

ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA o.p.s.

Studijní program: N0413A050001 Ekonomika a management

Studijní obor/specializace: Specializace Řízení mezinárodních dodavatelských řetězců

Ekonomické vyhodnocení investice do 3D tisku kovů ve společnosti ŠKODA AUTO a.s. Diplomová práce

Bc. Martina BAŠUSOVÁ

Vedoucí práce: prof. Ing. Radim Lenort, Ph.D.

*Tento list vyjměte a nahradte zadáním závěrečné práce s elektronickými podpisy.
Pozor, v tištěné verzi musí být zadání vytištěné oboustranně.*

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci vypracoval(a) samostatně a použité zdroje uvádím v seznamu literatury. Prohlašuji, že jsem se při vypracování řídil(a) vnitřním předpisem ŠKODA AUTO VYSOKÉ ŠKOLY o.p.s. (dále jen ŠAVŠ) směrnicí Vypracování závěrečné práce.

Jsem si vědom(a), že se na tuto závěrečnou práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, že se jedná ve smyslu § 60 o školní dílo a že podle § 35 odst. 3 je ŠAVŠ oprávněna mou práci využít k výuce nebo k vlastní vnitřní potřebě. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna podle § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách.

Beru na vědomí, že ŠAVŠ má právo na uzavření licenční smlouvy k této práci za obvyklých podmínek. Užiji-li tuto práci, nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, mám povinnost o této skutečnosti informovat ŠAVŠ. V takovém případě má ŠAVŠ právo ode mne požadovat příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to až do jejich skutečné výše.

V Mladé Boleslavi dne 6.1.2023

Děkuji prof. Ing. Radim Lenort, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce. Rovněž bych chtěla poděkovat Ing. Janu Zajíci ze společnosti ŠKODA AUTO a.s. za poskytování rad a informačních podkladů.

Obsah

Úvod	7
1 Co je to 3D tisk?	8
1.1 Historie 3D tisku	9
1.2 Využití 3D tisku	10
1.3 Technologie 3D tisku	14
1.3.1 Technologie vytlačování materiálu	15
1.3.2 Polymerizace v kádích	17
1.3.3 Fúze v práškovém loži (polymery)	19
1.3.4 Tryskání materiálu	21
1.3.5 Tryskání pojiva	23
1.3.6 Fúze v práškovém loži (kovy)	24
2 Investice a jejich efektivita	27
2.1 Znaky investice	27
2.2 Hodnocení podnikových investic	28
2.2.1 Statické metody	29
2.2.2 Dynamické metody	32
3 Investice do 3D tiskárny a její vyhodnocení	37
3.1 Představení společnosti ŠKODA AUTO a.s.	37
3.1.1 Oddělení PSW-F	39
3.2 Výběr 3D tiskárny a vyhodnocení této investice	39
3.2.1 Výběr 3D tiskárny	39
3.2.2 Vyhodnocení investice do 3D tiskárny	42
4 Návrhy na zvýšení návratnosti investice a jejich vyhodnocení	47
4.1 Spolupráce s koncernem	47
4.2 Využití volné kapacity 3D tiskárny	48
Závěr	50
Seznam literatury	52
Seznam obrázků a tabulek	56
Seznam příloh	57

Seznam použitých zkratek a symbolů

CF	Cash Flow
DLP	Direct Light Processing
DMLS	Direct Metal Laser Sintering
DOD	Drop On Demand
EBM	Electron Beam Melting
FDM	Fused Filament Fabrication
FFF	Fused Deposition Modeling
IRR	Internal Rate of Return
NPV	Net Present Value
PI	Profitability Index
PP	Payback Period
PV	Present Value
ROI	Return on Investments
SHM	Selective Heat Sintering
SLA	Stereolithography
SLM	Selective Laser Melting
SLS	Selective Laser Sintering
ŠA	ŠKODA AUTO a.s.
VW	Volkswagen
WACC	Weighted Average Cost of Capital
WSA	Weight Sum Approach

Úvod

Společnost ŠKODA AUTO a.s. je nejen přední značkou v automobilovém průmyslu, ale také lídrem v oblasti inovací a zavádění nových technologií. Jednou z nich je právě technologie 3D tisku, která v posledních letech skutečně dobývá svět a nachází uplatnění v mnoha odvětvích průmyslu. Technologie 3D tisku přináší s sebou plno výhod, hlavní výhodou je zkrácení doby výroby a možnost vyrobit díly takového tvaru, které doposud nebylo možné vyrobit. A právě proto tato technologie nabízí společnosti nové možnosti řešení při výrobě dílů.

Cílem této diplomové práce je ekonomické vyhodnocení investice do 3D tisku kovových dílů ve společnosti ŠKODA AUTO a.s. Toto ekonomické vyhodnocení investice umožní udělat rozhodnutí o přijetí či nepřijetí investičního záměru z hlediska jeho míry návratnosti. Následně navrhnout řešení, jak dosáhnout rentabilnějšího využití této 3D tiskárny.

Celá práce zahrnuje jak teoretické, tak i praktické poznatky z daného oboru a je rozdělena do čtyř hlavních kapitol. První dvě kapitoly obsahují teoretická východiska, v první kapitole je vymezen pojem 3D tisk, tedy jeden z klíčových pojmů pro tuto práci. Konkrétně je zde vysvětleno, jak tato metoda tisku probíhá, dále je zmíněna její historie a využití v praxi, a nakonec jsou zde popsány jednotlivé technologie 3D tisku. Druhá kapitola se zabývá tématem investice a jejich efektivita, Tato kapitola je zaměřena na základní znaky investic a jejich metody hodnocení, jelikož získané poznatky právě z této oblasti jsou nezbytné pro provedení praktické části této práce.

Praktická část začíná třetí kapitolou, která obsahuje proces stanovení základních parametrů investice do pořízení 3D tiskárny a její následné vyhodnocení. Nejdříve je zde představena společnost ŠKODA AUTO a.s. a blíže popsány hlavní činnosti oddělení výroby metalurgického nářadí, které usiluje o přijetí investice do 3D tiskárny kovových dílů. Druhá část kapitoly se zabývá analýzou trhu 3D tiskáren a následným výběrem vhodné tiskárny pro investiční záměr. Na základě definování základních parametrů investice je vyhodnocena její efektivnost. V poslední kapitole autorka práce navrhuje řešení na zvýšení návratnosti investice a poukazuje na jejich pozitivní dopad na míru návratnosti investice. Především se zaměřuje na to, jak efektivně využít volnou kapacitu 3D tiskárny.

1 Co je to 3D tisk?

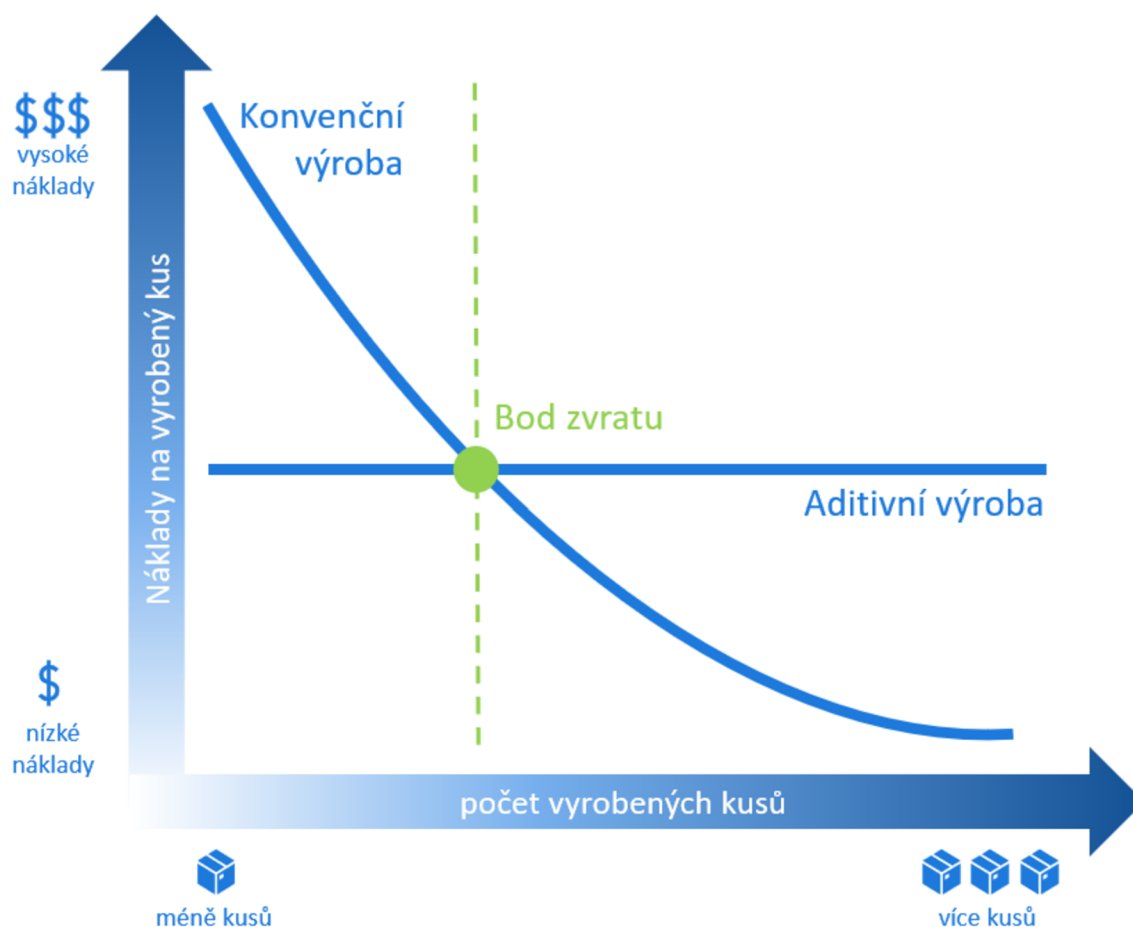
Pojem 3D tisk zahrnuje celou řadu procesů a technologií, které nabízejí celou škálu možností pro výrobu dílů a výrobků z různých materiálů. Technologie 3D tisku se v posledních letech objevuje čím dál častěji a tato technologie proniká stále hlouběji do průmyslových, výrobních i spotřebitelských oddělení (3D Printing Industry, 2022). Stříteský, Průša a Bach (2019), jedni z průkopníků 3D tisku v České republice, považují tvrzení, že se jedná o novou technologii za nepravdivé, protože první zmínka o 3D tisku se objevila už v 80. letech minulého století. V posledním desetiletí se prudce rozvíjí, díky čemuž dochází k neustálému vývoji tiskáren, a tiskových materiálů. Ač se může ze začátku zdát 3D tisk jako složitý, ve výsledku se nejedná o žádnou složitou technologii. Opak je pravdou, jeho základní principy jsou velmi jednoduché a je běžně přístupný pro každého uživatele, proto nachází své uplatnění dokonce i v domácnostech.

3D tisk je automatizovaný proces, při kterém se z digitální předlohy (3D modelu) vytváří fyzický model. Jedná se o jeden ze způsobů tzv. aditivní výroby. To znamená, že model vzniká postupným přidáváním materiálu. Dochází k nanášení mnoha po sobě jdoucích tenkých vrstev materiálu dle předem vytvořeného modelu, dokud nevznikne finální podoba skutečného produktu (3D Printing Industry, 2021). Aditivní výroba je přesným opakem subtraktivní výroby, která spočívá v obrábění dílů a tím pádem dochází k odebírání materiálu (Stříteský, Průša a Bach, 2019).

Mnoho lidí aditivní výrobu popisuje jako revoluci ve vývoji a výrobě produktů. Proč tomu tak je? Jedním z hlavních přínosů je zrychlení celého procesu, protože se v celém procesu používají počítače a s tím spojené programy. Další výhodou je, že při použití aditivní výroby, lze výrazně snížit počet potřebných procesů a zdrojů. Například při ručním vyřezávání jsou operace zdlouhavé, obtížné, náročné a náchylné k chybám. Právě pomocí této výroby lze mnohé z těchto vícestupňových procesů odstranit nebo alespoň zjednodušit. Dílny, které využívají tuto technologii, mohou být mnohem čistší, efektivnější a univerzálnější než dříve (Gibson, Rosen a Stucker, 2015).

Prozatím byly vyjmenovány pouze samé výhody aditivní výroby a jak už tomu bývá, každá věc má dvě strany, tak i tato technologie má své určité nevýhody. V některých

případech se nevyplatí využít aditivní způsob výroby, a to z důvodu vysokých nákladů a složitosti zejména při výrobě velkých dílů nebo velmi jednoduchých dílů (Miller a Sofio, 2017).



