzkumu

### 2.1 Výzkumné předpoklady

V rámci výzkumu byly stanoveny následující předpoklady:

- **P1:** Po analýze retrospektivních formulací pracovního postupu žáků identifikujeme myšlenkové procesy spojené s tvořivostí.
- **P2:** Na základě analýzy a porovnání retrospektivních formulací pracovního postupu budeme u žáků schopni určit odlišné tvůrčí myšlenkové procesy.
- **P3:** Na základě analýzy retrospektivních formulací pracovního postupu žáků bude možné odhalit určité shody v myšlenkových procesech spojených s tvořivostí.

- **P4:** U všech výzkumných vzorků nebude možné v rámci retrospektivní formulace pracovního postupu identifikovat tvůrčí myšlenkové procesy.

## 2.2 Výzkumné metody

K realizaci výzkumu bylo nejprve nutné kontaktovat pedagoga odborného předmětu Konstrukční a technické cvičení (KTC) na Střední škole železniční, technické a služeb v Šumperku prostřednictvím zprávy na e-mail uvedený na webových stránkách školy (<http://www.sszts.cz/>). Díky této zprávě bylo možné domluvit si s daným pedagogem schůzku, na které byl požádán, zdali by bylo možné zrealizovat daný výzkum v rámci jeho předmětu. Poté, co pedagog svolil k uskutečnění tohoto výzkumu mu byly sděleny základní informace k ohledně požadavků a náležitostí, které by tento výzkum měl obsahovat a splňovat.

Realizace výzkumu měla být uskutečněna prostřednictvím analýzy retrospektivních formulací pracovního postupu 3D tisku jednotlivých žáků. Za tímto účelem se využívá výzkumné metody, kterou označujeme jako obsahovou analýzu, tu autor (Gavora, 2008) charakterizuje jako *“analýzu a hodnocení obsahu písemných produktů.”* Na webových stránkách ([www.antropologie.org](http://www.antropologie.org)) je uvedena definice, která však výstižně objasňuje, o jakou výzkumnou metodu se jedná: *„Obsahová analýza (content analysis) je metoda, kterou lze obecně definovat jako rozbor obsahu záznamu určité komunikace. Někdy je tato metoda úžeji vymezována jako analýza textu či souboru textů. V takovém případě se lze setkat též s označením textuální analýza. Hlavním účelem této metody, která vychází z tradic pozitivistické metodologie, je vyhledávání konkrétních slov a konceptů v analyzované komunikaci a stanovit četnost jejich výskytu, významu, vzájemného vztahu atp. Nejčastěji je tato metoda využívána při analýze mediálních sdělení.“* Obsahová analýza se tedy bude v případě tohoto výzkumu vztahovat k textu zaznamenaného žáky. V souvislosti s tímto je rovněž důležité říct, že metoda sběru a zpracování dat pouze principiálně vychází z obsahové analýzy, neboť ji bylo nezbytné přizpůsobit cílům výzkumu.

Práce měla původně spočívat v tom, že by žáci individuálně a průběžně zapisovali na pracovní list svůj pracovní postup napříč všemi fázemi procesu směřujícího k tisku trojrozměrného modelu. Tento proces měl zahrnovat všechny své fáze (zvolení námětu práce, získání modelu prostřednictvím 3D modelování, volba tiskového materiálu, nastavení sliceru a slicování, příprava tiskárny a tiskové podložky, spuštění tisku, postprocessing). Námět práce byl v rámci zadání stanoven pouze rámcově a zněl následovně – dopravní prostředek. Na žácích pak bylo specifikovat tento obecný pojem – tedy uvést konkrétní dopravní prostředek. Ze zadání práce by mělo rovněž jasně vyplývat, že se bude jednat o tvorbu či získání trojrozměrného modelu pro účely 3D tisku. Žáci by tedy měli zohlednit, zda lze 3D tisk realizovat v rámci

daného modelu. Jedná se o žáky, kteří měli již zkušenost s 3D tiskem viz kapitola 2.3. Závěrečnou analýzou a vzájemným porovnáním jednotlivých prací žáků pak mělo být docíleno identifikace myšlenkových procesů spojených s tvořivostí, z kterých by vyplivaly určitá zjištění, závěry a případná doporučení pro pedagogickou praxi.

Realizace výzkumu měla původně probíhat ve dvou fázích. Záměrem první fáze bylo ověřit, zda lze zvolenou výzkumnou metodou získat relevantní data pro účely výzkumu, na základě čehož by došlo k případné identifikaci nedostatků v zadání a organizaci společně s předběžným vyhodnocením výsledků, což by mohlo následně vést k revizi metodologického postupu výzkumu a jeho upřesnění. Druhá a zároveň finální fáze měla spočívat v realizaci již zrevidovaného výzkumu, kde byly již eliminovány případné nedostatky zjištěné v rámci první fáze. Prezentované výsledky z takto revidovaného výzkumu by pak mohly být pro účely této diplomové práce více věrohodné.

Před samotným započítím první fáze bylo nezbytně nutné, aby došlo k druhé osobní schůzce a uskutečnění rozhovoru s pedagogem daného předmětu za účelem předání požadavků a pokynů týkajících se výzkumu. Později se však ukázalo, že bohužel došlo ke špatnému porozumění předaných informací v rámci domluvy, což mělo za následek, že byla první fáze výzkumu započata dříve, než bylo původně stanoveno. Pedagog, s kterým jsem měl možnost spolupracovat byl do problematiky 3D tisku velice zapálený a přistupoval tak k výzkumu velmi aktivně. Později jsem však zjistil, že byla jeho aktivita vzhledem k výzkumu možná až příliš vysoká, neboť zahájil výzkumnou činnost o něco dříve, než bylo původně stanoveno. O této skutečnosti jsem byl tedy informován až v průběhu samotného výzkumného šetření, který byl započat během výuky daného předmětu. Žákům tak bylo sděleno zadání práce, které jen částečně splňovalo stanovené požadavky a náležitosti, jenž měly být v rámci výzkumu vymezeny a dodrženy. Výsledky, které vznikly na základě chybně formulovaného zadání sice obsahovaly retrospektivní formulace pracovního postupu jednotlivých žáků, avšak vztahovaly se pouze na fázi získání modelu, a to konkrétně prostřednictvím 3D modelování v CAD softwaru Inventor. Analýzu prací žáků tedy nebylo možné vztáhnout na celý proces 3D tisku, ale pouze jen na jeho část, a to konkrétně na zmíněnou fázi získání modelu prostřednictvím 3D modelování. Ačkoliv se přemíra aktivity dala brát u pedagoga jako pozitivní, výzkumu uškodila, a z toho důvodu jsme se po zjištění nedostatků vzniklých během první fáze domluvili na realizaci druhé fáze výzkumu, tentokrát však s konkrétnějším zadáním a jasně stanovenými podmínkami jeho realizace. Dalším důvod, jenž mohl zapříčinit vzniklé komplikace můžeme spatřovat v komunikačních nedostacích ohledně organizace, následkem čehož došlo k nesprávně pochopenému zadání a pokynů výzkumu. Revize výzkumu tak měla v tomto

ohledu proběhnout v březnu 2020. V první polovině měsíce mělo dojít k započetí druhé fáze výzkumu, která by zajistila korekci nedostatků vzniklých nevhodnou realizací první fáze. Tyto korekce proběhly mimo jiné i na základě zpětné vazby zadávajícího pedagoga a vztahovaly se především k zmíněné nedostatečné komunikaci, a ne zcela jasné formulaci zadání výzkumu společně s podmínkami jeho realizace.

Ačkoliv byla sice realizace plánované druhé fáze výzkumu s korekcemi zahájena, později došlo vlivem politických opatření v souvislosti s pandemií COVID-19 k jejímu přerušování, a proto bylo pro dokončení této diplomové práce nevyhnutelné využít výsledků vzniklých při první fázi výzkumu. Pro účely výzkumu by bylo vhodné, kdyby výzkumné šetření proběhlo dle zadání, protože by to umožnilo vytvořit celou řadu dalších situací, u kterých by se dalo předpokládat, že dojde k odhalení dalších myšlenkových procesů spojených s tvořivostí např. během postprocessingu. Přestože tedy výzkum neproběhl úplně dle předpokladů, retrospektivní formulace pracovního postupu žáků během fáze 3D modelování představují i napříč tomu vhodný vzorek pro účely identifikování kreativních myšlenkových procesů. Můžeme se rovněž domnívat, že ostatní fáze procesu 3D tisku nemusí být pro samotný rozvoj kreativity tak podstatné, jako je tomu právě u fáze tvorby trojrozměrného objektu prostřednictvím modelování ve specializovaném softwaru.

### **2.3 Popis výzkumného vzorku**

Tento výzkum se zabývá kreativním myšlením při práci s technologiemi 3D tisku u žáků 4. ročníku oboru Strojírenská a elektrotechnická zařízení (23-41-M/01) na Střední škole železniční, technické a služeb v Šumperku. Výzkum probíhal konkrétně v rámci odborného předmětu Konstrukční a technické cvičení. V tomto předmětu již žáci na základě několika vyučovacích jednotek absolvovali výuku úvodu do 3D tisku, a proto se byli schopni v této problematice orientovat na úrovni odpovídající požadavkům výzkumu. V souvislosti s výzkumným problémem si pro účely snadnějšího uvedení čtenáře do problematiky představíme stručnou charakteristiku školy, školního vzdělávacího programu daného studijního oboru a odborného předmětu v rámci kterého daný výzkum probíhal.

Střední škola železniční, technická a služeb, Šumperk je největším učňovským zařízením v regionu, které svými vzdělávacími aktivitami navazuje na dlouholeté tradice. Jedná se o dobře stavebně a koncepčně zrealizované ucelené fungující školské zařízení poskytující jak tříleté vzdělávání v oborech zakončených závěrečnou zkouškou s výučním listem, tak i čtyřleté obory zakončené maturitní zkouškou s maturitním vysvědčením. Škola rovněž nabízí možnost dvouletého denního nástavbového studia. Škola se snaží maximálně přiblížit potřebám trhu práce a svou rolí působit i ve sféře celoživotního vzdělávání pracujících.

Účastníci výzkumu byli žáci posledního ročníku studia oboru Strojírenská a elektrotechnická zařízení (23-41-M/01), ten byl však posléze odebrán z registru studijních oborů a v současnosti jej nahradil obor Strojírenství – obsluha CNC strojů (23-41-M/01). Obor poskytuje svým absolventům střední vzdělání s maturitní zkouškou technického charakteru. Žáci prostřednictvím studia získávají znalosti z oblasti konstrukce s využitím CAD systémů určených pro účely 2D kreslení a 3D modelování. Dále z oblasti výroby prostřednictvím programování CNC strojů a CAM systémů. Znalosti z těchto oblastí se žáci učí aplikovat ve vzájemné souvislosti.

Obsah ŠVP pro obor Strojírenství – Obsluha CNC strojů vychází z rámcového vzdělávacího programu Strojírenství (23-41-M/01). Struktura obsahu zahrnující jak všeobecné, tak odborné učivo je vyjádřena učebním plánem oboru. Koncepce oboru je realizována na základě potřeb strojírensky zaměřených podniků. Příprava žáka prostřednictvím všeobecných a odborných předmětů směřuje k tomu, aby se byl po absolvování studia schopen uplatnit v praxi, a to jako zaměstnanec nebo jako osoba samostatně výdělečně činná. Žák je prostřednictvím ŠVP rovněž veden k vnímání problematiky ochrany životního prostředí, a to i v kontextu průmyslové činnosti. V souvislosti s tímto je žák veden k dodržování zásad a technických pravidel dle platných norem. Příprava žáků rovněž směřuje k tomu, aby získal potřebné dovednosti pro práci s počítačovými aplikacemi a grafickými programy určenými k tvorbě technické dokumentace. Žáci jsou navíc podněcováni k pěstování návyku celoživotního vzdělávání a osobního růstu i po ukončení studia.