Zdroj: (Cotteleer, 2014, str. 8)

Obr. 1 Analýza rentability porovávající konvenční a aditivní výrobu

Jak ukazuje obrázek 1, v případě jedinečných a velmi specifických dílů, které se vyrábí po jednom kuse či ve velmi omezeném počtu, se vyplatí aditivní výroba. Naopak při velkosériové výrobě jednoduchých dílů má konvenční výroba značnou nákladovou výhodu. Proto je vždy třeba velmi důkladně zvážit, zda se aditivní výroba pro daný typ výrobku vyplatí či je výhodnější využít tradiční způsob výroby.

1.1 Historie 3D tisku

První technologie 3D tisku se poprvé objevily koncem 80. let 20. století a tehdy se označovaly jako tzv. Rapid Prototyping (rychlá výroba prototypů). S tímto označením se lze setkat dodnes. Ve skutečnosti byly tyto technologie využívány

pro rychlou a nákladově efektivnější výrobu porototypů pro vývoj produktů. I přes to, že tiskem prototypu se ušetřily stovky tisíc, byla tato technologie velmi nákladná a tím pádem těžko dostupná běžným uživatelům. Avšak do té doby, než se na trh dostaly cenově dostupné 3D tiskárny (Stříteský, Průša a Bach, 2019).

Reálně však za vznikem 3D tisku stojí Charles Hull, který v roce 1984 vyvinul technologii tzv. stereolitografie (vytvrzování fotopolymerů do 3D tvarů pomocí UV laserů). Tato technologie spočívá v trojrozměrném laserovém tisku s využitím UV laseru a tekutého fotopolymeru. Tuto technologii si Hull nechal v roce 1986 patentovat a byl vůbec první, kdo byl schopen přenést digitální 3D data do fyzické podoby. Poté založil společnost 3D Systems Corporation, jednu z největších a nejplodnějších organizací, které dnes působí v oblasti 3D tisku (Milewski, 2017). Stříteský, Průša a Bach (2019) pak ve své knize dodávají, že stereolitografie se běžně označuje jako SLA a používá se dodnes. V roce 1992 začala právě společnost 3D Systems vyrábět a prodávat první komerčně dostupnou 3D tiskárnu na technologii SLA.

V průběhu 90. let a počátkem roku 2000 byla i nadále zaváděna řada nových technologií, které byly stále zaměřeny výhradně na průmyslové aplikace. S rozšířením výrobních aplikací se vyvinula i terminologie a pro všechny procesy se vžil souhrnný termín aditivní výroba. Rok 2005 byl pravděpodobně nejdůležitějším rokem v novodobé historii 3D tisku a rokem zlomu pro dostupnost technologie 3D tisku. Na univerzitě v Bathu byl doktorem Adrianem Bowyerem založen projekt RepRap (3D Printing Industry, 2022). Podstatou tohoto projektu byla možnost zpřístupnit 3D tisk běžné veřejnosti, proto od samého začátku byl projekt koncipován pod licencí open source. To umožnilo nadšencům z celého světa zapojit se do spolupráce, díky čemuž se technologie začala šířit po celém světě. Zlom nastal v roce 2007, kdy se 3D tisk začal dostávat lidem do podvědomí a stával se oblíbeným čím dál tím více (3D tiskni, 2019). Díky tomu jsou nyní RepRap tiskárny nejrozšířenějším druhem tiskáren na celém světě (Stříteský, Průša a Bach, 2019).

1.2 Využití 3D tisku

Jak již bylo zmíněno v předešlé kapitole, 3D tisk byl zprvu využíván jako nástroj na výrobu rychlých a levných prototypů. S nástupem levnějších technologií, a také

díky snížení cen, přišla i další využití (Stříteský, Průša a Bach, 2019). Důvodem nedávného rozmachu využití 3D tisku je do značné míry i to, že se jedná o jednoduchou technologii, jejíž uplatnění lze najít napříč průmyslovými odvětvími i vzděláváním (MakerBot Industries, 2022). Mezi hlavní oblasti, kde se nejčastěji využívá 3D tisk patří:

- zdravotnictví,
- letecký průmysl,
- automobilový průmysl,
- šperkařství a umění,
- architektura a stavebnictví.

Zdravotnictví

Ve zdravotnictví je 3D tisk velmi populární z důvodu velmi specifických a tvarově náročných dílů, které jsou vyráběny pacientům na míru po předchozím skenování. Například lze využít při výrobě nejrůznějších implantátů, kloubů, části páteře, zubních korunek či můstků (Vanta, 2019). 3D tištěné protézy jsou úkazkou všestrannosti 3D tisku, protože je obtížné a velmi nákladné vyrobit protézu, která by pacientovi přesně seděla. Díky 3D tisku lze vymodelovat a vytisknout odměřené protézy s výrazně nižšími náklady (MakerBot Industries, 2022). V covidové době 3D tisk ukázal své uplatnění při výrobě ochranných pomůcek jako byly například ochranné štíty nebo držáky na respirátory.

Jednou z aplikací jsou i zubní přístroje při výrobě zubních korunek, můstků a zubních implantátů na míru. Přestože je při výrobě kladem vysoký důraz na přesnost a ani materiály používané k výrobě nejsou levné, začíná být tento způsob personalizované výroby velmi rozšířený, jelikož každý implantát je vždy upraven každému pacientovi na míru dle jeho požadavků (Milewski, 2017). Dalším příkladem ze zubního prostředí je výroba zubních rovnátek, která jsou pomocí otisků vyrobena přímo konkrétnímu zákazníkovi a jsou přizpůsobena dle jeho tvaru chrupu. V poslední řadě lze také zmínit výrobu ortopedických vložek do bot či přímo výrobu bot dle individuálních potřeb zákazníka (Kloski a Kloski, 2017).

Letecký průmysl

V současné době se tiskne mnoho dílů do letadel a do budoucnosti se očekává, že se budou tisknout i části trupu. Jak už bylo několikrát zmíněno výhodou 3D tisku je možnost výroby tvarově velmi složitých dílů, což platí i v leteckém průmyslu. Cílem všech výrobců letadel je snižovat hmotnost letadla a tisk tak pomáhá urychlovat změny při konstrukci a šetřit tím i náklady na vývoj (Vanta, 2019). Vzhledem k tomu, že se jedná o velmi kritický obor z hlediska bezpečnosti, je výzkum a vývoj velmi náročný a namáhavý, především z důvodu velmi přísných standardů a požadavků na bezpečnost. Z tohoto důvodu jsou systémy 3D tisku podrobovány přísným zkouškám (3D Printing Industry, 2022).

3D tisk našel uplatnění i v kosmickém průmyslu. Vesmírné a kosmické aplikace vyžadují přísné postupy a certifikace procesů a komponent. Významné úspory lze dosáhnout právě snížením počtu těchto certifikovaných dílů a procesů (např. spojováním) použitých k výrobě součástí. Dále tento způsob výroby využívá plno společností při výrobě dílů a součástí, které slouží pro testování při extrémních teplotách a tlacích (Milewski, 2017).

Automobilový průmysl

Samozřejmě nelze opomenout automobilový průmysl, kde našel 3D tisk své prvotní uplatnění a v současné době je nejrozšířenější oblastí využití. V automobilovém průmyslu se objevují velmi náročné a složité díly na výrobu, které lze pomocí tradiční výroby vyrobit jen obtížně. Avšak pomocí 3D tisku se šetří čas a materiál potřebný k výrobě.

Například u tradičního prototypu vyráběného vstřikováním může výroba jedné formy stát stovky tisíc dolarů a trvat týdny, což je velmi nepraktické. Technologie 3D tisku výrazně zkracuje dobu potřebnou pro tradiční výrobu a umožňuje vyrobit prototyp v řádu hodin, nikoli týdnů, a za zlomek nákladů (MakerBot Industries, 2022).

Výhodou také je, že pokud podnik plánuje vyrábět sérii produktů, která je příliš malá na odůvodnění vysokých nákladů spojených s přípravou výroby, 3D tisk těchto produktů je často levnější. Dalším benefitem je i fakt, že v případě potřeby změny u produktu, není nutné znovu platit náklady na přípravu výroby. Stačí pouze upravit 3D model a tisknout novou verzi produktu. Díky tomu je možné provádět změny v dílech velmi často a rychle bez dalších nákladů (Stříteský, Průša a Bach, 2019).

Nejčastěji je tisk využíván pro výrobu nedostupných náhradních dílů nejen pro běžná auta, ale především pro veterány, jejichž díly se už nevyrábějí a často je potřeba jenom jeden kus (Vanda, 2019).

Šperkařství a umění

Nečekané uplatnění našla technologie i ve světě umění a výroby šperků. Využití našla, stejně jako v případě automobilového průmyslu, při výrobě individuálních šperků, které je obtížné vyrobit tradičním způsobem (MakerBot Industries, 2022). Díky tomu, že se jedná o výrazně menší výrobky než u tisku automobilových a leteckých součástí, mohou být tiskárny menší a relativně levnější. Navíc u výroby šperků není nutné požadovat tak vysokou úroveň certifikace a kontroly, a proto je šperkařství velmi atraktivním trhem pro aditivní výrobu. Výhodou oproti konvenční výrobě je opět nižší spotřeba materiálu a vyšší efektivita při zakázkové výrobě (Milewski, 2017).

Umělci a sochaři využívají 3D tisk nesčetnými způsoby, aby prozkoumali formu a funkci dříve nemožnými způsoby. Umělci a studenti mají díky 3D skenování a následnému tisku k dispozici reprodukci děl sochařských mistrů a vytváření přesných replik nejznámějších uměleckých děl. Díky těmto replikám mohou studenti blíže zkoumat nejrůznější díla a přiučit se novým dovednostem (3D Printing Industry, 2022).

Architektura a stavebnictví

Architektonické modely jsou již dlouho základním využitím 3D tisku pro výrobu přesných demonstračních modelů architektonických vizí (3D Printing Industry, 2022). Vyrábění modelů ručně je nejen náročné na preciznost, ale hlavně z časového hlediska, proto architekti využívají pro tvorbu modelů 3D tisk. 3D vizualizace jejich nápadů jim umožňuje modely vyrábět rychleji a levněji a zároveň pomáhá klientům lépe porozumět celkovému záměru architekta díky zhmotnění počítačového návrhu (Stříteský, Průša a Bach, 2019). V oddělení stavebnictví má 3D tisk širokou škálu aplikací v soukromém, komerčním, průmyslovém a veřejném sektoru. Mezi výhody těchto technologií lze zařadit možnost složitějších a více přesnějších staveb, rychlejší výstavby, nižší nákladů na pracovní sílu a snížení množství odpadu (MakerBot Industries, 2022).

1.3 Technologie 3D tisku

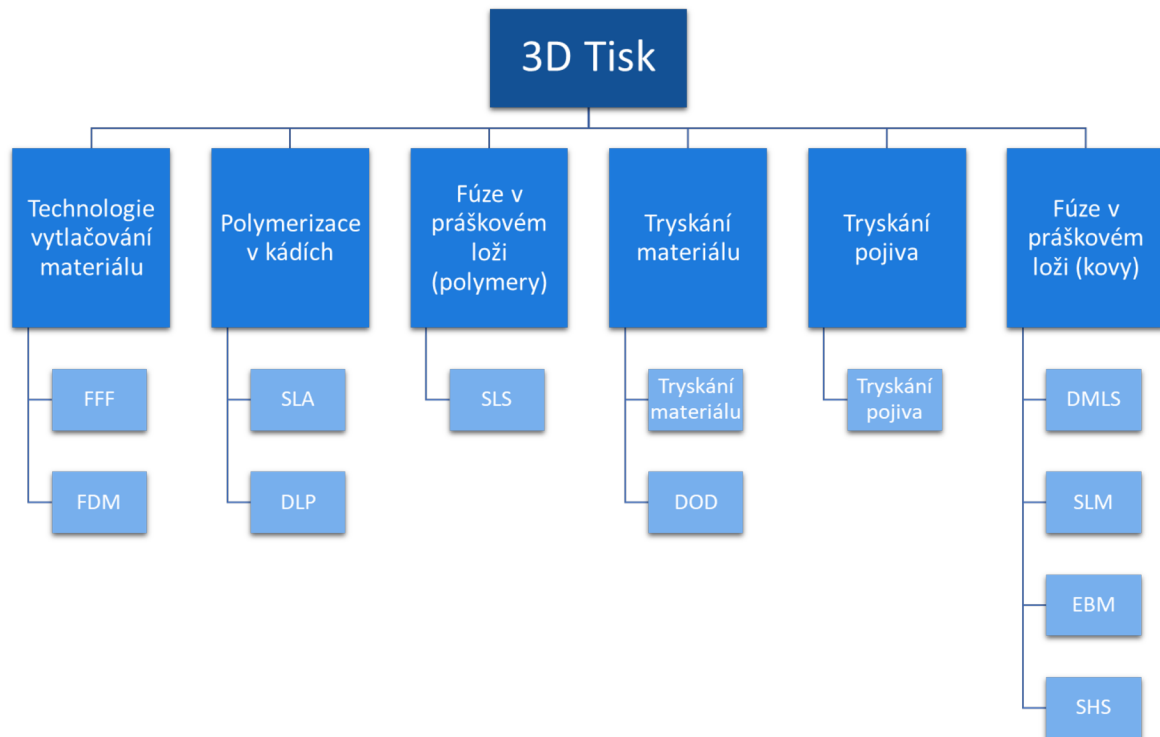
Výběr optimálního procesu 3D tisku pro konkrétní návrh může být obtížný. Vzhledem k různým metodám 3D tisku a materiálům je často vhodných několik postupů, přičemž každý z nich nabízí rozdíly ve vlastnostech, jako je rozměrová přesnost, povrchová úprava a požadavky na následné zpracování (Redwood, Schöffler a Garret, 2017).

Nicméně všechny technologie 3D tisku jsou založeny na stejném principu – postupném nanášení vrstev na sebe. Každý typ 3D tiskárny využívá jinou technologii, při které jsou různé materiály zpracovávány odlišným způsobem (3D Printing Industry, 2022). Jelikož neexistuje žádná univerzální technologie 3D tisku, která by se dala použít pro jakýkoliv účel, je důležité si rozmyslet, jak a za jakým účelem bude tiskárna používána a co od ní lze očekávat. Teprve na základě požadavků na tiskárnu lze zvolit tu nejvhodnější konkrétně pro daný účel.

Stříteský, Průša a Bach (2019) ve své knize uvádějí nejznámější technologie 3D tisku, které je možné rozdělit do tří kategorií podle toho, jakou podobu má tiskový materiál, a jakým způsobem je zpracováván:

1. **Materiál v podobě tiskové struny je extrudovaný** (vytlačovaný) tiskovou hlavou skrz rozehrátou trysku. Příkladem je technologie FDM (Fused Deposition Modeling) / FFF (Fused Filament Fabrication). Oba tyto názvy lze považovat za synonyma.
2. **Tekutý materiál** je vytvrzován v rámci vrstvy na definovaných oblastech. Příkladem je technologie SLA (stereolitografie), kdy materiál je vytvrzován světelným paprskem.
3. **Materiál v podobě jemného prášku** je sinterován (spékán, nikoliv roztavován) laserem. Představitelem tohoto principu je technologie SLS (Selective Laser Sintering).

Skutečnost, že existuje mnoho typů technologií 3D tisku a některé z nich jsou velmi podobné či zcela totožné, vede k patentovým sporům mezi vynálezci. Každý z nich si nechal vytvořit ochrannou známku, což vedlo k omezenému použití dané technologie kvůli možnému porušení práv, přestože se technologie ve své podstatě shodovaly (Redwood, Schöffler a Garret, 2017).



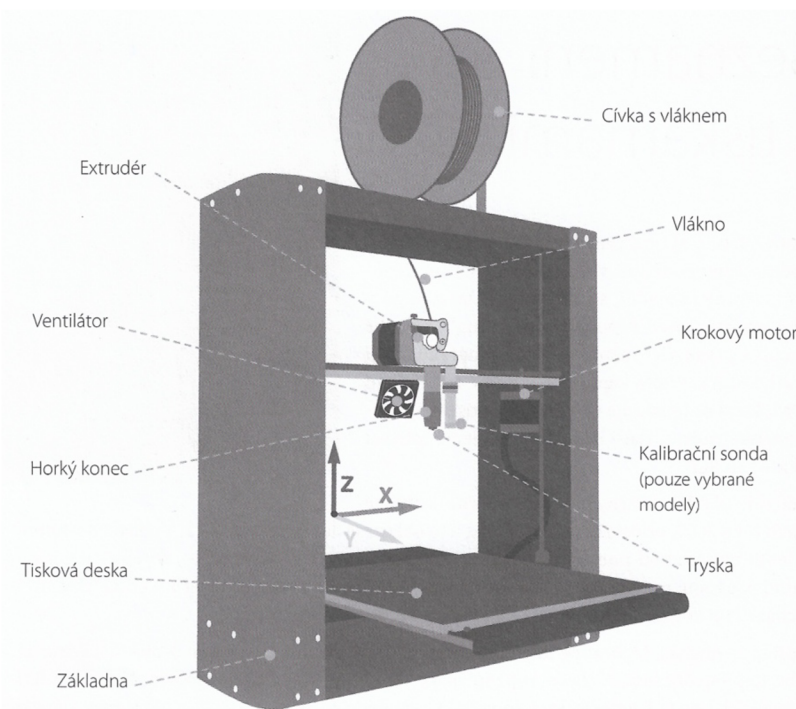
Zdroj: (Redwood, Schöffer a Garret, 2017, str. 26)

Obr. 2 Přehled technologií aditivní výroby

Protože existuje velké množství nejrůznějších technologií je pro začátečníky v tomto oboru obecně nesnadné se zorientovat mezi všemi technologiemi. Z tohoto důvodu byla v roce 2015 vytvořena norma ISO/ASTM 52900 s cílem sjednotit veškerou terminologii a klasifikovat jednotlivé metody 3D tisku. Tato norma definuje sedm kategorií procesů aditivní výroby (Redwood, Schöffer a Garret, 2017). Tyto kategorie jsou zobrazeny na obrázku 2. U každé kategorie je popis procesu, jaké technologie do ní spadají a jaké mají materiálové možnosti. Norma také zmiňuje i klíčové společnosti pro danou technologii. V následujících kapitolách budou jednotlivé kategorie popsány podrobněji.

1.3.1 Technologie vytlačování materiálu

Jak je možné vidět v přehledu, nejběžnější technologií vytlačování materiálu je FFF (Fused Filament Fabrication). Často taky označovaná jako FDM (Fused Deposition Modeling), což je registrovaná značka společnosti Stratasys. Oba tyto názvy se dají považovat za synonyma, přičemž se dále bude hovořit především o technologii FFF (Redwood, Schöffer a Garret, 2017).



Zdroj: (Kloski a Kloski, 2017, str. 42)

Obr. 3 Tiskárna typu FFF

Tisk začíná na rovné tiskové desce, kde postupně vzniká finální výrobek. Do tiskárny se vloží cívka, na kterou je navinuta tisková struna neboli filament (zpravidla to bývá plastové vlákno) a zavede se do tzv. extrudéru (tiskové hlavy). Jakmile tryska nacházející se na konci extrudéru dosáhne požadované teploty, motor začne pohánět filament skrz zahřátou trysku a taví jej (Kloski a Kloski, 2017). Tiskárna pak pomocí krokových motorů pohybuje extrudérem a pokládá roztavený materiál na přesně určené místo, kde se ochladí a ztuhne. Jakmile je vrstva hotová, stavební plošina se posune dolů a proces se opakuje (Redwood, Schöffler a Garret, 2017).

Vytlačovaný materiál musí být při výstupu z trysky v polotuhém stavu a následně musí zcela ztuhnout. Kromě toho se musí spojit s již vytlačeným materiálem, aby vznikla pevná struktura (Gibson, Rosen a Stucker, 2015). K tomu pomáhá ventilátor, který řídí teplotu tuhnutí a pomáhá lépe propojit jednotlivé vrstvy (Kloski a Kloski, 2017). Součástí tiskárny je i rám, který tvoří nosnou konstrukci celé tiskárny a tím pádem určuje její celkový tvar. To, z čeho je rám vyroben má významný vliv i na kvalitu tisku. Čím je pevnější, tím lépe snižuje vibrace a umožňuje tisknout

rychleji aniž by se snížila kvalita tisku (Stříteský, Průša a Bach, 2019). Všechny tiskárny FFF mají komponenty znázorněné na obrázku 3.

1.3.2 Polymerizace v kádích

Technologie polymerizace využívá jako základní materiál kapalnou pryskyřici (polymer) obsažený v kádi, která je vytvářena světelným zdrojem. Podstata spočívá v tom, že po ozáření tyto materiály podléhají chemické reakci a mění se v podobě pevné hmoty, která umožňuje výrobu velmi přesných dílů. Tato reakce se nazývá fotopolymerizace (Gibson, Rosen a Stucker, 2015). Nejběžnějšími formami vanové polymerizace jsou SLA (Stereolithography) a DLP (Direct Light Processing).

Stereolitografie SLA

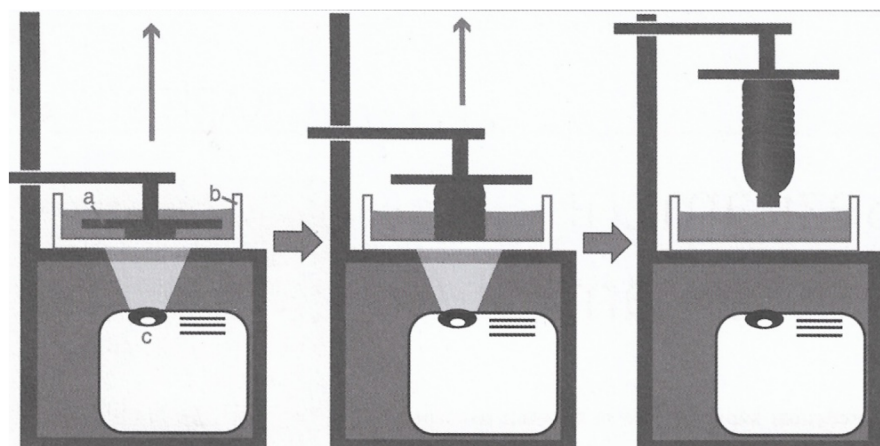
Oproti technologii FFF, tiskárny tohoto typu nepoužívají vlákno, ale pracují s kapalnou pryskyřicí (polymerem). Princip je založen na vytváření pryskyřice pomocí světla na požadovaných místech. V porovnání s FFF tiskárnami je tisk preciznější, ale na úkor delšího času a menší tiskové plochy, proto své uplatnění nachází nejčastěji v medicíně a šperkařství (Stříteský, Průša a Bach, 2019).

Proces tisku je následující. Nejprve se musí do tiskárny vložit vana s kapalnou pryskyřicí. Podstatnou změnou je, že tisková deska je orientovaná směrem dolů a ponoří se do vany (Kloski a Kloski, 2017). Pak už probíhá proces vytváření pomocí zrcadel (jedno na ose X a druhé na ose Y), která zaměří laserový paprsek přímo na tiskovou plochu a v požadovaných místech způsobují vytváření pryskyřice. Většina SLA tiskáren používá k ozáření UV laser (Redwood, Schöffler a Garret, 2017). Tisková deska se poté posune mírně nahoru a probíhá vytváření další vrstvy na určených bodech podle 3D dat dodaných do stroje. Takto se pokračuje, dokud není celý objekt dokončen (Kloski a Kloski, 2017).

DLP (Direct Light Processing)

Podstata procesu u metody DLP je stejná jako u předchozí metody SLA. Zásadní rozdíl spočívá v tom, že DLP používá digitální světelný projektor, který osvětluje všechny tiskové vrstvy najednou. Technologie DLP může oproti SLA docílit kratší doby tisku, a to díky tomu, že celá vrstva je vytvářena najednou, místo aby se sledovala plocha průřezu laserovým paprskem (Redwood, Schöffler a Garret,

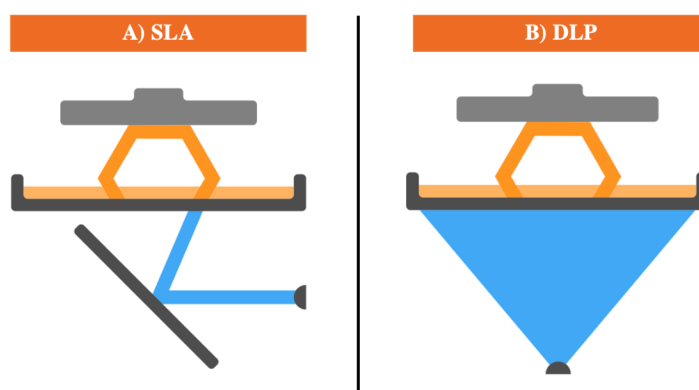
2017). Výhodou této technologie je, že nezáleží na tom, kolik se tiskne částí a jak velká je jejich plocha, protože čas tisku jedné vrstvy je stále stejný díky ozařování celé plochy najednou (Stříteský, Průša a Bach, 2019). Grafické znázornění procesu tisku je uvedeno na obrázku 4, kde je vidět orientace tiskové desky směrem dolů a postupné posouvání desky směrem nahoru.



Zdroj: (Kloski a Kloski, 2017, str. 70)

Obr. 4 Proces tisku technologie DPL

Jak již bylo zmíněno, hlavní rozdíl mezi technologií SLA a DLP je ve způsobu osvětlení tiskové vrstvy. A tento hlavní rozdíl lze vidět na obrázku 5. V levé části u metody SLA je laserový paprsek (modrá čára) namířen na tiskovou desku pomocí odrazu v zrcadlech. Druhý obrázek znázorňuje metodu DLP, kde světelný projektor (modrá část) osvětluje celou plochu tiskové desky napřímo.