Výzkum probíhal u sedmi žáků 4. ročníku v rámci odborného předmětu Konstrukční a technické cvičení (KTC), kde tito žáci získávali znalosti v oblastech konstrukční práce a pevnostních výpočtů. Žáci v tomto předmětu rovněž vytvářeli technické trojrozměrné modely prostřednictvím 2D kreslení a 3D modelování s využitím CAD softwaru Inventor. Žáci během tvůrčí činnosti spojovali aktivitu modelování a rýsování v Inventoru s konstrukční prací, která zahrnovala aplikaci pevnostních výpočtů v rámci modelových situací. Samotnému modelování technické objektu ve specializovaném softwaru tak předcházela tzv. konstrukční část, ve které žáci v rámci daného technické objektu uskutečňovali konstrukční práci zahrnující aplikaci pevnostních výpočtů. Tyto výpočty však odpovídali rozměrům reálného objektu, nikoliv jeho zmenšené podobě, jenž byla následně vytvořena pro účely 3D tisku. Výzkum byl však zaměřen pouze na fáze týkající se konkrétně procesu 3D tisku, a tak v tomto směru nebyla konstrukční fáze jakkoliv brána v potaz.

Tisk trojrozměrných modelů měl být v rámci předmětu uskutečňován na školní 3D tiskárně Flashforge Dreamer Desktop 3D Printer. Součástí této tiskárny byl i kompatibilní

slicovací software, který se nazýval Flashprint. Samotné kreslení a modelování objektu pro účely 3D tisku bylo v rámci předmětu realizováno prostřednictvím CAD softwaru Autodesk Inventor.

## 2.4 Zpracování dat

Výzkumná data byla od účastníků získána ve formě vyplněného pracovní listu, jenž obsahoval retrospektivní formulaci pracovního postupu v jednotlivých krocích. Informace o tom, kolik kroků by měl pracovní postup obsahovat, nebyla v rámci zadání uvedena, a tak bylo na účastnících, do kolika kroků svůj pracovní postup zahrnou. Získaná data ve formě pracovního listu byly kvůli lepší přehlednosti digitalizována do tabulek Excelu, což následně zjednodušilo jejich analýzu a vzájemné porovnání. Zpracování dat pro jejich vyhodnocení bylo rozděleno do dílčích výzkumných úkolů.

### Výzkumný úkol č. 1

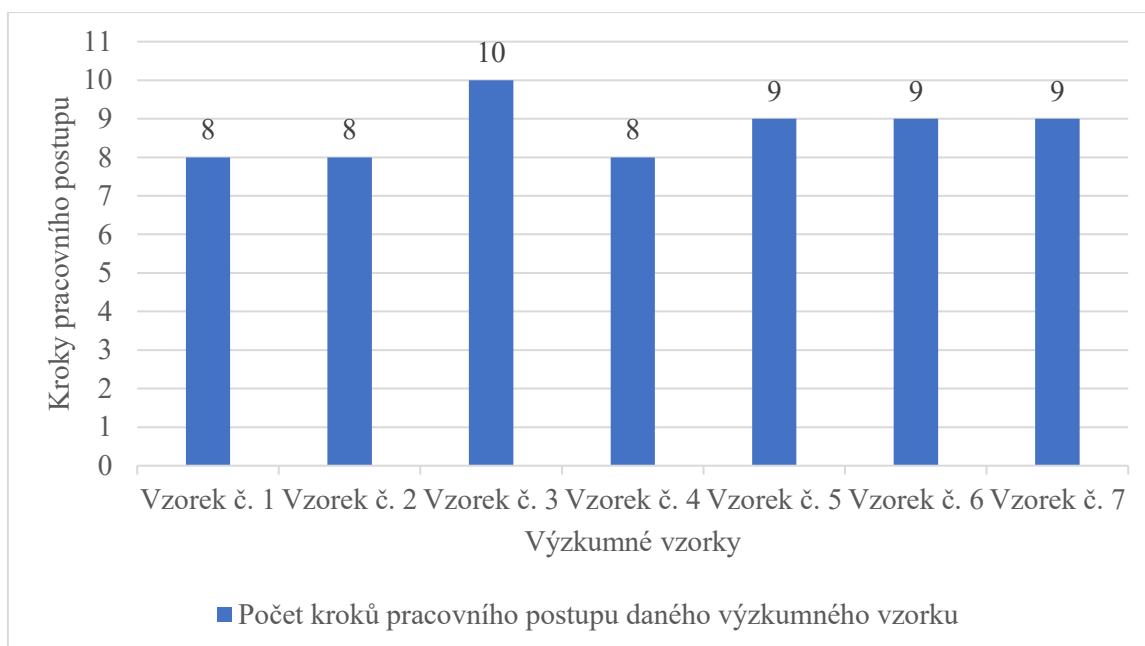
V návaznosti na to by tedy bylo prostřednictvím výzkumného úkolu č.1 vhodné uvést, kolika kroky disponovaly retrospektivní formulace pracovního postupu napříč jednotlivými výzkumnými vzorky a zdali jsou tyto kroky v něčem specifické:

#### Zjištění 1.1.

- **Vzorek č. 1** – retrospektivní formulace pracovního postupu se skládala z 8 kroků
- **Vzorek č. 2** – retrospektivní formulace pracovního postupu se skládala z 8 kroků
- **Vzorek č. 3** – retrospektivní formulace pracovního postupu se skládala z 10 kroků
- **Vzorek č. 4** - retrospektivní formulace pracovního postupu se skládala 8 kroků
- **Vzorek č. 5** - retrospektivní formulace pracovního postupu se skládala 9 kroků
- **Vzorek č. 6** - retrospektivní formulace pracovního postupu se skládala 9 kroků
- **Vzorek č. 7** - retrospektivní formulace pracovního postupu se skládala 9 kroků

Přehledné porovnání množství kroků napříč pracovními postupy zahrnutých v rámci retrospektivních formulací žáků je uvedeno i na grafu č. 1 níže:





*Graf č. 1 – Porovnání množství kroků pracovního postupu mezi výzkumnými vzorky*

### **Zjištění 1.2.**

Na základě analýzy všech výzkumných vzorků obsahujících retrospektivní formulace žáků lze rovněž předpokládat, že uvedené kroky pracovního postupu jsou řazeny chronologicky a mají sebe jistou návaznost.

### **Závěr výzkumného úkolu č. 1**

Z analýzy a porovnání všech výzkumných vzorků vyplívá, že žáci pro zaznamenávání retrospektivních formulací svého pracovní postup volili přibližně stejné množství kroků, které byly v chronologickém sledu. Průměrný zjištěný počet pracovních kroků v rámci pracovní postupu byl 8,7. Na základě tohoto vzniklého výsledku se můžeme domnívat, že se průměrný počet kroků v rámci pracovního postupu může být tvořen 8-9 kroky.

### **Výzkumný úkol 2:**

Na základě analýzy a porovnání jednotlivých vzorků výzkumu jsme chtěli zjistit, zda pracovní činnosti předcházela nějaká přípravná fáze, která by mohla vykazovat vědomé myšlenkové procesy spojené s tvořivostí. V souvislosti s tímto posléze došlo ke zjištění následujících informací:

### **Zjištění 2.1.**

Ačkoliv bylo po každém žákovi pedagogem požadováno specifikovat obecně vymezený námět (dopravní prostředek), pouze u jednoho (vzorek č. 1) z celkových 7 výzkumných vzorků jsou mezi prvními body retrospektivní formulace pracovního postupu vědomě uvedeny vědomé

mentální procesy spojené s představivostí a kreativitou. Z uvedených informací tohoto vzorku vyplývá, že žák nejprve přemýšlel nad námětem své práce a poté, co řešení námětu našel, si začal ve spojitosti s tím představovat výslednou podobu trojrozměrného modelu. Až na základě této představy žák určil pracovní postup s CAD softwarem, který se skládal z jednotlivých kroků.

### **Zjištění 2.2.**

Ačkoliv retrospektivní formulace pracovního postupu dalšího výzkumného vzorku (vzorek č. 2) sice vykazovala myšlenkové procesy spojené s hledáním námětu, nebyla zde přítomna jakákoliv zmínka o vědomé aktivitě, která by vedla ke zrodu představy o výsledné podobě modelovaného objektu, na základě které by žák později určil pracovní postup s modelovacím softwarem. Z retrospektivní formulace pracovního postupu tohoto výzkumného vzorku však vyplývá, že modelování výsledného objektu pravděpodobně probíhalo na základě kontinuálního sledování obrázkové předlohy stažené z internetu. Dá se tedy předpokládat, že vzhled objektu, který by odpovídal zvolenému námětu nevznikl na základě žákovi představy, nýbrž byl s největší pravděpodobností determinován obrázkovou předlohou.

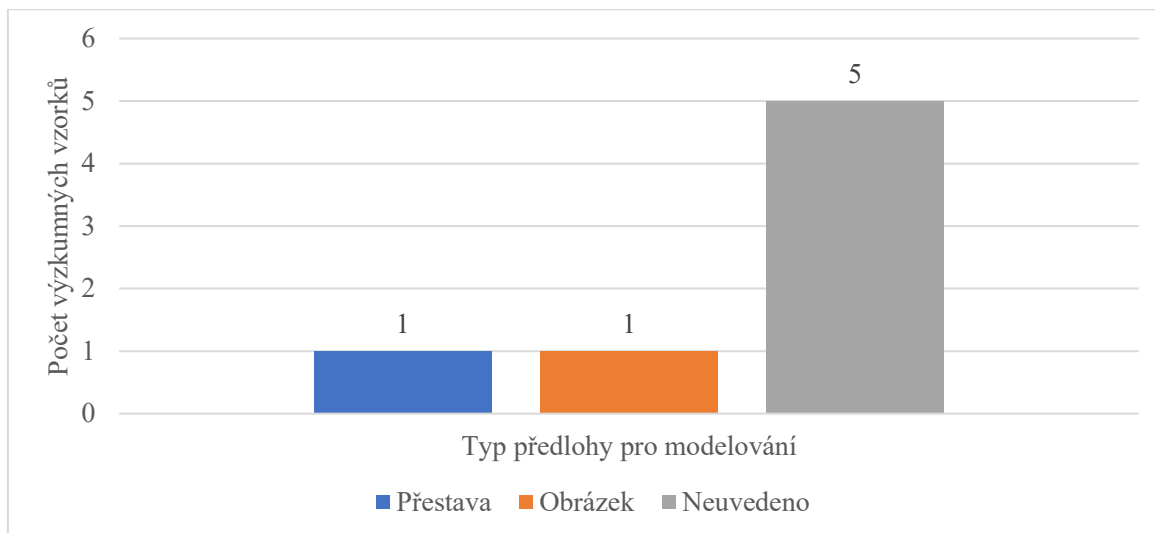
### **Zjištění 2.3.**

Na základě analýzy retrospektivních formulací pracovního postupu ostatních vzorků (vzorek č. 3, 4, 5, 6, 7) se dá předpokládat, že zde ihned po zvolení námětu práce následovalo zahájení pracovní činnosti bez jakékoliv přípravné fáze, která by mohla zahrnovat uvědomělou aktivitu jako např. vytvoření představy o podobě finálního objektu díky představivosti žáka, nebo alespoň volbu obrázkové předlohy, která by vzhled tohoto 3D objektu determinovala. Tyto zbývající vzorky by se tedy mohli pro účely výzkumu zahrnout do jedné specifické skupiny.

### **Závěr výzkumného úkolu č. 2**

Pro stanovení závěru tohoto výzkumného úkolu uvádím přehledný graf č. 2, prostřednictvím kterého objasním vztah mezi jednotlivými zjištěními. Na základě tohoto grafu se můžeme domnívat, že jeden z výzkumných vzorků (vzorek č.1) při pracovním postupu, jenž směřuje k vytvoření trojrozměrného modelu vědomě využívá jako předlohu pro modelování svou vlastní představivost. Při analýze retrospektivní formulace pracovního postupu vzorku č. 2 vyplývá, že můžeme jako předlohu, kterou žák pro modelování 3D objektu využil, považovat obrázek. Ostatní výzkumné vzorky (vzorek č. 3, 4, 5, 6, 7) můžeme zařadit do specifické skupiny, neboť není z retrospektivní formulace pracovního postupu možné jednoznačně identifikovat, zda byla jakýkoliv druh předlohy v rámci přípravné fáze vědomě použit či nikoliv. Pokud však u žáků došlo v přípravné fázi k využití předlohy / představy, tuto

skutečnost nepovažují za významné uvádět do pracovního postupu. Tito žáci nereflktují v souvislosti s přípravnou fází žádné myšlenkové procesy spojené s tvořivostí a z toho důvodu by bylo vhodné, kdyby vyučující zařadili podpurné aktivity na rozvoj tvořivého myšlení v souvislosti s provázáním na pracovní postup.