Zdroj: (Stříteský, Průša a Bach, 2019, str. 17)

Obr. 5 Rozdíl mezi technologií SLA a DLP

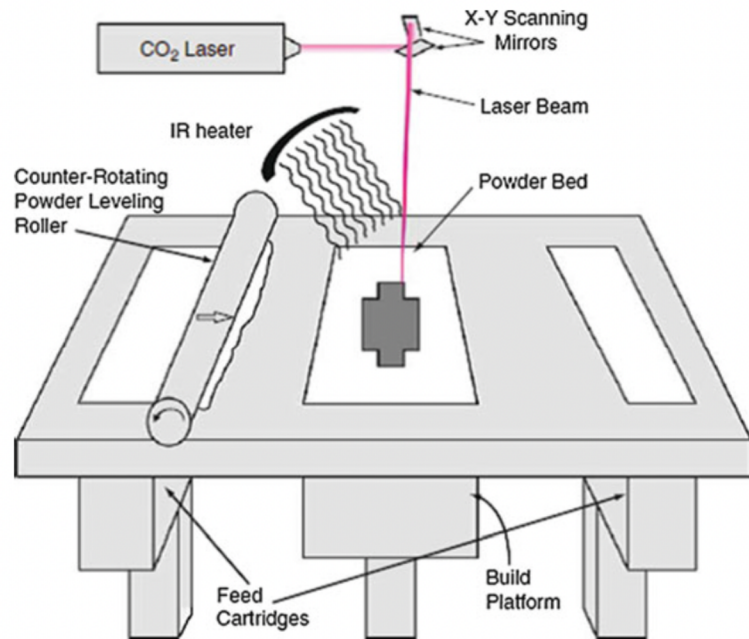
1.3.3 Fúze v práškovém loži (polymery)

Všechny procesy tohoto typu mají stejnou podstatu, využívají jeden nebo více tepelných zdrojů k vyvolání tavení částic polymerního prášku. Cílem je spojení těchto částic v předepsaném místě tak, aby vznikl pevný díl (Gibson, Rosen a Stucker, 2015). Většina technologií využívá mechanismy pro nanášení a vyhlazování prášku během konstrukce dílu, což vede k tomu, že výsledná součást je obalena práškem (Redwood, Schöffner a Garret, 2017). V odvětví 3D tisku se tato technologie s polymerním práškem k výrobě dílu obecně označuje jako SLS (Selective Laser Sintering). Základní proces je schématicky znázorněn na obrázku 6.

SLS (Selective Laser Sintering)

Selektivní laserové spékání je výrobní proces, při kterém dochází ke spojování práškových termoplastických polymerů pomocí laseru. Laser selektivně sintruje (spéká) jednotlivé částice prášku dohromady, čímž se prášek postupně vrstvu po vrstvě přeměňuje na pevnou část (Forgelabs, 2022). Tato technologie umožňuje vyrábět silné a funkční součásti, díky čemuž se aplikuje především v průmyslu (ČVUT, 2022).

Proces začíná zahřátím zásobníku s práškem do té doby, než je teplota těsně pod bodem tání polymeru. Poté se na konstrukční plochu nanese velmi tenká vrstva prášku (obvykle 0,1 mm) pomocí protiběžně rotujícího válce, jak je zobrazeno na obrázku 6 (Redwood, Schöffner a Garret, 2017). Celý proces probíhá v uzavřené komoře naplněné plynným dusíkem tak, aby se riziko oxidace a degradace práškového materiálu snížilo na minimum. Nad stavební plošinou se nachází infračervené ohříváče, které mají za úkol v komoře udržovat zvýšenou teplotu a zahřívání prášku. Toto přehřívání a udržování zvýšené, rovnoměrné teploty v konstrukční plošině snižuje spotřebu energie laseru nezbytné pro tavení prášku. Tento krok také zabraňuje deformaci dílu v důsledku nerovnoměrné tepelné roztažnosti, což vede ke smršťování a kroucení dílu (Gibson, Rosen a Stucker, 2015).



Zdroj: (Gibson, Rosen a Stucker, 2015, str. 108)

Obr. 6 Schéma procesu SLS

Po vytvoření a přehřátí vhodné vrstvy prášku se na práškové lože nasměruje laserový paprsek, který začne snímat povrch dané vrstvy. Laser je zaměřen na správné místo pomocí dvojice galvanometrů, díky kterým se může pohybovat po ploše (Redwood, Schöffler a Garret, 2017). Díky tomu se začne selektivně spékat prášek a tím se materiál spojí a vytvoří průřez dílu. Nespečený prášek zůstává volný na místě a podpírá díl při jeho výrobě, čímž odpadá potřeba podpurných konstrukcí. Díky tomu je SLS ideální technologie pro výrobu komplexních dílů (ČVUT, 2022).

Po naskenování celého průřezu se stavební plošina sníží o tloušťku jedné vrstvy a pomocí válce se nanese nová vrstva prášku. Laser opět začne spékat další vrstvu dílu a skenuje následný průřez dílu. Tento proces se opakuje do té doby, než je vytvořen celý díl (Redwood, Schöffler a Garret, 2017). Na konci procesu je celý model zasypan tiskovým materiálem (práškem), proto je třeba při vytváření modelu myslet i na to, jak bude možné nespečený prášek odstranit. Tento materiál lze pak opětovně použít pro další výrobu, takže díky tomu se snižuje množství odpadu (Stříteský, Průša a Bach, 2019).

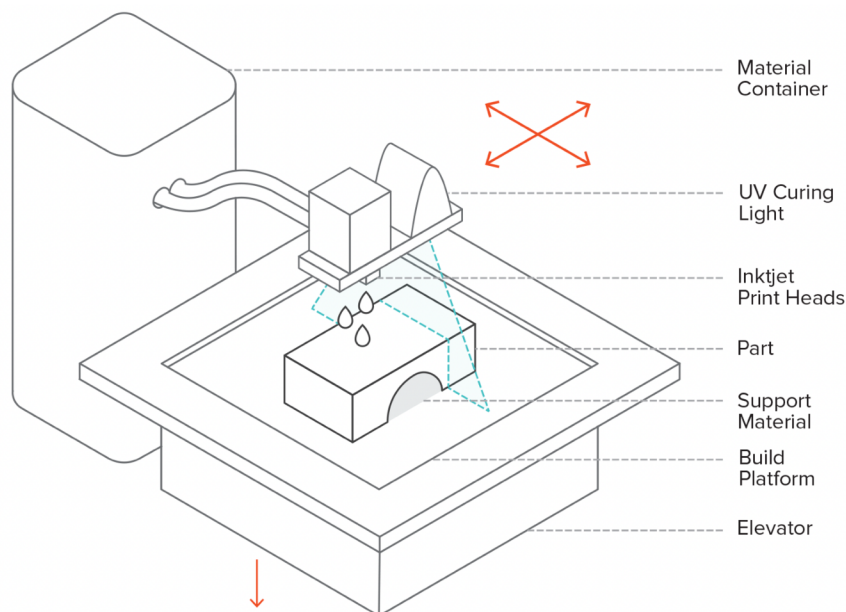
Avšak je důležité dávat pozor i při vyndávání hotových dílů z práškového lože. Pokud by byly vystaveny okolní teplotě a atmosféře dříve, než je povoleno,

může dojít k degradaci prášku a díly se mohou zdeformovat v důsledku tepelného smršťování. Nakonec se díly po vyndání z práškového lože očistí od přebytečného prášku. V některých případech je nutné ještě díly následně zpracovat, především se jedná o povrchové úpravy, protože díly vytištěné metodou SLS mají práškovitý a zrnitý povrch (Gibson, Rosen a Stucker, 2015).

1.3.4 Tryskání materiálu

Tato technologie je často přirovnávána k procesu dvourozměrného tisku (inkoustový tisk). K výrobě dílů dochází opět postupně vrstvu po vrstvě, stavební materiály (v kapalném nebo roztaveném stavu) jsou vytvrzovány působením UV světla (Redwood, Schöffler a Garret, 2017). Povaha procesu tryskání materiálu umožňuje na jeden díl nanášet současně různé materiály. Což znamená, že tato technologie umožňuje vyrobit díl z více materiálů, které mají navzájem odlišné vlastnosti a znaky. Tryskání materiálu je jedna z mála technologií, které umožňují tisk z více materiálů najednou a také barevný tisk. Jedná se o velmi přesnou metodu, při níž se vyrábějí díly s velmi hladkým povrchem (3D Printing Industry, 2022).

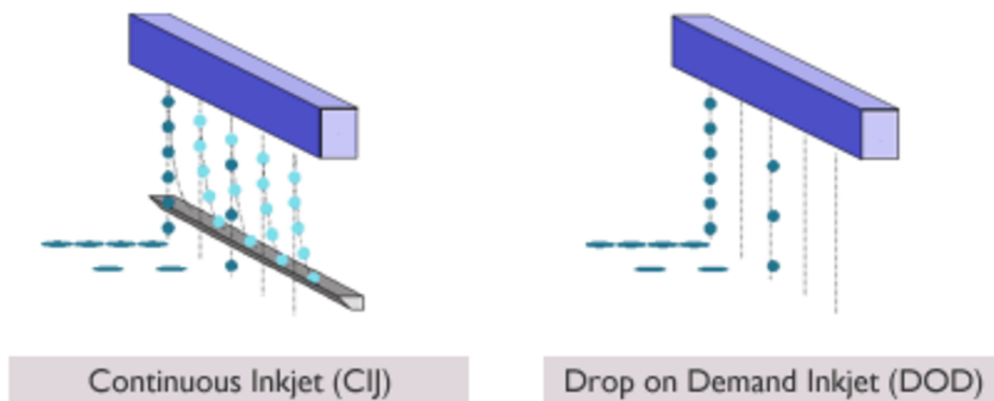
Jak již bylo zmíněno v předchozím odstavci, materiálová tryska se chová stejně jako inkoustová tiskárna s tím rozdílem, že místo jedné vrstvy inkoustu se nanese několik vrstev na sebe, aby vznikl finální produkt. Stavební materiály v podobě tekutých fotopolymerů jsou selektivně tryskány přes tiskové hlavy (přičemž další tryškají podpůrné materiály) a následně jsou pomocí UV světla vytvrzovány, jak ukazuje obrázek 7. Poté co je daná vrstva vytvrzena, posune se konstrukční plošina o tloušťku jedné vrstvy směrem dolů a proces se opět opakuje, dokud nevznikne finální produkt. Na rozdíl od většiny technologií 3D tisku využívající bodové nanášení, tato metoda nanáší materiál rychlým a liniovým způsobem, což ji umožňuje vyrábět díly mnohem rychleji (Redwood, Schöffler a Garret, 2017).



Zdroj: (Hubs, 2022)

Obr. 7 Schéma tiskárny pro tryskání materiálu

Během vývoje dvourozměrného tisku bylo vytvořeno několik způsobů tryskání kapiček fotopolymeru. V současnosti existují dva základní mechanismy generování kapek, a to kontinuální způsob a DOD (Drop On Demand). Rozdíl je v tom, jak kapalina proudí ven skrz trysku – buď jako souvislý proud kapaliny nebo jako nespojitě kapky (Gibson, Rosen a Stucker, 2015). Obrázek 8 ukazuje rozdíl mezi DOD (vpravo) a kontinuálním způsobem (vlevo). DOD tiskárny sledují nastavenou dráhu a tryskají materiál v jednom pohyblivém bodě. Na rozdíl od kontinuálního tisku, kdy tiskové hlavy dávkují nepřetržitý proud inkoustu. Inkoust, který není pro tiskovou úlohu potřebný, se shromažďuje v zásobníku a vrací zpět do zásobníku. Při DOD tisku tisková hlava dávkuje inkoust pouze tehdy, když je materiál potřeba nanést na dané místo. Zároveň technologie DOD umožňuje při tisku měnit velikost kapek (Engineered Printing Solutions, 2022).

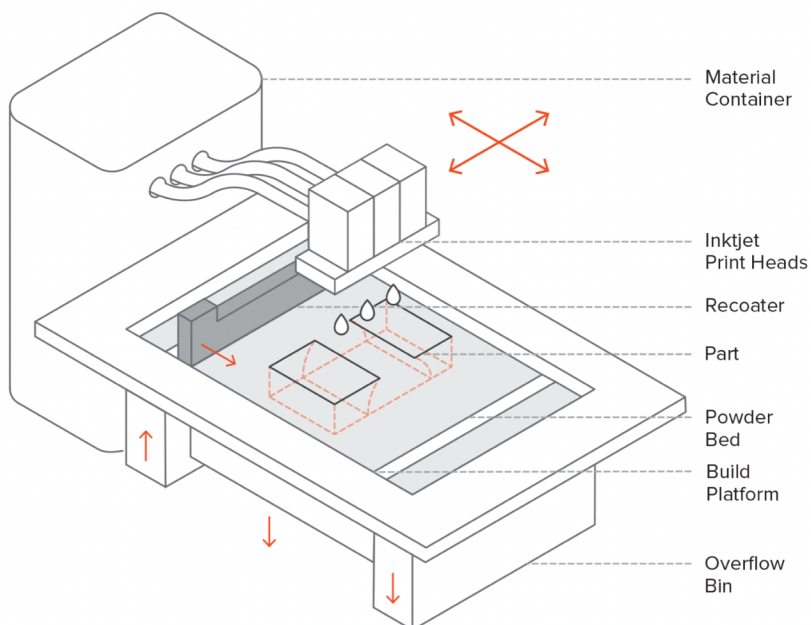


Zdroj: (Engineered Printing Solutions, 2022)

Obr. 8 Rozdíl mezi DOD a kontinuálním tiskem

1.3.5 Tryskání pojiva

Tryskání pojiva je proces nanášení pojiva na práškové lože, při kterém se postupně spojují jednotlivé vrstvy a tím vzniká pevný díl. Nejběžněji používanými materiály jsou písek, kovy a keramika. Tyto materiály se používají ve formě granulí (Hubs, 2022). Na rozdíl od předešlé technologie při tryskání pojiva se přes tiskovou hlavu dostává pouze malá část materiálu, protože většina potřebného materiálu se skládá z prášku v práškovém loži (Gibson, Rosen a Stucker, 2015). Schéma procesu je znázorněno na obrázku 9.



Zdroj: (Hubs, 2022)

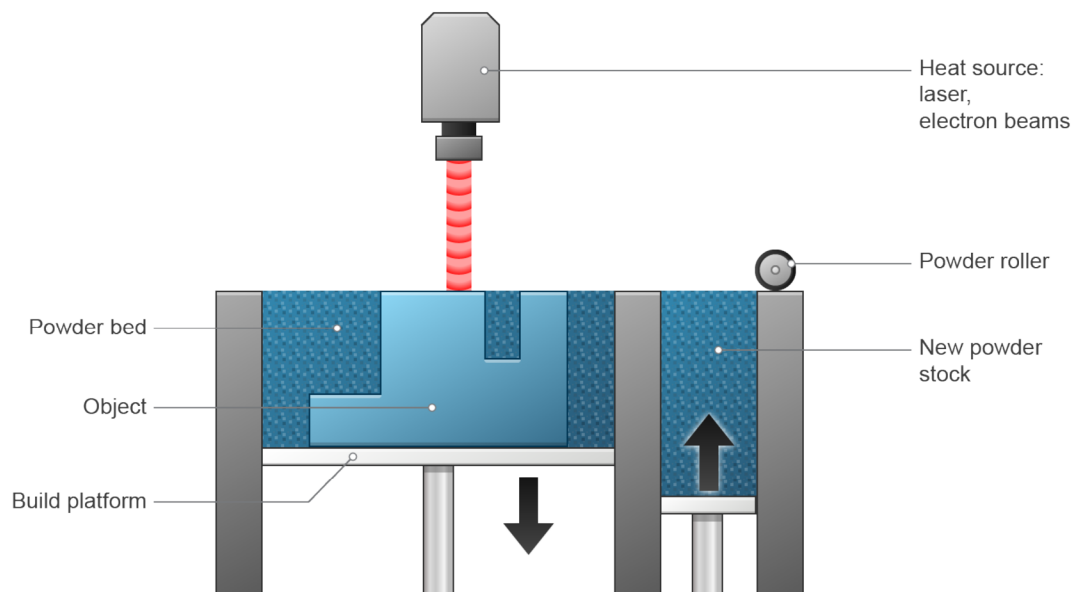
Obr. 9 Schéma procesu tryskání pojiva

Nyní bude proces popsán podrobněji. Proces je podobný jako při tisku typu SLS, nejprve nanášecí nůž rozetře tenkou vrstvu prášku na stavební plochu. Na rozdíl od tisku SLS, u kterého se pro spékání prášku používá laser, se při tryskání pojiva používá tisková hlava. Ta se pohybuje nad povrchem prášku a nanáší na něj kapičky pojiva (lepidla), jež spojují částice prášku dohromady (Redwood, Schöffler a Garret, 2017). Po dokončení vrstvy se lůžko s práškem posune směrem dolů a nůž znovu nanese novou vrstvu prášku. Takto se postupuje stále dokola, dokud není celý díl kompletní. Po dokončení tisku se díl nechá v prášku vytvrdnout, aby získal pevnost. Poté se díl vyjme z práškového lože a přebytečný prášek, který se nespojil, se odstraní pomocí stlačeného vzduchu (Hubs, 2022).

Výhodou tohoto procesu je, stejně tak jako u SLS, že díly v práškovém loži jsou samonosné, tudíž odpadá potřeba podpurných konstrukcí. Jak již bylo řečeno na začátku kapitoly, lze použít celou řadu různých materiálů, včetně keramiky a potravin. Další výhodou je možnost barevného tisku, díky jednoduchosti přidávání různých barev do pojiva (3D Printing Industry, 2022). Klíčovou výhodou je, že proces nevyužívá žádné teplo, takže ke spojování dochází při pokojové teplotě. Díky tomu nedochází k žádným rozměrovým deformacím v důsledku tepelných vlivů a zároveň jsou nízké provozní náklady a lze tisknout velké díly. Naopak hlavním omezením této metody jsou mechanické vlastnosti dílů. Díly vzniklé přímo na stroji nejsou tak pevné jako při spékání, proto je nutné díly dále zpracovat, aby byla zajištěna jejich plná funkčnost (Redwood, Schöffler a Garret, 2017).

1.3.6 Fúze v práškovém loži (kovy)

V práškovém loži pomocí tepelného zdroje (především laserových nebo elektronových paprsků) dochází k tavení a spojování kovového prášku v jednotlivých vrstvách. Díky této fúzi mezi částicemi kovového prášku pak vznikají pevné díly (Redwood, Schöffler a Garret, 2017). Proces začíná jako obvykle tím, že se nejdříve zahřeje práškové lože na konstantní teplotu. Poté se nanese první vrstva prášku a dochází k jeho zahřívání. Na základě toho se prášek roztaví a částice prášku se spojí a tím vznikne pevná část (Protolabs, 2022). Celý proces je znázorněn na obrázku 10.



Zdroj: (Dassault Systèmes, 2022)

Obr. 10 Proces fúze v práškovém loži

Do kategorie fúze v práškovém loži spadají následující tiskové techniky (Loughborough University, 2022):

- Direct Metal Laser Sintering (DMLS),
- Selective Laser Melting (SLM),
- Electron Beam Melting (EBM),
- Selective Heat Sintering (SHS).

DMLS/SLM

Přímé laserové spékání kovů (DMLS) nazývané i jako selektivní laserové tavení (SLM) vyrábějí díly podobným způsobem jako SLS. Hlavní rozdíl spočívá v tom, že DMLS a SLM se používají výhradně k výrobě kovových dílů (Redwood, Schöffner a Garret, 2017). Při SLM se využívá laser potřebný pro úplné roztavení kovového prášku, čímž vzniká homogenní díl. Tím pádem lze použít pro výrobu pouze jednosložkové kovy, které mají stejnou teplotu tání. Používá se na příklad hliník, především k výrobě lehkých a pevných náhradních dílů. DMLS naopak prášek netaví, ale pouze ho zahřívá na nastavenou teplotu tak, aby se částice prášku spekly. Proto tato metoda používá k výrobě slitiny kovů, což je hlavní rozdíl mezi DMLS a SLM (Dassault Systèmes, 2022).

Přestože okolní prášek v loži poskytuje dílu podporu, vyžadují procesy DMLS a SLM strukturální oporu. Jelikož hrozí riziko deformace z důvodu existence zbylého napětí, které vzniká díky vysokým teplotám potřebných pro tisk a zpracování (Redwood, Schöffler a Garret, 2017). Tato technologie je vhodná pro rychlou výrobu přesných a složitých kovových dílů. Navíc konstruktérům umožňuje vyrábět lehké a vysoce funkční díly zároveň, aniž by byla ohrožena jejich pevnost. Díky čemuž je velice oblíbená ve vysoce výkonných aplikacích, jako je automobilová či letecká výroba (Forgelabs, 2022).

EBM

Technologie EBM dosahuje tavení a vyvolání fúze mezi částicemi kovového prášku pomocí elektronového svazku o vysoké energii, nikoli laseru jako tomu bylo u předešlé technologie. Tím zmenšuje zbytkové napětí, což znamená menší zkreslení dílů (Dassault Systèmes, 2022). Elektronový paprsek je mnohem výkonnější než standardní laser. Protože používá elektromagnetické řízení paprsku, může se pohybovat a nanášet vrstvy prášku rychleji a tím pádem je i celý proces tisku rychlejší. Díly EBM se vyrábějí ve vakuu namísto inertního plynu, aby se zabránilo rozptylu paprsku (Loth, 2022). Díky vysoké celkové kvalitě a kvalitě povrchové úpravy, je tento proces vhodný pro výrobu vysoce standardních dílů používaných v leteckém a lékařském oddělení (Loughborough University, 2022).

SHS

Selektivní tepelné spékání (SHS) používá ke spékání prášku tepelnou tiskovou hlavu. Tisková hlava nanese jednotlivé vrstvy prášku do stavební komory, pak se pohybuje tam a zpět přes práškové lože a tím taví prášek do pevného stavu. Tato metoda umožňuje tisknout i více dílů najednou. Tiskárny tohoto typu jsou mnohem menší a velikostně se podobají běžným strojním tiskárnám. Pořízení tiskárny s tepelnou tiskovou hlavou je levnější než tiskárna s laserem (Additive X, 2022). Proces SHS se používá při výrobě koncepčních prototypů a méně náročných součástí na konstrukci. Díky použití tepelné tiskové hlavy se výrazně snižuje objem potřebného tepla a výkonu (Loughborough University, 2022).

2 Investice a jejich efektivita

Součástí praktické části této práce bude vyhodnocení investice do 3D tiskárny. K tomu, aby mohlo být provedeno vyhodnocení, je třeba nejdříve definovat určité základní pojmy z teorie investic. V první části budou vyjmenovány základní parametry investice a s ní související pojmy. Druhá část bude věnována hodnocení podnikových investic. Konkrétně postupu a jednotlivým metodám hodnocení investic a jejich podrobnému popisu včetně způsobu výpočtu.

2.1 Znaky investice

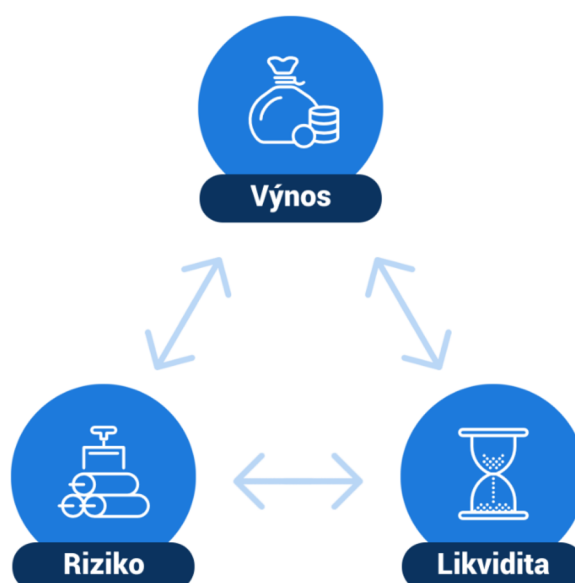
Základní definice investice zní: „*Investice znamená použití finančních prostředků za účelem jejich zhodnocení*“ (ManagementMania, 2022). Tato definice říká, že základním znakem investice je schopnost zhodnocení vloženého kapitálu. Pro investory to znamená v daném okamžiku jednorázový peněžní výdaj, ale do budoucna příslib příjmů. Ministertstvo financí ČR (2015) vysvětluje investici jako formu tzv. odložené spotřeby: „*Odloženou spotřebou rozumíme takové rozhodnutí o vydání našich prostředků, které znamená, že se vzdáme současné spotřeby, abychom si zajistili možnost o to vyšší spotřeby budoucí*“.