Graf č. 2 – Porovnání použité předlohy pro účely modelování mezi jednotlivými vzorky

### Výzkumný úkol 3:

Na základě analýzy a vzájemného porovnání výzkumných vzorků jsme chtěli zjistit, zda lze v retrospektivních formulacích pracovního postupu jednotlivých žáků identifikovat specifické fáze, pro které je charakteristická nějaký typ činnosti a zdali se některé tyto fáze společně napříč vybranými vzorky shodují či nikoliv. V souvislosti s tímto došlo ke zjištění následujících informací:

#### Zjištění 3.1.

Po analýze retrospektivní formulace pracovního postupu u vzorku č. 1 lze předpokládat, že jsou zde uvedeny konkrétní pracovní úkony, jenž se paralelně prolínají se záměrným užitím myšlenkových procesů charakteristických kreativitou a užitím heuristického přístupu. Z uvedených formulací pracovního postupu se tedy můžeme domnívat, že téměř každému žákem vykonanému pracovnímu úkonu v prostředí CAD softwaru Inventor předcházela nějaká myšlenková aktivita, která se k tomuto pracovnímu úkonu vztahovala. Tato myšlenková aktivita se ve spojitosti s vzorkem č.1 obvykle vztahovala k vytvoření představy o podobě a realizaci nějaké části 3D modelu nebo k řešení problému, který nastal v průběhu pracovní činnosti. Na základě toho, jaká činnost aktuálně v průběhu pracovní fáze probíhala, bychom tedy mohli stanovit celkově 3 fáze tohoto pracovního postupu. První fázi vztahující se ke kreativní tvůrčí činnosti žáka bychom mohli pro zjednodušení nazvat fází kreativní. Druhou fází, kdy žák

v souvislosti s řešením problému využívá ať už vědomě, či nevědomě heuristického přístupu bychom mohli označit za fázi řešení problémů. Třetí fází, kdy žák vykonává pracovní úkony v daném modelovacím softwaru na základě tvůrčích myšlenkových procesů, či procesů vztahujících se k řešení problémů můžeme označit fází modelovací. Na základě analýzy pracovního postupu vzorku č. 1 můžeme předpokládat, že u žáka nejdříve převládala fáze kreativní, díky které byly později v rámci fáze modelovací zrealizovány vzniklé myšlenky. Z analýzy pracovního postupu dále vyplývá, že během modelovací fáze však došlo k tomu, že žák narazil na problémy, které mu bránily v realizaci myšlenek vzniklých v kreativní fázi. V souvislosti s tím přišla na řadu fáze řešení problému, u které se dá předpokládat, že při ní žák bude vykazovat mentální aktivitu, která směřuje k řešení těchto problémů prostřednictvím vědomého, či nevědomého užití heuristických metod a případně i kreativity.

### **Zjištění 3.2.**

Na základě analýzy pracovního postupu vzorku č.5 lze předpokládat, že se žákova činnost od počátku vztahovala k práci v modelovacím softwaru. Z formulací tohoto vzorku rovněž můžeme usoudit, že myšlenkové operace žáka spojené s kreativitou a řešením problémů prostřednictvím vědomého, či nevědomého užití heuristických metod začali být patrné až později, neboť žák během modelování trojrozměrného objektu narazil na problém, který byl nucen řešit. Žák v souvislosti s tímto uvedl následující větu, která blíže charakterizuje, jakým způsobem byl vzniklý problém řešen: „*Finální zaoblování jsem dělal formou pokus-omyl a líbí-nelíbí.*“ Na základě uvedené věty můžeme předpokládat, že žák využil způsob řešení, který principiálně vychází z heuristiky, a který i do jisté míry vyžaduje tvůrčí způsob myšlení. Žák rovněž v jednom z bodů poukázal na to, že je relativně obtížné zahrnout všechny kroky do retrospektivní formulace pracovního postupu, především kvůli jejich sofistikovanosti a velkému množství, a tak je v tomto směru možné usuzovat, že žák vyvíjel určitou mentální činnost, jenž ho dovedla k tomuto závěru. Z tohoto tvrzení se dá rovněž předpokládat, že se jedná o žákovo subjektivní hodnocení pracovní činnosti, na základě čehož pak můžeme stanovit další fázi, kterou můžeme označit jako fázi hodnotící. Na základě těchto informací tedy můžeme předpokládat, že retrospektivní formulace pracovního postupu tohoto vzorku rovněž obsahuje fázi modelovací, fázi řešení problémů, do jisté míry fázi kreativní a fázi hodnotící. Vzhledem k tomu, že se zde fáze kreativní prolíná s fází řešení problému můžeme tuto fázi označit jako fázi tvůrčího řešení problému.

### **Zjištění 3.3.**

Prostřednictvím analýzy retrospektivní formulace pracovního postupu vzorku č. 2 můžeme usuzovat, že se žákova činnost rovněž od počátku vztahovala k pracovním úkonům vztahujících se k modelování ve specializovaném CAD softwaru. Ačkoliv lze z tvrzení žáka předpokládat, že jeho pracovní postup nezahrnoval žádné vědomé mentální procesy spojené s tvořivostí, či způsobem myšlení, který by vedl k řešení problému, poukázal na to, že software nespolečně pracoval dle jeho představ. Přestože to žák výslovně neuvedl, na základě tohoto tvrzení bychom se rovněž mohli domnívat, že byl v průběhu své pracovní činnosti nucen vyvíjet určitou mentální aktivitu, která by mu pomohla vyřešit problém v podobě nespolečně pracujícího modelovacího programu. V tomto směru je rovněž možné usuzovat, že se jednalo o žákovo subjektivní hodnocení dané pracovní činnosti, z čehož vyplývá, že by se mohlo jednat o fázi hodnotící. Pracovní postup by tak mohl kromě fáze modelovací, obsahovat i fázi charakteristickou tvůrčím řešením problému a fází hodnotící.

### **Zjištění 3.4.**

Zbývající výzkumné vzorky (vzorek č. 3, 4, 6, 7) by bylo v souvislosti s tímto výzkumným úkolem pravděpodobně možné zahrnout do jedné skupiny, neboť se můžeme z jejich analýzy a vzájemného porovnání domnívat, že žáci neuvedli žádné vědomé mentální procesy spojené s tvořivostí či řešením problému prostřednictvím heuristiky, ale uváděli pouze jednotlivé pracovní úkony v rámci modelování trojrozměrného objektu prostřednictvím CAD softwaru. Na základě toho můžeme předpokládat, že pracovní postupy těchto výzkumných vzorků budou zahrnovat pouze fázi modelovací. Z jiného úhlu pohledu můžeme říci, že žáci do pracovního postupu neuváděli žádné mentální procesy spojené s kreativitou či heuristickým přístupem, na základě čehož se lze domnívat, že těmto mentální procesům nekladou velký význam.

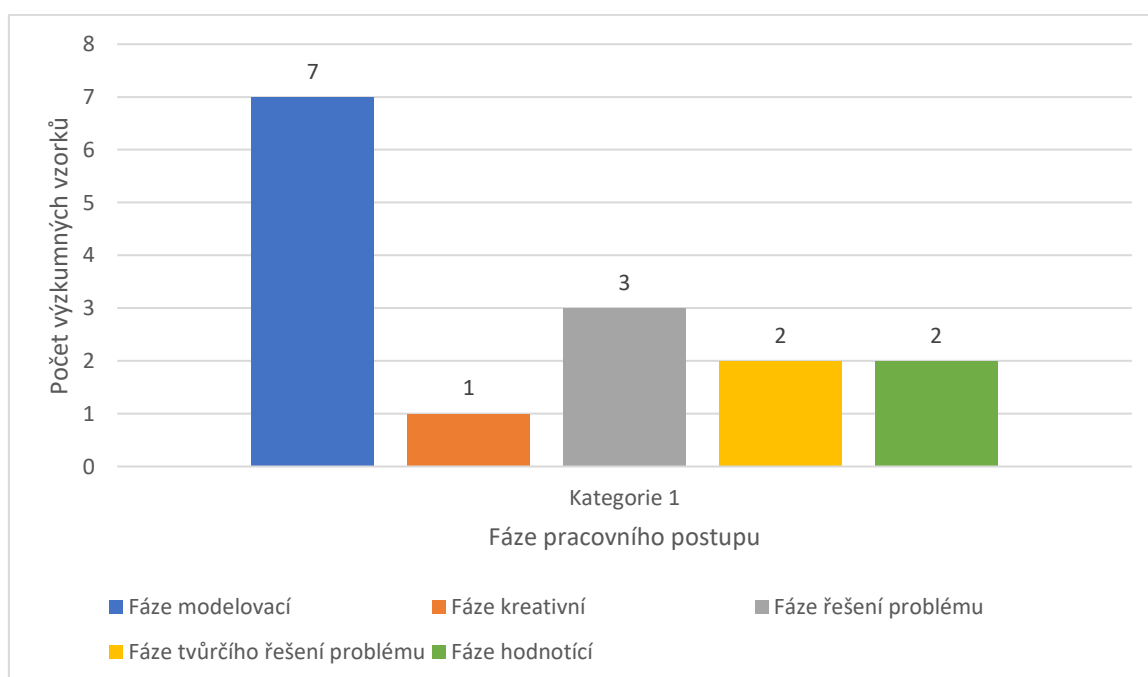
### **Závěr výzkumného úkolu 3**

Na základě analýzy výzkumných vzorků je možné ve spojitosti s pracovními postupy žáků identifikovat specifické fáze, pro které je charakteristický určitý druh činnosti. Celkově můžeme tedy vzhledem k druhu vykonávané činnosti žáka určit 4 fáze, které se mohou během pracovního postupu v závislosti na daném výzkumném vzorku vzájemně prolínat nebo střídat. Konkrétně se jedná o fázi kreativní, fázi řešení problému, fázi modelovací a fázi hodnotící. Podle rozboru vybraných výzkumných vzorků můžeme usuzovat, že v rámci pracovního postupu došlo k prolínání fáze kreativní společně s fází řešení problému. Pro zjednodušení analýzy výzkumných vzorků bylo zmíněné prolnutí fází pracovního postupu označeno

souhrnným názvem – fáze tvůrčího řešení problému. Z uvedených zjištění můžeme vznést následující závěry:

- Na základě provedené analýzy můžeme usuzovat, že je možné identifikovat modelovací fázi u pracovního postupu žáků napříč všemi výzkumnými vzorky.
- Z provedené analýzy můžeme rovněž předpokládat, že se kreativní fáze vyskytovala především u vzorku č. 1, kdy žák v rámci svého pracovního postupu uváděl vědomé myšlenkové procesy spojené s tvořivostí, které vedli k vytvoření představy o podobě a realizaci modelovaného objektu.
- Z rozboru výzkumných vzorků č. 2 a 5 nám může vyplívat, že se zde rovněž kreativní fáze do jisté míry vyskytuje, avšak pouze v souvislosti s řešením nějakého problému, jenž vznikl v průběhu pracovní činnosti, a ne jako vědomá aktivita, jenž byla žákem uvedena u výzkumného vzorku č. 1. Vzhledem k tomu, že je zde kreativní fáze přítomna jen částečně a v souvislosti s fází řešení problému, můžeme tedy činnost zahrnout do fáze tvůrčího řešení problému.
- Z rozboru výzkumných vzorků č. 2 a 5 lze rovněž předpokládat, že žáci v rámci pracovního postupu uvedli i své subjektivní hodnocení prováděné činnosti, na základě čehož byla identifikována fáze hodnotící.
- Pokud se napříč vybranými vzorky zaměříme na identifikaci fáze řešení problému, můžeme předpokládat, že se tato fáze objevuje ve větší či menší míře právě u vzorků č. 1, 2 a 5.