Investice jsou nedílnou součástí každé podnikatelské činnosti. Především díky tomu, že každý, kdo chce rozvíjet své podnikání a být prosperující, by měl část svých prostředků investovat. Dobrá investiční politika je podmínkou přežití a růstu konkurenceschopného podniku. Proto lze říct, že neexistuje podnik, který by se nezabýval investičním rozhodováním (Scholleová, 2009). Investice jsou obvykle využívány k pořízení dlouhodobého majetku a jsou jednou ze zásad dosažení dlouhodobé prosperity podniku. Proto se ve většině odborné literatury uvádí, že se jedná o pojem dlouhodobého charakteru. Podnikatelé investují své volné peněžní prostředky hlavně za účelem toho, že očekávají budoucí příjmy z těchto vložených prostředků.

Otázkou je, zda má podnikatel finanční zdroje kde získat, či by musel určitou část zdrojů vyčlenit na úkor jiné činnosti. Pak by očekávaný příjem měl být vyšší než náklady obětované příležitosti. To znamená, že vložené prostředky přinesou podnikateli vyšší hodnotu, než kdyby byly tyto prostředky použity k jiné činnosti. Na druhou stranu každá investice s sebou nese určité riziko neúspěchu a hrozbu ztráty. Jedno špatné rozhodnutí může zvrátit prosperitu celého podniku,

protože prostředky vázané v investici jsou velmi rozsáhlé a z určité části nevratné. Z tohoto důvodu je třeba při rozhodování o investici brát v úvahu veškeré aspekty a důkladně zvážit, zda se investice vyplatí a přinese očekávaný příjem (Scholleová, 2017).

Jak uvádí Škarda (2022), při volbě vhodné investice se vychází z tzv. investičního trojúhelníku, který popisuje tři základní parametry každé investice a jejich vzájemnou propojenost: výnos, riziko a likviditu (schopnost přeměny na hotovostní peněžní prostředky). Cílem investora je maximalizovat výnos a likviditu a zároveň minimalizovat možné riziko. To ale není zcela možné, jak ukazuje obrázek 11, protože pokud je cílem vyšší výnos, je nutné počítat s vyšším rizikem a zároveň nižší likviditou. Každý investor má jiné požadavky a očekávání od vložené investice, proto neexistuje žádná ideální investice, ale právě tento trojúhelník může pomoci najít mezi uvedenými vlastnosti určitý kompromis pro konkrétního investora dle uvedených preferencí.



Zdroj: (Šafář, 2017)

Obr. 11 Investiční trojúhelník

2.2 Hodnocení podnikových investic

V předchozí kapitole bylo vysvětleno, co je to investice. Tato kapitola bude zaměřena na druhou část, a to proces hodnocení investic a jaké metody se používají pro hodnocení efektivnosti investic. Hodnocení investičních projektů slouží k tomu, aby podnikatelský subjekt (investor) mohl udělat rozhodnutí o tom,

jaké zdroje budou použity na investici a jaká bude jejich efektivnost. Aby mohla být posouzena efektivnost zdrojů, měl by se investor zaměřit především na investiční trojúhelník (Vochozka a kol., 2021).

Mulačová a Mulač (2013) uvádějí následující postup hodnocení investic:

1. odhad investičních výdajů,
2. odhad investičních příjmů,
3. stanovení diskontní sazby,
4. výpočet současné hodnoty peněžních toků,
5. aplikace vybraných metod hodnocení efektivnosti investic.

V první řadě je třeba odhadnout výdaje na investici, což nebývá v praxi tak těžké, jelikož je zpravidla tvoří pořizovací náklady na pozemky, budovy, stroje či jiný majetek potřebný k provozu. Následuje identifikace očekávaných příjmů z investice, což je jedna z nejtěžších a nejméně spolehlivou částí celého procesu z důvodu velkého počtu faktorů, kterými jsou ovlivňovány. Stává se, že jsou často nadhodnoceny a z toho důvodu, že předpověď budoucího vývoje je až příliš optimistická. Jelikož jde o dlouhodobé projekty, promítne se zde vliv časové hodnoty peněz. Jako nástroj pro přepočtení budoucí výše peněžních toků na jejich současnou hodnotu slouží diskontní sazba představující minimální požadovanou návratnost investice. Při financování investice vlastními zdroji se sazba stanovuje jako požadovaná výnosnost vlastního kapitálu (Čižinská, 2021).

Pro vyhodnocení efektivnosti investic existuje celá řada jednoduchých metod. Podle toho, zda dané metody hodnocení zohledňují či nezohledňují faktor času a rizika, je lze rozdělit na dvě základní skupiny – statické a dynamické.

2.2.1 Statické metody

Jak uvádí Scholeová (2017, str. 124): „*Používáme-li jen informace o peněžních tocích souvisejících s investováním a následným provozem nějakého zařízení, pak mluvíme o metodách statických*“. Statické metody nebereou v úvahu časový horizont či k působení faktoru času přihlížejí pouze v omezené míře a pracují bez zohlednění časové hodnoty peněz. Proto se využívají spíše u méně náročných projektů s nízkou požadovanou návratností, méně významných projektů či u projektů s velmi krátkou životností (Čižinská, 2021).

Výhodou je jejich jednoduchost z hlediska kalkulace i co se týče jejich interpretace. Mezi další výhody patří časová nenáročnost a skutečnost, že tyto metody zahrnují jak hledisko příjmové, tak výdajové (Scholleová, 2009). Na druhou stranu nejsou příliš přesné, proto slouží především jako prvotní informace o investici a jako nástroj pro vyřazení nevhodných investičních projektů, které nejsou pro podnik do budoucna z hlediska strategie výhodné. Proto se tyto metody nedoporučují pro závažné strategické rozhodnutí. Pro takováto rozhodnutí by měly být doplněny dalšími metodami, které budou zohledňovat i faktor času a rizika (Scholleová, 2017).

Mezi základní statické metody se řadí (Scholleová, 2017):

- celkový příjem z investice,
- čistý celkový příjem,
- průměrné roční cash flow,
- průměrná roční návratnost,
- průměrná doba návratnosti,
- doba návratnosti.

Nyní budou tyto metody podrobněji popsány.

Celkový příjem z investice se spočítá jako součet všech peněžních toků, tj.:

$$CP = CF_1 + CF_2 + \dots + CF_n = \sum_{i=1}^n CF_i \quad (1)$$

kde CF_i – cash flow v roce i

n – počet let životnosti investice

Z logického hlediska lze považovat investici za přijatelnou, pokud její celkový příjem je vyšší než počáteční investiční výdaj. V případě, že probíhá rozhodování mezi více investicemi je preferována investice s nejvyšším celkovým příjmem (Scholleová, 2010).

Čistý celkový příjem z investice je celkový příjem upravený o počáteční výdaj:

$$NCP = CP - IN = -IN + \sum_{i=1}^n CF_i \quad (2)$$

kde IN – počáteční investovaný výdaj

Investici lze ponechat pro další investiční rozhodování pouze tehdy, kdy čistý celkový příjem je kladný (Scholleová, 2009).

Průměrné roční cash flow plynoucí z investice je rovno součtu všech cash flow dělený počtem let životnosti investice:

$$\emptyset CF = \frac{CP}{n} \quad (3)$$

Průměrný roční příjem slouží pouze jako orientační vodítko pro představu, jaký efekt v budoucnu přinese, proto není považován jako kritérium přijatelnosti investice (Scholleová, 2009).

Průměrná roční návratnost, tj. kolik procent investované částky se ročně průměrně vrátí:

$$\emptyset CF = \frac{\emptyset CP}{IN} \quad (4)$$

Jak již bylo zmíněno v úvodu, investoři vždy vyžadují co nejvyšší procento roční návratnosti a aby minimálně pokryla vložené finanční prostředky. Jelikož se jedná o statickou metodu, tedy není brána v úvahu časová hodnota peněz, dochází ke zkreslení z důvodu součtu cash flow bez ohledu na období, ve kterém budou peněžní prostředky získány (Scholleová, 2009).

Průměrná doba návratnosti udává, za jakou dobu by mělo dojít ke splacení investice, tedy:

$$\emptyset doba = \frac{1}{\emptyset r} \quad (5)$$

kde $\emptyset r$ se určí z předchozí metody

$\emptyset r$ vychází z předchozí metody a lze ho přirovnat k průměrnému cash flow, neboli průměrný roční výnos. Tento ukazatel říká, kolik se ročně v průměru vrátí z investované částky (Scholleová, 2017).

Doba návratnosti s ohledem na rozložení přicházejících cash flow (dále jen „CF“) udává časové období (počet let), za které tok CF přinese hodnotu rovnající se původním investičním výdajům. Doba návratnosti se zjistí postupným načítáním ročních částek CF tak dlouho, až se kumulované částky CF rovnají výdajům. Díky tomuto je tato metoda ze všech nejpřesnější, a proto se velmi využívá i v praxi (Scholleová, 2009). Při posuzování přípustnosti investice platí, že doba návratnosti musí být kratší než doba životnosti projektu, aby byla jistota, že náklady na něj vynaložené se během doby provozu vrátí (Mulačová a Mulač, 2013). Kalouda (2019) zmiňuje, že pokud se vezme v úvahu oblíbená zjednodušující definiční formule pro výpočet hodnoty CF:

$$CF = zisk + odpisy \quad (6)$$

pak platí, že čím kratší je doba návratnosti, tím lépe pro projekt s ohledem na hodnocení. Výhodami této metody jsou její snadná interpretace a jednoduchost. A to se odvíjí především od toho, že doba návratnosti nemá vyjadřovat efektivnost projektu, ale to, jakou likviditu lze od projektu očekávat (Vochozka a kolektiv, 2021).

2.2.2 Dynamické metody

Dynamické metody zohledňují nejen výnosnost investic, ale důsledně přihlížejí i k jejich rozložení v čase. To znamená, že peněžních toky (příjmy a výdaje) se pomocí diskontní sazby přepočítávají ke stejnému časovému okamžiku, zpravidla k současnosti (Čižinská, 2021). Díky tomu, že přihlížejí k časové hodnotě peněz, jsou realističtější než metody statické (Kalouda, 2019). Dále se od statických metod odlišují tím, že zahrnují i riziko, které je součástí metod přepočtem budoucích CF na současnou hodnotu (tzv. diskontování). Diskontní míra se odvíjí od podnikové diskontní míry, která odráží podnikové riziko prostřednictvím požadovaného výnosu (Scholleová, 2009).

Jak již bylo zmíněno v kapitole o investičním trojúhelníku, investor, který podstoupí danou míru rizika a poskytne potřebné finanční prostředky, očekává určitou míru výnosnosti. Otázkou zůstává, jakým způsobem stanovit riziko a odpovídající míru výnosu. Tyto dvě věci spolu vzájemně souvisí, jelikož požadovaná míra výnosu z investice závisí na riziku investice, ale také na zdrojích kapitálu (Scholleová, 2017).

Mezi dynamické metody patří (Scholleová, 2017):

- čistá současná hodnota (NPV – Net Present Value),
- vnitřní výnosové procento (IRR – Internal Rate of Return),
- index ziskovosti (PI – Profitability Index),
- diskontovaná doba návratnosti (PP – Payback Period).

Čistá současná hodnota (NPV)

Metoda čisté současné hodnoty je jedna z nejpoužívanějších a nejnámějších metod pro vyhodnocení efektivnosti investic. Čistá současná hodnota porovnává příjmy a výdaje z investice, ale vždy v současných hodnotách (Mulačová a Mulač, 2013). V zásadě jde o součet diskontovaných hodnot CF pomocí podnikové diskontní míry, kterou je nejjednodušší odhadnout pomocí WACC (vážený průměr nákladů kapitálu) podniku (Scholleová, 2017).

$$NPV = -IN + \frac{CF_1}{(1 + WACC)} + \frac{CF_2}{(1 + WACC)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1 + WACC)^n} \quad (7)$$
$$NPV = -IN + \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1 + WACC)^i}$$

kde IN – počáteční investovaný výdaj

CF_i – cash flow v roce i

n – počet let životnosti investice

$WACC$ – vážené náklady na kapitál

NPV – udává, kolik peněz nad investovanou částkou dostane podnik navíc

Přijatelná je ta varianta investice, při které je čistá současná hodnota nezáporná tj. $NPV \geq 0$. V tomto případě se investice přijme a garantuje požadovanou míru výnosu, čímž navyšuje tržní hodnotu firmy. Za výhodnější se pak považuje ta varianta, která má vyšší současnou hodnotu (Čižinská, 2021). Pokud je $NPV < 0$ znamená to, že investice je nepřijatelná, protože neuspokojí představy o očekávané návratnosti vlastníkům, což by snížilo tržní hodnotu podniku. Může se ale stát, že $NPV = 0$, což znamená, že je podnik indiferentní a jeho tržní hodnota zůstává neměnná (Mulačová a Mulač, 2013).

Vyjádření čisté současné hodnoty pomocí absolutních čísel znamená, kolik finančních prostředků podnikatel získá oproti vložené částce. Tedy zjednodušeně, o kolik se zvýší hodnota podniku. Ale vyjádření informací v absolutních hodnotách může být naopak nevýhodou, protože tento způsob vyjádření může způsobit zkreslení pohledu při porovnávání více investic (Vochozka a kolektiv, 2021).