V souvislosti s tím uvádím přehledný graf č. 3, který popisují uvedená zjištění:



*Graf č. 3 – Porovnání počtu fází napříč všemi výzkumnými vzorky*

Na základě Ganttova diagramu jsme schopni napříč jednotlivými výzkumnými vzorky prezentovat, jaké předpokládané fáze pracovního postupu se projevily u žáků v rámci daných pracovních kroků:

	Výzkumný vzorek č. 1	Výzkumný vzorek č. 2	Výzkumný vzorek č. 3	Výzkumný vzorek č. 4	Výzkumný vzorek č. 5	Výzkumný vzorek č. 6	Výzkumný vzorek č. 7
Pracovní krok č. 1	Orange	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Pracovní krok č. 2	Orange, Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Pracovní krok č. 3	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Pracovní krok č. 4	Orange, Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Pracovní krok č. 5	Blue	Blue, Yellow, Green	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Pracovní krok č. 6	Orange, Grey, Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Pracovní krok č. 7	Orange, Blue, Grey, Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Pracovní krok č. 8	Blue	White	Blue	Blue	Blue, Yellow, Grey	Blue	Blue
Pracovní krok č. 9	White	White	Blue	White	Green	Blue	Blue
Pracovní krok č. 10	White	White	Blue	White	White	White	White

Fáze kreativní	Fáze modelovací	Fáze řešení problému	Fáze tvůrčího řešení problému	Fáze hodnotící
----------------	-----------------	----------------------	-------------------------------	----------------

Tabulka č. 1 – Ganttův diagram fází pracovního postupu napříč jednotlivými výzkumnými vzorky

#### Výzkumný úkol č. 4

Jak již bylo v teoretické části podrobně vysvětleno, kreativita a tvůrčí myšlení společně s pracovní činností, která se k těmto myšlenkovým procesům vztahuje zejména ve výuce technických předmětů, má značnou souvislost s (prostorovou) představivostí. Z teoretické části této diplomové práce čtenář může rovněž dojít k závěru, že prostorová představivost není vrozenou schopností, ale je rozvíjena prostřednictvím různých činností. Za vhodnou aktivitu podněcující rozvoj (prostorové) představivosti žáků můžeme považovat geometrické vzdělávání, v rámci kterého žáci mohou různě manipulovat s geometrickými tvary v prostoru a v případě, že je ve výuce využíváno specializovaného softwaru a vhodné výpočetní techniky, je možné tyto geometrické tvary navíc různě transformovat v rámci virtuálního prostoru.

#### Zjištění 4.1.

Na základě analýzy a vzájemného porovnání výzkumných vzorků se pokusíme zjistit, zda práce žáků zahrnující modelování v programu Inventor vychází z manipulace

a transformace geometrických tvarů, což by následně mohlo poukázat na myšlenkové procesy spojené s představivostí, která má značnou souvislost s kreativitou a tvůrčím způsobem myšlení. V souvislosti s tím došlo následujícímu zjištění:

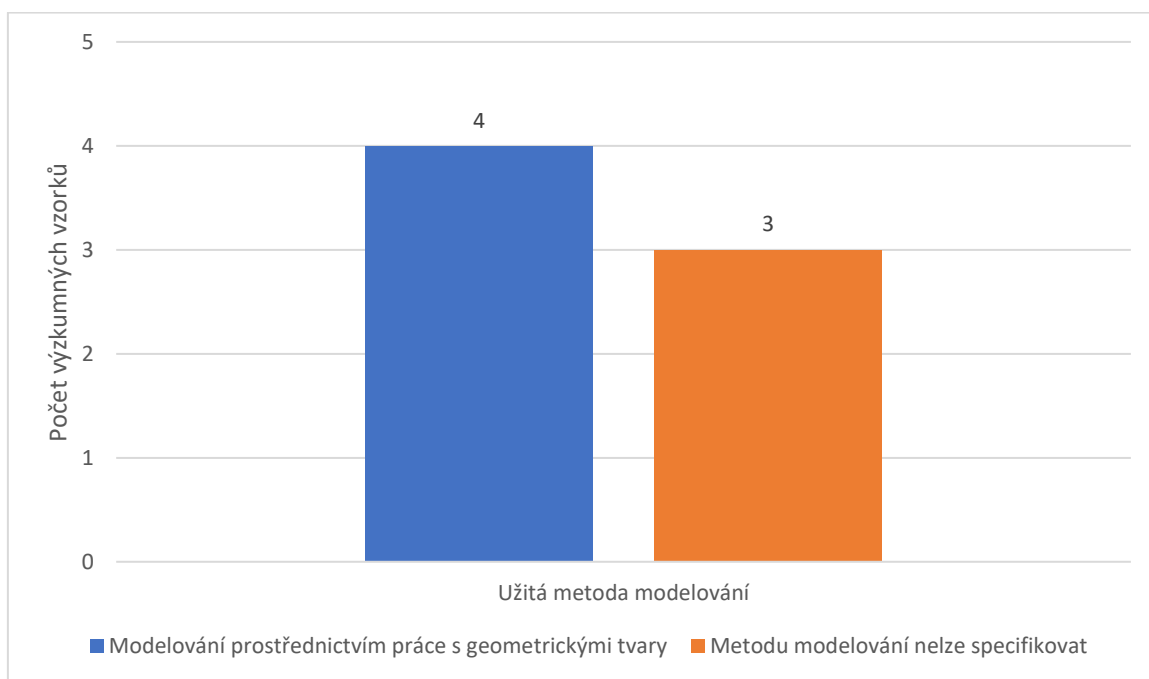
- **Výzkumný vzorek č. 1, 2, 4, 6** – Z rozboru pracovních postupů těchto výzkumných vzorků můžeme předpokládat, že žáci při modelování trojrozměrného objektu využívali manipulace a transformace geometrických tvarů.

#### Zjištění 4.2.

- **Výzkumný vzorek č. 3, 5, 7** – Z analýzy pracovních postupů těchto výzkumných vzorků není možné usoudit, zda žáci pro tvorbu trojrozměrného objektu prostřednictvím modelování využili práci vycházející z manipulace a transformace geometrických tvarů či pro tyto účely zvolili jinou metodu.

#### Závěr výzkumného úkolu č. 4

Z analýzy a vzájemného porovnání pracovních postupů žáků napříč jednotlivými výzkumnými vzorky můžeme předpokládat, že některé tyto vzorky (č. 1, 2, 4, 6) využívali pro účely modelování trojrozměrného objektu metodu založenou na manipulaci a transformaci geometrických tvarů. Ačkoliv z rozboru zbývajících výzkumných vzorků (č. 4, 5, 6) sice není patrné, zda žáci metodu vycházející z této činnosti v rámci svého pracovního postupu aplikovali, nelze rovněž tuto skutečnost v tomto směru vyvrátit. V souvislosti s tím uvádím pro přehlednění tohoto závěru uvést i přehledný graf č. 4:



Graf č. 4 – Porovnání zvolené metody modelování napříč výzkumnými vzorky



## Výzkumný úkol č. 5

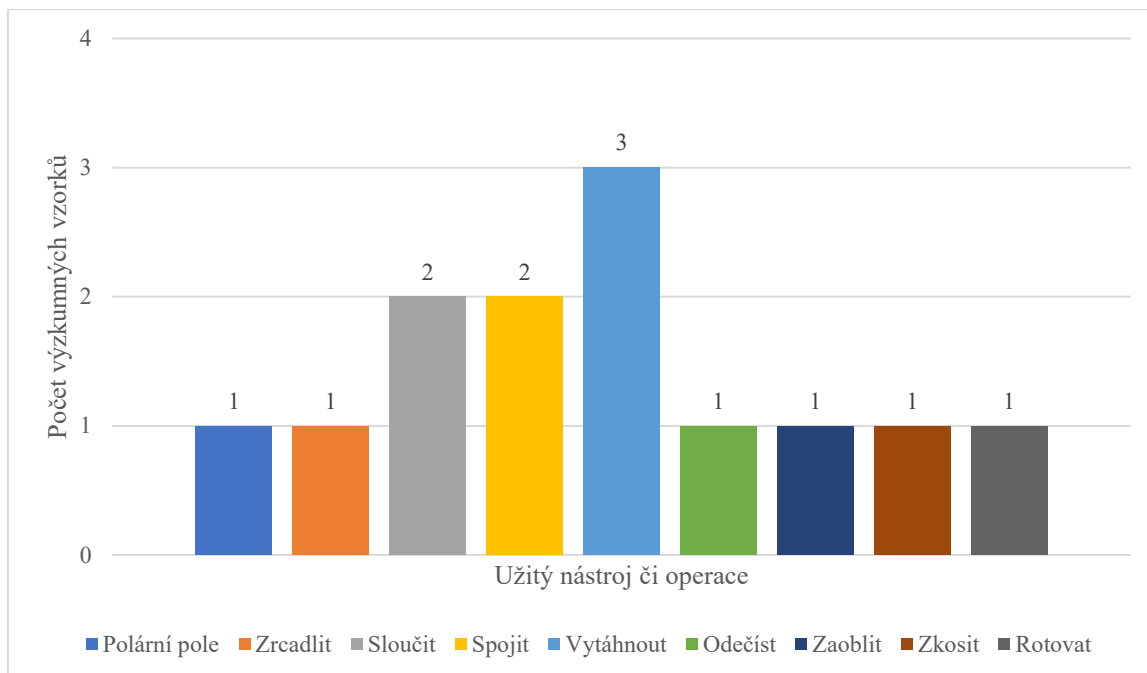
Dle provedeného rozboru a vzájemného porovnání pracovních postupů jednotlivých vzorků jsme chtěli zjistit, zda žáci při retrospektivní formulaci pracovních kroků využívají pro popis činnosti konkrétní označení používaných nástrojů a operací (např. příkaz polární pole, nástroj zrcadlit, sloučit, spojit, vytáhnout, odečíst, zaoblit, zkosit, rotovat) v rámci CAD softwaru nebo volí spíše obecnější pojmenování.

### Zjištění 5.1.

Po provedeném rozboru bylo možné předpokládat, že popis pracovní činnosti zahrnoval konkrétní označení používaných nástrojů a operací (např. příkaz polární pole, nástroj zrcadlit, sloučit, spojit, vytáhnout, odečíst, zaoblit, zkosit, rotovat) u vzorků č. 1, 2, 3, 4, 5, 6. Žáci zde obvykle uváděli, jaký konkrétní nástroj nebo operace v Inventoru byla v rámci pracovního kroku využita a v případě některých z nich (č. 1, 2, 4, 6) také z jakého geometrického tvaru (obdélník, trojúhelník, kruh, šestiúhelník, parabola, kužel, válec, kvádr) při modelování daného objektu vycházeli. Můžeme se však domnívat, že se konkrétní pojmenování těchto činností projevovalo napříč vzorky v různé míře. Pro přehled uvádíme míru frekvence vybraných užitých nástrojů napříč zmíněnými výzkumnými vzorky společně s přehledným grafem č. 5.

- **Příkaz polární pole** – Byl přítomen u pracovního postupu výzkumného vzorku č. 1 (celkově u 1 výzkumného vzorku).
- **Nástroj zrcadlit** – Byl přítomen u pracovního postupu výzkumného vzorku č. 5 (celkově u 1 výzkumné vzorku).
- **Nástroj sloučit** – Byl přítomen u pracovního postupu výzkumných vzorků č. 1, 3 (celkově u 2 výzkumných vzorků).
- **Nástroj spojit** – Byl přítomen u pracovního postupu výzkumných vzorků č. 3, 6 (celkově u 2 výzkumných vzorků).
- **Nástroj vytáhnout** – Byl přítomen u pracovního postupu výzkumných vzorků č. 2, 4, 5 (celkově u 3 výzkumných vzorků).
- **Nástroj odečíst** – Byl přítomen u pracovního postupu výzkumného vzorku č. 2 (celkově u 1 výzkumné vzorku).
- **Nástroj zaoblit** – Byl přítomen u pracovního postupu výzkumného vzorku č. 5 (celkově u 1 výzkumné vzorku).
- **Nástroj zkosit** – Byl přítomen u pracovního postupu výzkumného vzorku č. 6 (celkově u 1 výzkumné vzorku).

- **Nástroj rotovat** – Byl přítomen u pracovního postupu výzkumného vzorku č. 4 (celkově u 1 výzkumné vzorku).

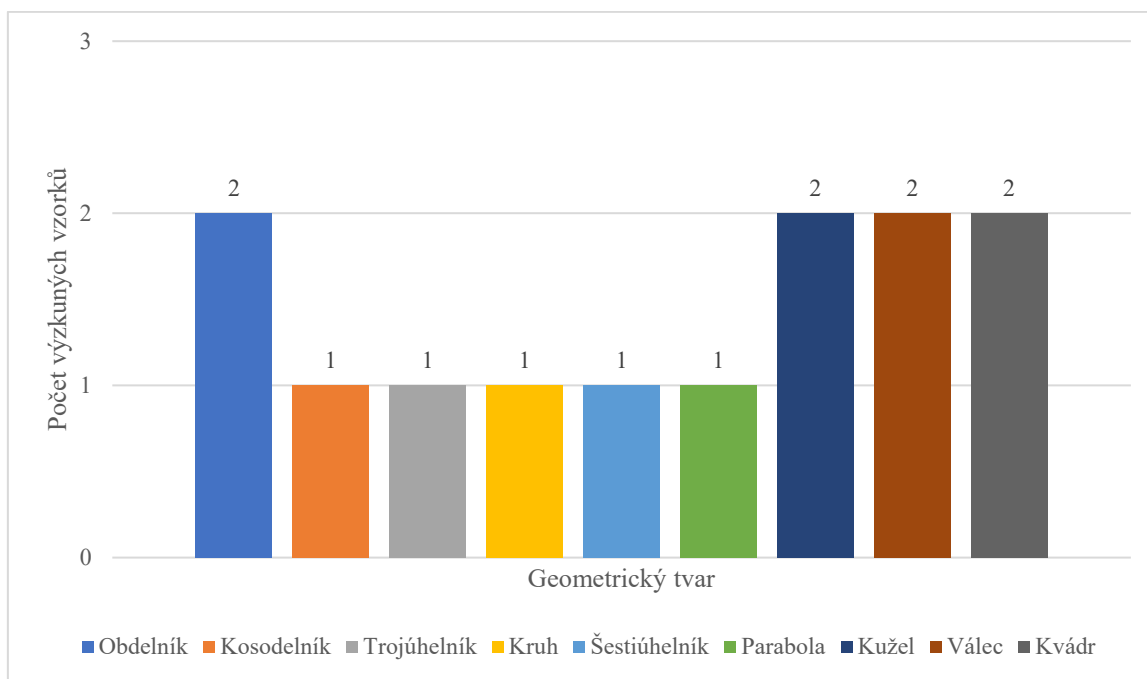


Graf č. 5 – Frekvencovanost užití modelovacích nástrojů či operací mezi výzkumnými vzorky

V souvislosti s tímto rovněž uvádíme míru frekvencovanosti vybraných užitých geometrických tvarů mezi jednotlivými výzkumnými vzorky společně s přehledným grafem č.6.

- **Obdélník** – Tento geometrický tvar byl uveden u pracovního postupu výzkumných vzorků č. 2, 4 (celkově u 2 výzkumných vzorků).
- **Kosodelník** – Tento geometrický tvar byl uveden u pracovního postupu výzkumného vzorku č. 4 (celkově u 1 výzkumné vzorku).
- **Trojúhelník** – Tento geometrický tvar byl uveden u pracovního postupu výzkumného vzorku č. 6 (celkově u 1 výzkumné vzorku).
- **Kruh** – Tento geometrický tvar byl uveden u pracovního postupu výzkumného vzorku č. 2 (celkově u 1 výzkumné vzorku).
- **Šestiúhelník** – Tento geometrický tvar byl uveden u pracovního postupu výzkumného vzorku č. 4 (celkově u 1 výzkumné vzorku).
- **Parabola** – Tento geometrický útvar byl uveden u pracovního postupu výzkumného vzorku č. 1 (celkově u 1 výzkumné vzorku).
- **Kužel** – Tento geometrický útvar byl uveden u pracovního postupu výzkumných vzorků č. 2, 6 (celkově u 2 výzkumných vzorků).

- **Válec** – Tento geometrický útvar byl uveden u pracovního postupu výzkumných vzorků č. 4, 6 (celkově u 2 výzkumných vzorků).
- **Kvádr** – Tento geometrický útvar byl uveden u pracovního postupu výzkumných vzorků č. 2, 6 (celkově u 2 výzkumných vzorku).



Graf č. 6 – Frekvencovanost užití geometrických tvarů při modelování mezi jednotlivými vzorky

### Zjištění 5.2.

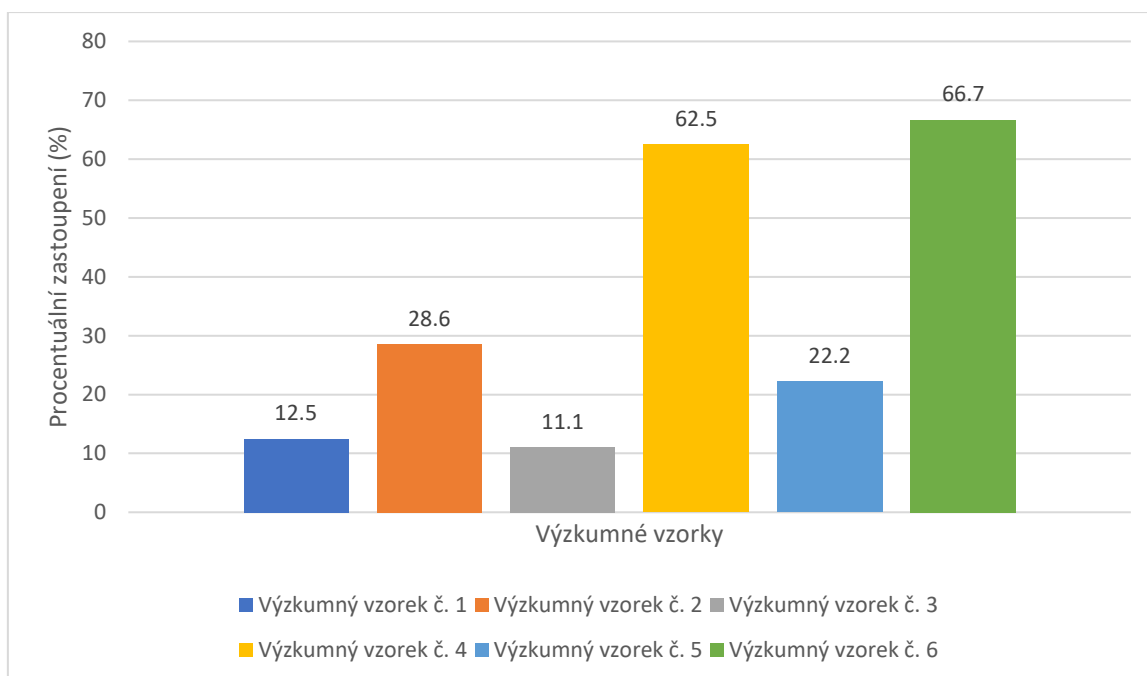
Z analýzy výzkumného vzorku č. 7 lze usuzovat, že zde žák pro popis pracovní činnosti napříč jednotlivými kroky využíval spíše jen obecná označení. Žák ve spojitosti s pracovními kroky uváděl přímo čeho dosáhl, nijak však nespecifikoval, jakým způsobem k danému výsledku došel.

### Zjištění 5.3.

- **Výzkumný vzorek č. 1** – zahrnoval konkrétní popis prováděné aktivity pouze u 1 pracovního kroku z celkových 8. Pracovní postup tohoto vzorku je tvořen pouze z 12,5 % konkrétním označením prováděné činnosti.
- **Výzkumný vzorek č. 2** - zahrnoval konkrétní popis prováděné aktivity u 4 pracovních kroků z celkových 7. Pracovní postup tohoto vzorku je tvořen z 57,14 % konkrétním označením prováděné činnosti.
- **Výzkumný vzorek č. 3** - zahrnoval konkrétní popis prováděné činnosti pouze u 1 pracovního kroku z celkových 9. Pracovní postup tohoto vzorku je tvořen z 11,1 % konkrétním označením prováděné činnosti.

- **Výzkumný vzorek č. 4** - zahrnoval konkrétní popis prováděné činnosti celkově u 5 pracovních kroků z celkových 8. Pracovní postup tohoto vzorku je tvořen z 62,5 % konkrétním označením prováděné činnosti.
- **Výzkumný vzorek č. 5** - zahrnoval konkrétní popis prováděné činnosti u 2 pracovních kroků z celkových 9. Pracovní postup tohoto vzorku je tvořen z 22,2 % konkrétním označením prováděné činnosti.
- **Výzkumný vzorek č. 6** - zahrnoval konkrétní popis prováděné činnosti u celkově 6 pracovních kroků z celkových 9. Pracovní postup tohoto vzorku je tvořen z 66,7 % konkrétním označením prováděné činnosti.

Ve spojitosti s tímto zjištěním uvádím pro přehlednost graf č. 7 popisující procentuální zastoupení, jenž představuje konkrétní popis činností napříč pracovními kroky v rámci pracovních postupů jednotlivých výzkumných vzorků.



Graf č. 7 – Procentuální zastoupení konkrétního popisu činnosti napříč výzkumnými vzorky

### Závěr výzkumného úkolu č. 5

Na základě uvedených zjištění se můžeme domnívat, že popis pracovní činnosti zahrnoval konkrétní označení používaných nástrojů a operací u vzorků č. 1, 2, 3, 4, 5, 6. Užití geometrických tvarů bylo však popsáno pouze v rámci vzorků č. 1, 2, 4, 6. Z uvedených zjištění můžeme rovněž vyzorovat, že bylo mezi výzkumnými vzorky možné sledovat rozdílný výskyt a frekvencovanost užití jednotlivých modelovacích nástrojů, operací a geometrických útvarů. Z analýzy výzkumného vzorku č. 7 pak bylo možné předpokládat, že zde žák pro popis pracovní činnosti napříč jednotlivými kroky využíval spíše jen obecná označení. Žák ve

spojitosti s pracovními kroky uváděl přímo čeho dosáhl, nijak však nespecifikoval, jakým způsobem k danému výsledku došel. Každá retrospektivní formulace pracovního postupu uvedená v rámci výzkumných vzorků však byla originální, na základě čehož se lze domnívat, že žáci mohli při práci vykazovat rozdílné myšlenkové procesy.

### 3 Vyhodnocení výsledků

Pro účely vyhodnocení výsledků tohoto výzkumného šetření byly stanoveny výzkumné předpoklady (P1, P2, P3, P4), pomocí kterých bylo snahou potvrdit nebo vyvrátit vymezené cíle (celkově 3). V tomto směru bylo zpracování dat výzkumu rozděleno do jednotlivých výzkumných úkolů (č. 1, 2, 3, 4, 5). Jednotlivé úkoly jsou charakterizovány jako dílčí výzkumné úlohy, prostřednictvím kterých jsme zjišťovali, zda byly stanovené tvrzení v rámci výzkumných předpokladů správné, či nikoliv. V následujícím textu tedy uvedeme jednotlivé výzkumné předpoklady, které se pokusíme s využitím závěrů vzniklých v rámci výzkumných úkolů potvrdit, nebo v opačném případě vyvrátit. Pro účely potvrzení předpokladu P1 uvádím jeho přesné znění:

**P1:** Po analýze retrospektivních formulací pracovního postupu žáků identifikujeme myšlenkové procesy spojené s tvořivostí.

K tomuto předpokladu můžeme vztáhnout výzkumný úkol č. 2, prostřednictvím kterého jsme se na základě analýzy a vzájemného porovnání retrospektivních formulací pracovního postupu žáků mezi jednotlivými výzkumnými vzorky snažili zjistit, zda pracovní činnosti předcházela nějaká přípravná fáze, která by zahrnovala vědomou aplikaci tvůrčích myšlenkových procesů spojených s hledáním námětu modelovaného objektu a tvorbou představy o jeho podobě a pracovním postupu, která by žáka dovedl ke kýženému výsledku. Na základě několika dílčích zjištění v rámci tohoto výzkumného úkolu bylo možné vyvodit závěry, že lze u pracovního postupu žáků identifikovat přípravnou fázi pouze u 2 z celkových 7 výzkumných vzorků. Pouze u jednoho výzkumného vzorku však bylo možné v rámci přípravné fáze identifikovat vědomou aplikaci myšlenkových procesů spojených s tvořivostí. Konkrétně se jednalo o výzkumný vzorek č. 1, z jehož pracovního postupu se bylo možné vypořádat, že žák vědomě použil svou představivost a fantazii, aby si vytvořil představu o podobě modelovaného objektu, jenž by sloužila jako předloha pro modelování a na základě které by žák volil takový pracovní postup, který by ho dovedl ke kýženému výsledku. Závěr tohoto výzkumného úkolu tedy potvrzuje výzkumný předpoklad P1.