Vnitřní výnosové procento (IRR)

Metoda vnitřního výnosového procenta vychází ze základních principů metody čisté současné hodnoty. Jediným rozdílem je, že diskontní sazba není stanovena. Úkolem je najít takovou diskontní sazbu, při které současná hodnota peněžních příjmů z investice se bude rovnat kapitálovým výdajům na investice, tedy čistá současná hodnota se bude rovnat nule (Čižinská, 2021). Zatímco u vnitřního výnosového procenta se diskontní sazba hledá, čistá současná hodnota provádí výpočty s již předem stanovenou diskontní sazbou. Díky tomu, že vnitřní výnosové procento zachycuje relativní výnosnost investice, stává se podstatným doplňkem čisté současné hodnoty, která udává pouze absolutní investice (Vochozka a kolektiv, 2021). Díky tomu metoda slouží ke srovnání jakýkoliv investičních variant. Jedná se o metodu, která je početně náročnější (Mulačová a Mulač, 2013). Scholleová (2017) uvádí vnitřní výnosové procento (dále jen „IRR“) jako diskontní sazbu, při které by platilo $NPV = 0$, to znamená, že se hledá takové IRR, pro které platí:

$$-IN + \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1 + IRR)^i} = 0 \quad (8)$$

kde IRR – vnitřní výnosové procento

K tomu, aby mohla být investice přijata, musí platit podmínka $IRR \geq WACC$, neboli roční procentní výnos by měl být vyšší nebo rovnající se nákladům kapitálu v podniku. Stejně jako u jiných metod, i zde platí přímá úměrnost, že čím vyšší má investice IRR, tím vyšší je výnos. Proto při výběru z více variant se vybere ta, která generuje vyšší hodnotu IRR (Čižinská, 2021). V poslední řadě je však nutné uvést, že tato metoda není univerzální. Tudiž ji lze aplikovat pouze v některých případech, konkrétně při tzv. konvenčních peněžních tocích. To znamená, že

na začátku procesu jsou záporné toky a pak následují pouze kladné toky (Scholleová, 2017).

Index ziskovosti (PI)

Tato metoda je určena k vyhodnocení, zda je investice pro firmu výhodná z hlediska vynaložených výdajů, ale také k porovnání jednotlivých projektů na bázi kritéria ziskovosti mezi sebou (Zatloukal, 2010). Index ziskovosti vyjadřuje poměr mezi příjmy a počátečními kapitálovými výdaji. Nejčastěji je literaturou uváděn vzorec:

$$PI = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+WACC)^i}}{IN} = \frac{PV}{IN} \quad (9)$$

kde r – diskotní sazba

PI – index ziskovosti

PV – současná hodnota budoucích peněžních toků

Investice je přijatelná, pokud výsledná hodnota je větší nebo rovna 1. Stejně tak jako u metody NPV, čím více převyšuje index ziskovosti hodnotu 1, tím je investice pro podnik ekonomicky výhodnější. Prostřednictvím metody PI lze nejen vyhodnotit přijatelnost investice, ale zároveň tato metoda umožňuje srovnávat více investičních variant mezi sebou z relativního úhlu pohledu. Proto se tato metoda stává velmi často jako doplňková při rozhodování na bázi metody NPV (Scholleová, 2017). Pokud je potřeba vybrat mezi několika variacemi, ale podnik je nemůže realizovat z důvodu nedostatku zdrojů financování, i když mají kladnou čistou současnou hodnotu, je index ziskovosti významným kritériem pro hodnocení a výběr projektu (Čížinská, 2021).

Diskontovaná doba návratnosti (PP)

Jak již bylo zmíněno v předešlé kapitole, doba návratnosti investice udává, za jak dlouho budou z peněžních příjmů uhrazeny kapitálové výdaje s investicí spojené. Výpočet je obdobný jako při použití statické metody, vypočte se tedy na základě kumulovaného příjmu z investice, který se porovná s kapitálovými výdaji. Podstatnou změnou jsou postupně načítaná CF přepočítaná na současnou hodnotu, tedy je třeba CF upravit pomocí diskontování (Čížinská, 2021).

Podstatnou skutečností při rozhodování podniku o přijetí či nepřijetí investičního projektu je podmínka, že hotovostní toky musejí pokrýt kapitálové výdaje na projekt, a to za dobu stanovenou podnikem, nejdéle však do konce doby životnosti projektu. Čím je doba návratnosti kratší, tím je investice likvidnější – kapitál je v ní vázán kratší dobu. V případě, že tuto podmínku splní více projektů, za výhodnější investici se považuje ta, která uhradí výdaje spojené s investicí co nejdříve (Scholleová, 2017).

Problémem této metody je skutečnost, že nezohledňuje výši peněžních příjmů, které nastanou po okamžité uhrazení investice. To může způsobit, že bude vybrán k realizaci i méně výhodný projekt ve srovnání s jinými z důvodu odlišné doby životnosti. Z toho vyplývá, že tuto metodu lze aplikovat pouze u projektů se stejným časovým horizontem (Mulačová a Mulač, 2013).

3 Investice do 3D tiskárny a její vyhodnocení

Tato kapitola bude zaměřena již na praktickou část této práce, a to konkrétně na analýzu trhu s 3D tiskárnami kovových dílů a vyhodnocení jednotlivých možností. Na základě tohoto hodnocení se provede výběr vhodné tiskárny pro investici a provede se vyhodnocení efektivnosti investice. Než ale bude provedena samotná analýza investice, je třeba nejprve představit samotnou společnost ŠKODA AUTO a.s. a popsat základní činnosti oddělení, které se zabývá 3D tiskem kovových dílů ve společnosti.

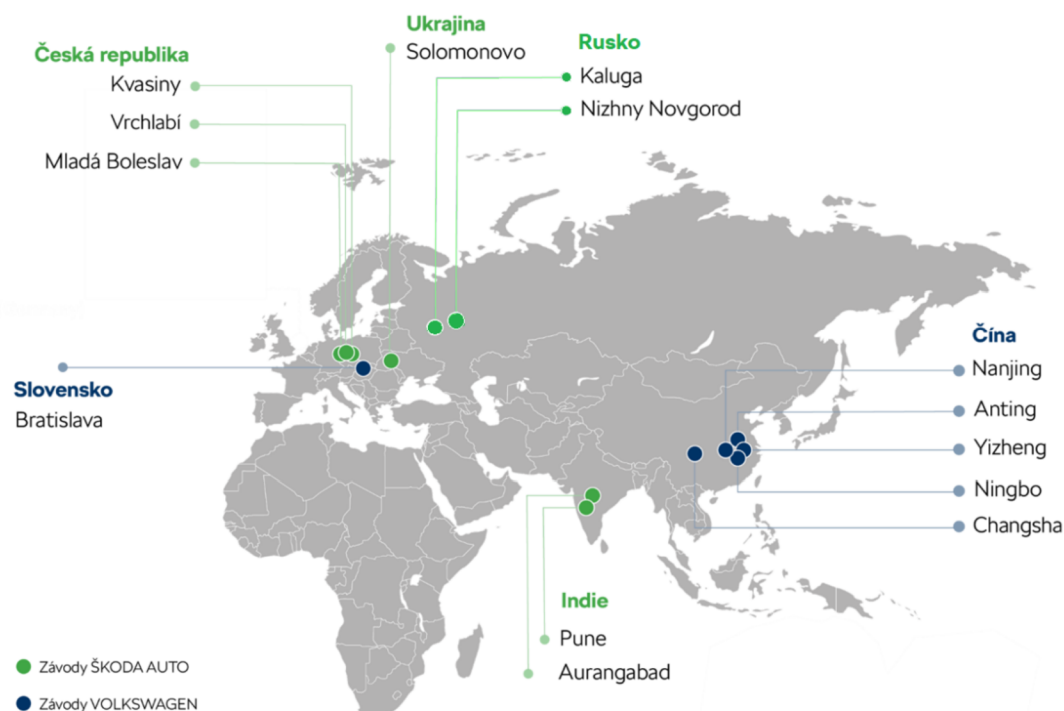
3.1 Představení společnosti ŠKODA AUTO a.s.

Společnost ŠKODA AUTO a.s. (dále jen „ŠA“) je jednou z největších a nejdéle trvale vyrábějících automobilek nejen v České republice, ale především na světovém trhu. A není se čemu divit, jelikož její historie sahá až do roku 1895, kdy Václav Laurin a Václav Klement nejprve začali vyrábět jízdních kola a motocykly. O deset let později společnost přešla z výroby jízdních kol a motocyklů k výrobě osobních automobilů. Roku 1905 společnost vyrobila v Mladé Boleslavi první automobil, díky čemuž si získala pevnou pozici na trhu a stala se nepřehlédnutelnou. Tuto pozici si udržela až do současnosti, především díky atraktivnímu portfoliu, ale i díky skutečnosti, že je již 30 let součástí koncernu Volkswagen (dále jen „VW“). Společnost se v uplynulých letech neustále vyvíjela a stala se tak silnou globálně úspěšnou automobilkou. To dokazují mimo jiné i čísla z výroční zprávy roku 2021 (Výroční zpráva ŠKODA AUTO a.s., 2021), kdy počet kmenových zaměstnanců byl více než 35 tisíc. I přes omezení výroby způsobenou pandemií Covid-19, se společnosti povedlo prodat 878 200 vozů a dosáhla tak ziskovosti 6,2 %.

Společnost sídlí v Mladé Boleslavi, kde se nachází i její hlavní výrobní závod. Další výrobní závody jsou umístěny v Kvasinách a ve Vrchlabí. Mimo těchto tří závodů na území České republiky se vozy s okřídlených šípem vyrábí také v Indii, Číně, Rusku, Alžírsku, Kazachstánu, na Slovensku a Ukrajině (viz obrázek 12). ŠA se může chlubit velmi atraktivním produktovým portfoliem, které má celkem 12 modelových řad. Rok 2021 byl pro automobilku velmi významný tím, že na trh uvedla model ENYAQ iV, první čistě elektrické SUV, které u zákazníků získalo velmi pozitivní ohlasy. Také modernizované bestsellery v segmentu SUV, modely KODIAQ a KAROQ, zaznamenaly u zákazníků výborný ohlas, stejně tak jako nová

čtvrtá generace modelu FABIA (Výroční zpráva ŠKODA AUTO a.s., 2021). To se povedlo především díky větší prostornosti, lepší bezpečnosti a míře konektivity než kdy předtím. Jako reakci na potřeby indického trhu, společnost představila nové modely ŠKODA KUSHAQ a ŠKODA SLAVIA, vyvinuté právě pro tento specifický trh. Tím společnost učinila důležité kroky pro další rozvoj v regionech, které jsou pro automobilku důležité. Cílem tohoto projektu je posílení pozice na indickém trhu a rozšíření nabídky vozů v objemovém segmentu.

To vše je nedílnou součástí nové podnikové strategie NEXT LEVEL - ŠKODA STRATEGY 2030, čímž značka definovala plán pro následující desetiletí a zaměřuje se na tři hlavní priority: expand, explore a engage (Výroční zpráva ŠKODA AUTO a.s., 2021). Prostřednictvím této strategie se chce stát ještě elektrifikovanější, digitálnější a internacionálnější a tím si zajistit dobrou pozici na trhu i do budoucnosti. Od této myšlenky se v současnosti odvíjí veškeré kroky a rozhodnutí společnosti, které mají vést k dosažení stanoveného cílu.



Zdroj: Interní dokumenty ŠKODA AUTO a.s.

Obr. 12 Závody ŠKODA AUTO a.s.

3.1.1 Oddělení PSW-F

Pořízení 3D tiskárny se konkrétně týká oddělení PSW-F, které se v současnosti zabývá 3D tiskem kovových dílů v rámci výroby nářadí ŠA. Nářaďovna se zabývá konstrukcí, technologickou přípravou, výrobou a servisem nářadí pro výrobu automobilů. Cílem procesu je zajištění hospodárné a ekologicky šetrné výroby nářadí a přípravků v požadované kvalitě a termínech pro interní zákazníky v rámci ŠA i externí společnosti koncernu VW. V současné době tento závod zaměstnává více než 1 000 zaměstnanců a jeho roční obrat v roce 2020 byl 79 mil. €. Nářaďovnu lze rozdělit na tři hlavní výrobní útvary: výroba lisovacího nářadí, svařovacího nářadí a metalurgického nářadí. A právě do útvaru výroby metalurgického nářadí spadá i oddělení PSW-F. Toto oddělení se zabývá konstrukcí a výrobou tlakových licích forem pro odlitky z hliníkových slitin. Dále konstrukcí a výrobou kovacíh zápusťek, modelového zařízení pro gravitační lití, lisovacího a speciálního nářadí.