Ačkoliv bylo na základě výzkumného úkolu č. 2 sice do jisté míry možné potvrdit výzkumný předpoklad P1, stále nebylo jasné, zda se kreativní myšlenkové procesy neprojeví

i u ostatních výzkumných vzorků, neboť se zmíněný výzkumný úkol vztahoval pouze k tzv. přípravné fázi. K účelům identifikace myšlenkových procesů spojených s tvořivostí napříč celému pracovnímu postupu žáků vhodně posloužil výzkumný úkol č. 3, prostřednictvím kterého došlo na základě analýzy a vzájemného porovnání retrospektivních formulací pracovních postupů mezi jednotlivými výzkumnými vzorky k identifikaci určitých fází pracovního postupu, pro které jsou charakteristické specifické typy činností. Výzkumný úkol č. 3 měl rovněž v tomto směru odpovědět na otázku, zdali se tyto fáze napříč vybranými vzorky shodují či nikoliv. Pokud je řeč o identifikovaných fázích, jednalo se konkrétně o fázi modelovací, fázi kreativní, fázi řešení problému, fázi tvůrčího řešení problému a fázi hodnotící. Pro potvrzení předpokladu P1 nás zajímalo, v jakých fázích došlo k vědomému, či nevědomému užití tvůrčích myšlenkových procesů. Jak již z názvů jednotlivých fází vyplívá, tvořivost se projevovala především v rámci fáze kreativní a fáze tvůrčího řešení problému. Kreativní fáze byla uvedena pouze u pracovního postupu výzkumného vzorku č.1, čímž bylo potvrzeno vědomé užití myšlenkových procesů spojených s tvořivostí. Kreativita u výzkumných vzorků č. 2 a 5 se projevovala jen do jisté míry, a to ve spojitosti s řešením problému, na základě čehož došlo k vytvoření specifické fáze tvůrčího řešení problému. U výzkumného vzorku č. 5 žák v rámci pracovního postupu uváděl rovněž vědomou mentální činnost, která s využitím heuristického přístupu směřovala k řešení daného problému. Z formulace pracovního postupu výzkumného vzorku č. 2 sice bylo možné předpokládat, že žák při řešení problému aplikoval mentální procesy využívající heuristický přístup, nebylo však v tomto směru možné stanovit, zda si žák tyto mentální procesy spojené s řešením problému pomocí heuristického přístupu plně uvědomoval či nikoliv. Ze závěru tohoto výzkumného úkolu nám však vyplívá, že se kreativní myšlenkové procesy projevují větší či menší měrou napříč různými fázemi pracovního postupu u výzkumných vzorků č. 1, 2 a 5, což rovněž potvrzuje stanovený předpoklad P1.

Pokud se pokusíme nahlížet na výskyt myšlenkových procesů spojených s tvořivostí mezi jednotlivými pracovními postupy výzkumných vzorků z jiného úhlu, nabízí se nám v tomto směru výzkumný úkol č. 4, který vycházel z teorie, že má kreativita značnou spojitost s (prostorovou) představivostí, a tedy pokud dojde mezi jednotlivými výzkumnými vzorky k identifikaci pracovních činností, které využívají žákovu (prostorovou) představivost, mohlo by to v tomto směru poukázat i na přítomnost užití kreativních myšlenkových procesů. Vzhledem k tomu, že můžeme za vhodnou aktivitu podněcující rozvoj (prostorové) představivosti žáků považovat geometrické vzdělávání zahrnující manipulaci a transformaci geometrických tvarů, vyskytla se nám otázka, zda bude možné na základě analýzy

a vzájemného porovnání výzkumných vzorků zjistit, zda pracovní činnost žáků zahrnující modelování v programu Inventor vychází z manipulace a transformace geometrických tvarů, což by následně mohlo poukázat na myšlenkové procesy spojené s představivostí, která má značnou souvislost s kreativitou a tvůrčím způsobem myšlení. Dle závěru výzkumného úkolu č. 4 lze předpokládat, že pracovní činnost žáků zahrnující modelování, které vychází z manipulace a transformace geometrických tvarů je možné ve větší či menší míře identifikovat u výzkumných vzorků č. 1, 2, 4, 6, což by také mohlo potvrdit správnost stanoveného předpokladu P1.

Na základě uvedených závěrů v rámci jednotlivých výzkumných úkolů je tedy možné se domnívat, že byl výzkumný předpoklad P1 potvrzen.

Nyní můžeme přejít k rozboru výzkumného předpokladu P2, na základě čehož stanovíme, zda je následující tvrzení možné potvrdit, či vyvrátit. Pro tyto účely tedy uvádím přesné znění výzkumného předpokladu P2:

**P2:** Na základě analýzy a porovnání retrospektivních formulací pracovního postupu budeme u žáků schopni určit odlišné tvůrčí myšlenkové procesy.

K tomuto předpokladu můžeme opět vztáhnout výzkumný úkol č. 2, prostřednictvím kterého jsme se na základě analýzy a vzájemného porovnání retrospektivních formulací pracovního postupu žáků mezi jednotlivými výzkumnými vzorky snažili zjistit, zda pracovní činnosti předcházela nějaká přípravná fáze, která by zahrnovala vědomou aplikaci tvůrčích myšlenkových procesů spojených s hledáním námětu modelovaného objektu, tvorbou představy o jeho podobě a postupem, který by žáka dovedl ke kýženému výsledku. Jak již bylo v souvislosti s tímto řečeno, myšlenkové procesy spojené s tvořivostí bylo možné identifikovat u výzkumného vzorku č. 1, kde žák kreativitu využil právě k těmto účelům. Ze závěru můžeme tedy usoudit, že se jedná o specifické využití myšlenkových procesů spojených s tvořivostí.

Výzkumný úkol č. 3 je rovněž možné vztáhnout k předpokladu P2, neboť zde analýzou a vzájemným porovnáním výzkumných vzorků došlo na základě prováděné činnosti k identifikaci specifických fází pracovního postupu, z nichž některé mohli vykazovat větší či menší měrou kreativní myšlenkové procesy. Konkrétně se u výzkumného vzorku č. 1 značně projevovala fáze kreativní, kdy žák v rámci jednotlivých pracovních kroků napříč celým pracovním postupem vědomě vyjadřoval své myšlenkové procesy spojené s tvořivostí. Jak již bylo řečeno, u výzkumných vzorků č. 2 a 5 se kreativita projevovala jen do jisté míry, a to ve spojitosti s řešením problému, na základě čehož došlo k vytvoření specifické fáze tvůrčího řešení problému. U výzkumného vzorku č. 5 žák v rámci pracovního postupu uváděl rovněž

vědomou mentální činnost, která s využitím heuristického přístupu směřovala k řešení daného problému. Z formulace pracovního postupu výzkumného vzorku č. 2 sice bylo možné předpokládat, že žák při řešení problému aplikoval mentální procesy využívající heuristický přístup, nebylo však v tomto směru možné stanovit, zda si žák tyto mentální procesy spojené s řešením problému pomocí heuristického přístupu plně uvědomoval či nikoliv.

Na základě závěrů výzkumného úkolu č. 2, 3 tedy můžeme předpokládat, že lze mezi jednotlivými výzkumnými vzorky identifikovat odlišné tvůrčí myšlenkové procesy. Toto tvrzení je možné podpořit i prostřednictvím zjištění vzniklého v rámci výzkumného úkolu č. 4, neboť některé retrospektivní formulace pracovních postupů uvedené ve výzkumných vzorcích (č. 1, 2, 4, 6) poukazují na to, že žáci při modelování trojrozměrného modelu využívali metody vycházející z manipulace a transformace geometrických tvarů. V souvislosti s tímto můžeme rovněž využít závěrů vyplívajících z výzkumného úkolu č. 5, prostřednictvím kterého jsme se na základě provedeného rozboru a vzájemného porovnání pracovních postupů jednotlivých výzkumných vzorků snažili zjistit, zda žáci při retrospektivní formulaci pracovních kroků využívají pro popis činnosti konkrétní označení používaných nástrojů a operací (např. příkaz polární pole, nástroj zrcadlit, sloučit, spojit, vytáhnout, odečíst, zaoblit, zkosit, rotovat) v rámci CAD softwaru, nebo volí spíše obecnější pojmenování. Zjišťovány byly i konkrétní geometrické tvary použité při modelování (např. obdélník, trojúhelník, kruh, šestiúhelník, parabola, kužel, válec, kvádr). Ze závěru tohoto výzkumného úkolu vyplivalo, že popis pracovní činnosti zahrnoval konkrétní označení používaných nástrojů a operací u vzorků č. 1, 2, 3, 4, 5, 6. Užití geometrických tvarů bylo však popsáno pouze v rámci vzorků č. 1, 2, 4, 6. Z analýzy výzkumného vzorku č. 7 pak bylo možné předpokládat, že zde žák pro popis pracovní činnosti napříč jednotlivými kroky využíval spíše jen obecná označení. Žák ve spojitosti s pracovními kroky uváděl přímo čeho dosáhl, nijak však nespecifikoval, jakým způsobem k danému výsledku došel. Každá retrospektivní formulace pracovního postupu uvedená v rámci výzkumných vzorků však byla originální, na základě čehož se lze domnívat, že žáci mohli při práci vykazovat rozdílné myšlenkové procesy, což by rovněž mohlo do jisté míry potvrdit předpoklad P2.

Na základě zmíněných závěrů výzkumných úkolů č. 1, 2, 3, 4, 5 jsme výzkumný předpoklad P2 potvrdili.

Další výzkumným předpokladem, jenž se stane předmětem našeho rozboru bude výzkumný předpoklad P3, který uvádíme v následujícím znění:



**P3:** Na základě analýzy retrospektivních formulací pracovního postupu žáků bude možné odhalit určité shody v myšlenkových procesech spojených s tvořivostí.

K potvrzení tohoto předpokladu nám může posloužit výzkumný úkol č. 3, neboť zde jak již bylo řečeno došlo analýzou a vzájemným porovnáním výzkumných vzorků na základě prováděné činnosti k identifikaci specifických fází pracovního postupu, z nichž některé mohli vykazovat větší či menší měrou kreativní myšlenkové procesy. Patrnou shodu bylo možné identifikovat především u vzorků č. 2 a 5, u kterých se kreativita projevovala jen do jisté míry, a to ve spojitosti s řešením problému, na základě čehož došlo k vytvoření specifické fáze tvůrčího řešení problému. Tato fáze se objevovala pouze u těchto dvou zmíněných vzorků. Z tohoto závěru je možné předpokládat, že by na základě toho mohlo dojít k potvrzení předpokladu P3.

Shodu v myšlenkových procesech spojených s tvořivostí je možné sledovat i u výzkumného úkolu č. 4, neboť některé retrospektivní formulace pracovních postupů uvedené ve výzkumných vzorcích (č. 1, 2, 4, 6) poukazují na to, že žáci při modelování trojrozměrného modelu využívali shodnou metodu vycházející z manipulace a transformace geometrických tvarů. Užití této metody může mít značnou spojitost s (prostorovou) představivostí a potenciálně i s kreativitou. Tento závěr by mohl opět sloužit k potvrzení předpokladu P3.

Z uvedených závěrů v rámci výzkumných úkolů č. 3 a 4 bylo tedy možné určit, že je předpoklad P3 správný.

Nyní můžeme přejít k poslednímu výzkumnému předpokladu P4, který byl uveden v následujícím znění:

**P4:** U všech výzkumných vzorků nebude možné v rámci retrospektivní formulace pracovního postupu identifikovat tvůrčí myšlenkové procesy.

Z uvedených výzkumných úkolů č. 1, 2, 3, 4, 5 se můžeme domnívat, že nebyly v rámci retrospektivní formulace pracovního postupu uvedeny žádné myšlenkové procesy spojené s tvořivostí u výzkumného vzorku č. 7, což rovněž potvrzuje výzkumný předpoklad P4.

Hlavním cílem tohoto výzkumu bylo především zjistit, zda je možné na základě analýzy retrospektivních formulací pracovního postupu žáků v rámci výuky využívající technologií 3D tisku identifikovat myšlenkové procesy spojené s tvořivostí. K potvrzení či vyvrácení tohoto výzkumného se vztahují následující výzkumné předpoklady:

- **P1:** Po analýze retrospektivních formulací pracovního postupu žáků identifikujeme myšlenkové procesy spojené s tvořivostí.
- **P4:** U všech výzkumných vzorků nebude možné v rámci retrospektivní formulace pracovního postupu identifikovat tvůrčí myšlenkové procesy.

Ze znění tohoto výzkumného cíle a předpokladu P1 můžeme usuzovat, že je mezi uvedenými formulacemi patrná jistá souvislost. Jelikož došlo díky analýze a vzájemnému porovnání jednotlivých výzkumných vzorků v rámci stanovených výzkumných úkolů (č. 2, 3, 4) k potvrzení výzkumného předpokladu P1, který uváděl, že bude možné identifikovat výzkumné vzorky, jejichž retrospektivní formulace pracovních postupů v sobě budou zahrnovat myšlenkové procesy spojené s kreativitou, můžeme se tedy domnívat, že je v tomto směru možné potvrdit splnění tohoto výzkumného cíle.

K tomuto výzkumnému úkolu lze však do jisté míry vztáhnout i předpoklad P4, který uváděl, že u všech výzkumných vzorků nebude možné v rámci retrospektivní formulace pracovního postupu možné identifikovat tvůrčí myšlenkové procesy. Tento výzkumný předpoklad byl na základě stanovených výzkumných úkolů (č. 1, 2, 3, 4, 5) potvrzen, neboť bylo z jejich rozboru možné předpokládat, že vzorek č. 7 nevykazoval žádné myšlenkové procesy spojené s kreativitou. Ačkoliv sice není účelem výzkumného předpokladu P4 potvrdit či vyvrátit splnění hlavního výzkumné cíle, je jeho prostřednictvím pouze informativně poukázáno na to, že je možné tyto kreativní myšlenkové procesy do větší či menší míry identifikovat u většiny výzkumných vzorků.

Dalším výzkumným cílem bylo identifikovat na základě retrospektivní formulace jednotlivých fází pracovního postupu žáků odlišné tvůrčí myšlenkové procesy. Ve spojitosti s tím je k tomuto výzkumnému cíli možné vztáhnout následující výzkumné předpoklady:

- **P1:** Po analýze retrospektivních formulací pracovního postupu žáků identifikujeme myšlenkové procesy spojené s tvořivostí.
- **P2:** Na základě analýzy a porovnání retrospektivních formulací pracovního postupu budeme u žáků schopni určit odlišné tvůrčí myšlenkové procesy.

Předpoklad P1 je ve spojitosti s tímto výzkumným cílem uveden z toho důvodu, že by bez jeho potvrzení nebylo možné dále realizovat rozbor výzkumného předpokladu P2, který vypovídá o tom, že na základě analýzy a porovnání retrospektivních formulací pracovního postupu bude u žáků možné určit odlišné tvůrčí myšlenkové procesy. Kdyby totiž po analýze a vzájemném porovnání retrospektivních formulací pracovního postupu žáků mezi jednotlivými vzorky bylo zjištěno, že není v jejich rámci možné identifikovat jakékoliv

kreativní myšlenkové procesy, znamenalo by to, že by nemohl být proveden ani následný rozbor výzkumných vzorků za účelem identifikace odlišných myšlenkových procesů spojených s tvořivostí. Jelikož však na základě stanovených výzkumných úkolů (č. 2, 3, 4) došlo k potvrzení předpokladu P1, bylo možné provést rozbor výzkumného předpokladu P2.

K výzkumnému předpokladu P2 se vztahovaly výzkumné úkoly podrobně popsané výše (č. 2, 3, 4, 5), na základě kterých bylo opravdu možné identifikovat mezi jednotlivými výzkumnými vzorky s retrospektivními formulacemi pracovních postupů žáků odlišné myšlenkové procesy spojené s tvořivostí. Jelikož došlo k potvrzení výzkumného předpokladu P2, bylo tedy možné předpokládat, že lze v rámci tohoto výzkumu splnit i druhý výzkumný cíl.

Posledním cílem tohoto výzkumu bylo identifikovat na základě retrospektivní formulace pracovního postupu žáků případnou shodu v myšlenkových procesech spojených s tvořivostí. Za tímto účelem je k tomuto výzkumnému cíli možné vztáhnout následující výzkumné předpoklady:

- **P1:** Po analýze retrospektivních formulací pracovního postupu žáků identifikujeme myšlenkové procesy spojené s tvořivostí.
- **P3:** Na základě analýzy retrospektivních formulací pracovního postupu žáků bude možné odhalit určité shody v myšlenkových procesech spojených s tvořivostí.

Výzkumný předpoklad P1 je ve spojitosti s tímto výzkumným cílem uveden ze stejného důvodu jako tomu bylo u předešlého výzkumného cíle, a to proto, že by bez jeho potvrzení nebylo možné dále realizovat rozbor výzkumného předpokladu P3, který vypovídá o tom, že na základě analýzy a porovnání retrospektivních formulací pracovního postupu bude u žáků možné identifikovat případné shody v tvůrčích myšlenkových procesech. Kdyby totiž po analýze a vzájemném porovnání retrospektivních formulací pracovního postupu žáků mezi jednotlivými vzorky nebylo možné zjistit, že je v jejich rámci možné identifikovat jakékoliv kreativní myšlenkové procesy, znamenalo by to, že by nemohl být proveden ani následný rozbor výzkumných vzorků za účelem identifikace shodných myšlenkových procesů spojených s tvořivostí. Jelikož však na základě stanovených výzkumných úkolů (č. 2, 3, 4) došlo k potvrzení předpokladu P1, bylo rovněž možné stejně jako u předpokladu P2 provést rozbor výzkumného předpokladu P3.

Z uvedených závěrů v rámci výzkumných úkolů č. 3, 4 se bylo možné domnívat, že je výzkumný předpoklad P3 rovněž správný, na základě čehož je možné předpokládat, že je v tomto směru možné potvrdit i splnění posledního výzkumného cíle.

Všechny stanovené cíle tak byly v rámci tohoto výzkumného šetření splněny, neboť došlo k potvrzení předpokladů, které se k těmto cílům vztahovaly.

## 4 Shrnutí a diskuze

Vzhledem k tomu, že vlivem celosvětových okolností spojených s pandemií COVID-19 nedošlo ke kompletní realizaci druhé fáze výzkumu, která měla zapříčinit, že žáci budou zpětně formulovat celý pracovní proces 3D tisku, jsem byl nucen využít výsledky z fáze první, v rámci níž byla formulována pouze ta část pracovního postupu, ve které žáci vytvářeli trojrozměrný objekt prostřednictvím modelování v CAD softwaru Inventor. Ačkoliv byl, výzkum v tomto směru do jisté míry limitován, neukázalo se to být jako zásadní problém, neboť bylo možné předpokládat, že uvedená fáze procesu 3D tisku poskytne u žáků dostatečný prostor pro případnou identifikaci myšlenkových procesů spojených s tvořivostí. V rámci tohoto výzkumného šetření byly stanoveny celkem tři výzkumné cíle, z nichž jeden byl cílem hlavním a zbylé dva bylo možné označit za cíle dílčí, neboť bylo jejich uskutečnění závislé na splnění cíle hlavního. Na základě předchozí kapitoly 3 Vyhodnocení výsledků došlo prostřednictvím analýzy a porovnání retrospektivních formulací pracovních postupů mezi výzkumnými vzorky k potvrzení výzkumných předpokladů a tím pádem i k úspěšnému splnění vymezených výzkumných cílů, což by mohlo poukázat na to, že realizovaný výzkum dopadl dle očekávání.

Limitem výzkumného šetření jsou možnosti interpretace výsledků, které nelze zobecnit. Důvodem je průběh šetření na jedné škole, na malém vzorku, a navíc jsme již zmiňovali, že původně stanovený průběh výzkumu se nepodařilo z objektivních důvodů naplnit. Během výzkumu však došlo k zjištění, na která bych v následujícím textu ještě upozornil. Ačkoliv literatura věnující se problematice 3D tisku obvykle zahrnuje celý proces skládající se z popisu jednotlivých kroků, které směřují k výslednému vytištění trojrozměrného objektu, většinou se čtenář v souvislosti s tímto nesetká s podrobnějším popisem fáze modelování prostřednictvím specializovaného softwaru. Podrobnější charakteristiku fáze 3D modelování neuvádí ve své publikaci v rámci celého procesu ani český autor Průša (2019), který jako mnoho dalších autorů popisuje zmíněnou fázi spíše jen obecně za účelem toho, aby si čtenář utvořil širší přehled o dané problematice. Z výsledků výzkumu by se však dalo předpokládat, že je v rámci pracovního postupu při modelování možné identifikovat určité specifické fáze, které by bylo možné detailněji charakterizovat. Subjektivně proto vnímám přínos této práce v tom, že by se zmíněné zjištění mohlo stát do budoucna předmětem dalšího rozsáhlejšího výzkumu, který by se zabýval ověřením existence identifikovaných fází procesu modelování v souvislosti s výukou 3D tisku a zároveň by blíže jednotlivé fáze specifikoval v kontextu rozvoje tvořivosti.

## ZDROJE

1. AMTHAUER, R., BURKHARD, B., LIEPMANN, D. a BEADUCCEL, A. (2005). Test struktury inteligence I-S-T 2000 R: Příručka. Praha: Testcentrum.
2. BADEGRUBER, B. (1997). *Otevřené učení ve 28 krocích*. 2. vyd. Praha: Portál. ISBN 80-7178-137-1.
3. BAJTOŠ, J. (2003). *Teória a prax didaktiky*. Žilina: EDIS. ISBN 80-8070-130-X.
4. BARNATT, CH. (2014). *3D Printing: Second edition*. 2nd ed. Scotts Valley: CreateSpace Independent Publishing Platform. ISBN 978-1502879790.
5. COGILL, J. (2004). The use of interactive whiteboards in the primary school: effects on pedagogy. In *ICT Research Bursaries – A Compendium of Research Reports*, s. 52–55. Dostupné z: <[http://dera.ioe.ac.uk/1655/1/becta\\_2003\\_ictresearchbursaries\\_summary\\_queensprinter.pdf#page=54](http://dera.ioe.ac.uk/1655/1/becta_2003_ictresearchbursaries_summary_queensprinter.pdf#page=54)>.
6. ČÁP, J. a MAREŠ, J. (2001). *Psychologie pro učitele*. Praha: Portál. ISBN 80-7178-463-X.
7. DACEY, J., LENNON, K. a FIORE, L. (2000). *Kreativita: [souhra biologických, psychologických a sociálních faktorů]*. Vyd. 1. čes. Praha: Grada, 2000. Psyché (Grada). ISBN 8071699039.
8. DOSTÁL, J., HAŠKOVÁ, A., KOŽUCHOVÁ, M., KROPÁČ, J., ĎURIŠ, M., HONZÍKOVÁ, J., ČÁSTKOVÁ, P., ŽILKOVÁ, K., STEBILA, J., UHRINOVÁ, M., BENDÍK, M. a FADRHONC, J. (2017). *Technické vzdělávání na základních školách v kontextu společenských a technologických změn*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci [cit. 2020-04-23]. ISBN 978-80-244-5238-8.
9. GAVORA, P. (2008). *Úvod do pedagogického výskumu*. 4., rozš. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo UK. ISBN 978-80-223-2391-8.
10. HAGER, I., PUTANOWICZ, R. a GOLONKA, A. (2016). 3D Printing of Buildings and Building Components as the Future of Sustainable Construction? *Procedia Engineering* [online]. 151, 292-299 [cit. 2020-04-23]. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.357. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816317453?via%3Dihub>
11. HARTL, P. a HARTLOVÁ, H. (2000). *Psychologický slovník*. Praha: Portál, ISBN 807178303x.
12. HONZÍKOVÁ, J. (2008). *Nonverbální tvořivost v technické výchově*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni. ISBN 978-80-7043-714-8.

13. HORVATH, J. (2014). *Mastering 3D Printing*. NEW YORK: Apress. ISBN 1484200268.
14. Jak vyřešit nejčastější problémy při 3D tisku - Josef Prusa - 3D tisk a tiskárny Josef Prusa – 3D tisk a tiskárny. *O mně - Josef Prusa - 3D tisk a tiskárny Josef Prusa – 3D tisk a tiskárny* [online]. Dostupné z: <https://josefprusa.cz/jak-vyresit-nejcastejsi-problemy-pri-3d-tisku/>
15. JURČOVÁ, M. (1989). *Rozvíjanie tvorivého myslenia žiakov vo vyučovaní na základnej škole*. Bratislava, Pumb.
16. KADLEC, M. (2019). *Fenomén v podobě 3D tisku a 3D tiskáren*. In MK-ESHOP.CZ. [online]. 19.5. [cit. 2020-04-23]. Dostupné z: <https://mk-eshop.cz/blog/post/4-fenomen-v-podobe-3d-tisku-a-3d-tiskaren>
17. KASSIN, S. (2004). *Psychology*. Pearson Higher Education. ISBN: 978-80-251-1716-3.
18. KLEMENT, M., DOSTÁL, J., KUBRICKÝ J. a BÁRTEK, K. (2017). *ICT nástroje a učitelé: adorace, či rezistence?*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-5092-6.
19. KOPÁČOVÁ, J. (2011). *Využitie médií na hodinách prírodovedy*. In Implementácia mediálnej výchovy do edukácie v primárnom vzdelávaní. Ružomberok: VERBUM – vydavateľstvo KU.
20. KOVALČÍK, M. (2015). Co trápí ředitele českých škol? Finance a administrativa... - Člověk v tísní. *Pomáhejte s námi - Člověk v tísní* [online]. Copyright © [cit. 24.04.2020]. Dostupné z: <https://www.clovekvtsni.cz/co-trapi-reditele-ceskych-skol-finance-a-administrativa-1903gp>
21. KRUŠPÁN, I. (1985). Rozvíjanie technického tvorivého myslenia v procese technickej záujmovej činnosti. In Rozvíjanie tvorivých činností v pracovnej výchove, s. 47–58. Banská Bystrica: Pedagogická fakulta.
22. KULIČ, V. (1992). *Psychologie řízeného učení*. Praha: Academia. ISBN 80-200-0447-5.
23. KUNA, P., KUNOVÁ, S. a KOZÍK, T. (2017). DEVELOPING PRIMARY SCHOOL PUPILS' TECHNICAL IMAGINATION WITH THE SUPPORT OF VIRTUAL 3D MODELS. *Journal of Technology and Information Education* [online]. 9, 105-124 [cit. 2020-04-24]. DOI: 10.5507/jtie.2017.012. Dostupné z: <https://www.jtie.upol.cz/pdfs/jti/2017/02/10.pdf>
24. LOKŠOVÁ, I a LOKŠA, J. (1996). *Cez relaxáciu k tvorivosti v škole*. Prešov: ManaCon. ISBN 80-85668-32-7.

25. LOKŠOVÁ, I. a LOKŠA, J. (1999). *Pozornost, motivace, relaxace a tvořivost dětí ve škole*. Praha: Portál. Pedagogická praxe. ISBN 80-7178-205-X.
26. LOKŠOVÁ, I. a LOKŠA, J. (2001). *Teória a prax tvorivého vyučovania*. Prešov: Manacon, obchod, služby, poradenstvo. ISBN 8089040047.
27. LOKŠOVÁ, I. a LOKŠA, J. (2003). *Tvořivé vyučování*. Praha: Grada Publishing. ISBN: 80-247-0374-2.
28. Malá československá encyklopedie ČSAV, III. Svazek, písmeno I-L, Academia: Praha, 1986
29. MAŇÁK, J. (1998). *Rozvoj aktivity, samostatnosti a tvořivosti žáků*. Brno: Masarykova univerzita. Spisy Masarykovy univerzity v Brně. ISBN 80-210-1880-1.
30. MAŇÁK, J. (2000). *Dovednost diagnostikovat tvořivé aktivity žáků*. In *Monitorování a rozvoj pedagogických dovedností*. Brno: Paido. s. 160-163. ISBN 80-85931-87-7.
31. MAŇÁK, J. (2001). *Stručný nástin metodiky tvořivé práce ve škole*. Brno: Paido. ISBN 80-7315-002-6.
32. MANGHNANI, R. (2015). An Exploratory Study: The impact of Additive Manufacturing on the Automobile Industry. *International Journal of Current Engineering and Technology* [online]. 5(5), 3407-3410 [cit. 2020-04-23]. E-ISSN 2277 – 4106, P-ISSN 2347 – 5161. Dostupné z: <http://inpressco.com/category/ijcet>
33. MAREŠ, J. (1995). *Učení z obrazového materiálu*. Pedagogika, 45(4), 318–327.
34. MESCHENMOSER, H. (2000). Raumvorstellung. *Unterricht-Arbeit+Technik*, 2(8), 62–63.
35. MOLNÁR, J. (2009). *Rozvíjení prostorové představivosti (nejen) ve stereometrii. 2.*, rozš. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. Monografie. ISBN 978-80-244-2254-1. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:26c84440-f3d5-11e4-8936-005056827e51>
36. Obsahová analýza. *Katedra antropologie*. [online]. Katedra antropologie: FF ZČU [cit. 2020-04-22.] Dostupné z: <http://www.antropologie.org/cs/metodologie/obsahova-analyza>
37. PETROVÁ, A. (1999). *Tvořivost v teorii a praxi: (učební texty)*. Praha: Vodnář. ISBN 80-86226-05-0.
38. PRŮŠA, J. a PRŮŠA, M. (2014). *Základy 3D tisku* [online]. Praha: Prusa Research [cit. 2020-04-23]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/1760094-Zaklady-3-d-tisku-prusa3d-cz.html>



39. PRŮŠA, J., STRÍTESKÝ, O. a BACH, M. (2019). *Základy 3D tisku* [online]. Praha: Prusa Research s.r.o.[cit. 2020-04-23]. Dostupné z: <https://www.prusa3d.cz/wp-content/uploads/zaklady-3d-tisku.pdf>
40. Rámcový vzdělávací program pro obor vzdělání 18-20-M/01 Informační technologie [online]. Praha: MŠMT, 2008 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <http://zpd.nuov.cz/RVP/ML/RVP%201820M01%20Informacni%20technologie.pdf>
41. RVP pro střední odborné vzdělávání, Národní ústav pro vzdělávání. *Národní ústav pro vzdělávání* [online]. Copyright © [cit. 24.04.2020]. Dostupné z: <http://www.nuv.cz/t/rvp-os>
42. ŘÍČAN, P. (1972). *Psychologie osobnosti*. Praha: Orbis
43. SERAFÍN, Č. (2004). *Elektrotechnika, stroje, přístroje a zařízení*. In *Technická výchova – součást humanistického modelu pregraduální přípravy učitelů* (s. 99–118). Praha, Olomouc: Votobia, Univerzita Palackého, Pedagogická fakulta.
44. SMÉKAL, V. (2004). *Pozvání do psychologie osobnosti*. Brno: Barrister & Principal. ISBN 80-86598-65-9.
45. SPOUSTA, V. (2003). *Vidění je vědění – ke gnozeologickým aspektům vizualizace*. *Pedagogická orientace*, 13(3), 22–27.
46. ŠKÁRA, I. (1993). *Úvod do teorie technického vzdělávání a technické výchovy žáků základní školy: [určeno pro posl. pedagog. fak.]*. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 80-210-0743-5.
47. *Školní vzdělávací program - Strojírenství – obsluha CNC strojů: Dle RVP 23-41-M/01* [online]. Šumperk: Střední škola železniční, technická a služeb, 2017 [cit. 2020-04-25]. Dostupné z: [http://www.sszts.cz/dokumenty/skolni\\_vzdelavaci\\_programy/1.rocniky/svp-strojirenstvi-cnc\\_2017.pdf](http://www.sszts.cz/dokumenty/skolni_vzdelavaci_programy/1.rocniky/svp-strojirenstvi-cnc_2017.pdf)
48. VENTOLA, C. (2014). *Medical Applications for 3D Printing: Current and Projected Uses*. *P&T* [online]. 39(10), 704-711 [cit. 2020-04-23]. PMID: 25336867. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4189697/>
49. WANG, Y., CHEN, T. a YEH, Y. (2018). *Advanced 3D printing technologies for the aircraft industry: a fuzzy systematic approach for assessing the critical factors*. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* [online]. 105, 4059–4069 [cit. 2020-04-23]. DOI: 10.1007/s00170-018-1927-8. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-018-1927-8>
50. WIMMER, M. (1990). *Jak rozvíjet technickou tvořivost*. 1. vyd. Praha: Práce. ISBN: 80-208-0032-8

51. ŽÁK, P. (2004). *Kreativita a její rozvoj*. Brno: Computer Press. Business books (Computer Press). ISBN 80-251-0457-5.

## **SEZNAM GRAFŮ**

Graf č. 1 – Porovnání množství kroků pracovního postupu mezi výzkumnými vzorky

Graf č. 2 – Porovnání použité předlohy pro účely modelování mezi jednotlivými vzorky

Graf č. 3 – Porovnání počtu fází napříč všemi výzkumnými vzorky

Graf č. 4 – Porovnání zvolené metody modelování napříč výzkumnými vzorky

Graf č. 5 – Frekvencovanost užití modelovacích nástrojů či operací mezi výzkumnými vzorky

Graf č. 6 – Frekvencovanost užití geometrických tvarů při modelování mezi jednotlivými vzorky

Graf č. 7 – Procentuální zastoupení konkrétního popisu činnosti napříč výzkumnými vzorky

## **SEZNAM TABULEK**

Tabulka č. 1 – Ganttův diagram fází pracovního postupu napříč jednotlivými výzkumnými vzorky

## ANOTACE

<b>Jméno a příjmení:</b>	Bc. Roman Fiala
<b>Katedra:</b>	Katedra technické a informační výchovy
<b>Vedoucí práce:</b>	Mgr. Michal Mrázek
<b>Rok obhajoby:</b>	2020

<b>Název práce:</b>	Rozvoj kreativního myšlení při práci s technologiemi 3D tisku na středních školách
<b>Název v angličtině:</b>	The use of 3D printing technologies in the development of creative thinking in secondary school students
<b>Anotace práce:</b>	Tato diplomová práce se zabývá rozvojem kreativního myšlení při práci s technologiemi 3D tisku u žáků středních škol. Teoretická část práce se proto skládá ze tří kapitol věnovaných technologiím 3D tisku, kreativnímu myšlení a koncepci tvořivého vyučování využívající technologie 3D tisku. Praktická část diplomové práce se zabývá kvalitativním výzkumem, prostřednictvím kterého se pokouší zjistit, zda je možné na základě analýzy retrospektivních formulací pracovního postupu žáků v rámci výuky využívající technologií 3D tisku identifikovat myšlenkové procesy spojené s tvořivostí.
<b>Klíčová slova:</b>	kreativita, myšlení, tvořivost, představivost, 3D tisk, 3D technologie, žák, střední školy
<b>Anotace v angličtině:</b>	This diploma thesis deals with the development of creative thinking in working with 3D printing technologies in high school students. The theoretical part of the thesis therefore consists of three chapters devoted to 3D printing technologies, creative thinking and the concept of creative teaching using 3D printing technologies. The practical part of the diploma thesis deals with qualitative research, through which it tries to find out whether it is possible to identify thought processes associated with creativity based on the analysis of retrospective formulations of students' workflow in teaching using 3D printing technology.
<b>Klíčová slova v angličtině:</b>	creativity, thinking, imagination, 3D printing, 3D technology, pupil, high school
<b>Přílohy vázané v práci:</b>	0
<b>Rozsah práce:</b>	99 stran
<b>Jazyk práce:</b>	Čeština