3.2 Výběr 3D tiskárny a vyhodnocení této investice

V současné době společnost ŠA nemá ve vlastnictví žádnou 3D tiskárnu na kovové díly. Z toho důvodu, že ročně potřebuje vytisknout pouze okolo 150 kilogramů materiálu, což není dostatečně tolik, aby si společnost mohla pořídit svoji vlastní tiskárnu. Proto si musí nechat tisknout potřebné kovové díly externě. Nicméně oddělení PSW-F usiluje o to, aby se tiskárna pořídila a plně se využila její kapacita. Protože toto pořízení tiskárny může společnosti ŠA přinést nové možnosti a řešení při výrobě nářadí a umožnit tak výrobu velmi složitých dílů, které se nedají vyrobit při konvenční výrobě.

3.2.1 Výběr 3D tiskárny

Na základě zkušeností se zadáváním modelů do tisku, oddělení PSW-F stanovilo základní parametry, které by měly být hodnoceny při výběru vhodné tiskárny. V první řadě je nejdůležitější volba technologie tisku. Jelikož se uvažuje o 3D tisku kovových dílů, v úvahu připadá pouze technologie fúze v práškovém loži. Konkrétně technologie SLM, kdy dochází pomocí tepelného zdroje k tavení a následnému spojování kovového prášku v jednotlivých vrstvách do té doby, než je vyroben finální produkt. Druhým podstatným parametrem jsou rozměry tiskárny, přesněji velikost tiskové komory. To znamená, jak velké výrobky bude možné na dané tiskárně tisknout. Dle portfolia metalurgického nářadí, které se vyrábí v nářaďovně ŠA,

přichází v úvahu tiskárna střední třídy. Velikost tiskárny střední třídy se pohybuje mezi 250 – 300 mm. Na základě těchto dvou zásadních kritérií byla provedena analýza trhu. Výsledkem bylo navržení 6 modelů tiskáren, které vyhovovaly zvoleným kritériím a ty byly dále hodnoceny pomocí stanovených kritérií.

U těchto šesti tiskáren byla poptána cenová nabídka, jelikož cena je také jedním z důležitých kritérií při rozhodování. Dalšími kritérii byly spotřeba energie a spotřeba inertního plynu. Inertní plyn musí být součástí tiskové komory a slouží jako ochranná atmosféra, aby prášek na povrchu nezoxidoval. Zpravidla se jedná o argon nebo dusík, záleží na typu použitého materiálu. Jako další kritérium se určila rychlost výroby, kolik je tiskárna schopna vytisknout materiálu za hodinu. A posledním kritériem byl výkon laseru, který spéká částice práškového materiálu dohromady a vytváří tak finální produkt. Hodnoty těchto kritérií u jednotlivých modelů tiskáren jsou shrnuty v tabulce 1.

Tab. 1 Přehled hodnocených kritérií pro vybrané tiskárny

	EOS M 290	EOS M 300-4	SLM 280	CL M2	LaserTec30 dmg mori	Renishaw
Velikost komory (mm)	250x250x325	300x300x400	280x280x365	250x250x350	300x300x350	250x250x300
Výkon laseru (W)	400	400	400	400	600	500
Maximální Spotřeba energie (kW)	8,5	36	5,5	10	90	10
Spotřeba inertního plynu (l/min)	10	10	2,5	15	2,5	10
Rychlost výroby (cm ³ /h)	40	100	88	35	90	150
Cena zařízení (€)	492 000	648 700	524 190	582 370	652 300	713 700

Jelikož výběr tiskárny bylo třeba posoudit z hlediska několika kritérií, byla využita jedna z metod vícekritériálního hodnocení variant. Touto metodou se stala tzv. metoda váženého součtu (WSA), u které je důležité znát hodnotu každého kritéria. Jelikož všechna kritéria nejsou maximalizačního typu bylo třeba nejprve vytvořit normalizovanou kritériální matici *R*. K tomu, aby bylo možné tuto matici vytvořit, bylo nutné určit ideální a bazální hodnoty variant. Ideální hodnota znamená nejlepší možnou hodnotu, buď maximální v případě maximalizačního typu kritéria nebo minimální v opačném případě. A bazální hodnota pak znamená přesný opak

ideální hodnoty. Na základě těchto hodnot se pak provedla normalizace hodnot kritérií pomocí transformačního vzorce:

$$R = \frac{y_{ij} - B_j}{I_j - B_j} \quad (10)$$

Kde R je normalizovaná kritériální matice, y_{ij} jsou hodnoty kritérií pro danou tiskárnu. B_j odpovídá bazální hodnotě daného kritéria a I_j ideální hodnotě. Normalizovaná kritériální matice je zobrazena v tabulce 2.

Tab. 2 Normalizovaná kritériální matice

	EOS M 290	EOS M 300-4	SLM 280	CL M2	LaserTec30 dmg mori	Renishaw	Váha
Výkon laseru (W)	0	0	0	0	1	0,5	0,10
Maximální spotřeba energie (kW)	0,964497041	0,639053254	1	0,946745562	0	0,946745562	0,15
Spotřeba inertního plynu (l/min)	0,4	0,4	1	0	1	0,4	0,15
Rychlost výroby (cm ³ /h)	0,043478261	0,565217391	0,460869565	0	0,47826087	1	0,20
Cena zařízení (€)	1	0,293188994	0,854803789	0,592377086	0,276950834	0	0,40
Skóre	0,613	0,386	0,734	0,379	0,456	0,452	

Zároveň v tabulce 2 v posledním sloupci jsou uvedeny jednotlivé váhy každého kritéria, které vyjadřují důležitost daného kritéria při rozhodování. Pro stanovení vah byla použita specifická bodovací metoda tzv. Metfesselova alokace, kdy se mezi jednotlivá kritéria rozdělilo 100 bodů podle jejich důležitosti. To odpovídá procentuálnímu vyjádření váhy jednotlivých kritérií, jejichž součet musí být 100 %. Toto rozdělení bodů proběhlo na základě expertního posouzení, z čehož vyplývá, že nejdůležitějším kritériem je cena zařízení.

Jelikož byla použita metoda váženého součtu, dalším krokem bylo vynásobení normalizovaných hodnot kritérií jejich váhou. Tyto hodnoty všech kritérií se poté sečetly a tím vyšlo výsledné skóre pro každou variantu, respektive model tiskárny. Podle výsledného skóre (žlutě označený řádek) nejvhodnější možností je model SLM 280, jelikož jeho skóre 0,734 je nejvyšší ze všech variant. Proto byla tato tiskárna vybrána jako vhodná varianta pro uskutečnění investice i z toho důvodu, že cena této tiskárny je druhá nejnižší.

3.2.2 Vyhodnocení investice do 3D tiskárny

Tato kapitola je zaměřena na samotné vyhodnocení investice do vybrané tiskárny, kdy její výběr byl proveden v předchozí kapitole. Společnost ŠA hodnotí investiční záměry na základě ukazatele ROI. Tento ukazatel v ŠA vyjadřuje míru návratnosti investice. Z pohledu teorie jde o statickou metodu hodnocení investic založenou na výpočtu čistého celkového příjmu z investice (viz vzorec (2) v kapitole 2.2.1), přičemž ke stanovení celkového příjmu z investice (viz vzorec (1) v kapitole 2.2.1) se používá cash flow po zdanění v jednotlivých letech. Z čistých cash flow po zdanění v jednotlivých letech se vypočte míra návratnosti investice, která odpovídá výpočtu vnitřního výnosového procenta (viz vzorec (8) v kapitole 2.2.1). Získaná míra se porovnává s požadovanou mírou návratnosti, v ŠA stanovenou na hodnotu 13 %.

Doba živostnosti investice se u takto velkých investic dle interních pravidel společnosti ŠA zpravidla počítá 10 let. Proto i v tomto případě se bude návratnost investice počítat na 10 let. Následná analýza investice bude rozdělena do tří hlavních částí, konkrétně kapitálové výdaje, provozní výdaje a příjmy. Jelikož bylo těžké vyčíslit příjmy investice, byla investice zaměřena na analýzu chladících kanálů u formy bloku motoru. Tento příjem bude podrobněji popsán v následujícím textu.

Kapitálové výdaje

Kapitálové výdaje jsou veškeré výdaje společnosti na pořízení nového zařízení. Jedná se o jednorázový výdaj, který je potřeba vynaložit na začátku finančního toku. V tomto případě se jedná o výdaje nejen na pořízení samotné tiskárny, ale i dalších potřebných součástí, bez kterých by tiskárna nemohla fungovat na plno. Výčet všech položek, které spadají do kapitálových výdajů, je zobrazen v tabulce 3. Samotné zařízení tiskárny stojí 460 890 €. Nicméně je třeba k tomu připočítat cenu chladícího zařízení, prosévacího stroje, bezpečnostního vysavače, tryskacího zařízení, díky kterému bude možné nanášet prášek na požadované místo a cenu zařízení, které zajistí vysokoteplotní ohřev materiálu. Další položkou jsou výdaje na licenci, což je pevná částka, kterou si společnost SLM účtuje za použití jejich technologie tisku. A poslední položkou jsou stavební úpravy, které je nutné provést, aby tiskárna mohla vůbec fungovat. Tiskárna musí být v uzavřeném chráněném prostoru, protože se materiál při tisku vystavuje vysokým teplotám a používají se

různé speciální látky. Především pak je potřeba, aby v tomto prostoru byla správně nastavena filtrace vzduchu tak, aby škodlivé výpary z látek a plynů byly odváděny pryč. Po sečtení všech položek jsou celkové výdaje na pořízení investice ve výši 803 490 €.

Tab. 3 Seznam položek kapitálových výdajů

Tiskárna	€	460 890
Chladič	€	13 500
Prosévací stroj	€	29 500
Bezpečnostní vysavač	€	8 500
Generátor dusíku	€	31 500
Tryskač	€	5 500
Vysokoteplotní ohřev	€	28 000
Licence	€	26 100
Stavební úpravy	€	200 000
Celkem	€	803 490

Seznam položek kapitálových výdajů se skládá z hmotného a nehmotného majetku a předpokladem u pořízení tohoto majetku je, že se časem opotřebuje a ztrácí tak svou hodnotu. Proto je třeba každou položku odepsat dle odpisové třídy, která určuje dobu odpisování. Smyslem odpisování je rozložit pořizovací cenu majetku jako náklad do více období. Odpisové třídy u jednotlivých položek byly určeny na základě interních pravidel společnosti ŠA. Celkový přehled všech odpisovaných částek v jednotlivých letech je zobrazen v příloze 1.

Jak lze vidět, tak suma odpisů se rovná 730 157 €, což v porovnání s celkovými kapitálovými výdaji je nižší hodnota. To by správně nemělo nastat, jelikož se vždy musí odpisovat do do výše pořizovací ceny. Avšak v tomto případě je to ovlivněno položkou stavební úpravy, kde doba odpisování je 15 let a investice je hodnocena pouze v období 10 let. Poslední sloupec vpravo, který je označen jako Σ , vyjadřuje součet hodnot dané položky (řádku) za celé období, tedy za celých 10 let.

Provozní výdaje

Provozní výdaje jsou oproti kapitálovým neinvestičního charakteru. Jedná se o výdaje, které vznikají při běžném provozu, na denní bázi. Zpravidla se jedná o výdaje na zajištění provozu. Do provozních výdajů lze tedy zahrnout osobní náklady (mzdy, platy), materiálové náklady, náklady na údržbu a opravy, náklady

na provoz budov a vybavení a náklady na energie. V první řadě byly vyčísleny výrobní náklady za hodinu provozu stroje, které činí 181,54 €. Jak lze vidět v tabulce 4, podstatnou část nákladů tvoří výdaje na argon, jelikož jeho cena je oproti ceně elektřiny mnohem vyšší.

Tab. 4 Výrobní náklady (hodina provozu)

Cena argonu (€/l)	1,2
Cena elektřiny (€/kWh)	0,28
Maximální spotřeba energie (kW)	5,5
Spotřeba argonu (l/min)	2,5
Rychlost výroby (kg/h)	0,704
Hodina provozu	181,54 €

Díky zjištění výrobních nákladů lze nyní vyčíslit provozní výdaje, do kterých budou zahrnuty náklady na obsluhu, náklady na provoz stroje a náklady na údržbu. Náklady na obsluhu stroje byly stanoveny jako součin hodinové sazby, počtu hodin tisku jednoho výrobku a počtu potřebných kusů. Kdy počet hodin tisku byl zjištěn na základě rychlosti výroby (viz tabulka 4) a potřebného množství (kilogramů) materiálu. Jelikož lze předpokládat, že osobní náklady do budoucna porostou, ve výpočtu byl zohledněn jejich nárůst o 5 % každý rok. Stejným způsobem pak byly stanoveny i náklady na provoz stroje. Náklady na provoz stroje za hodinu se vynásobily počtem hodin tisku a ty pak následně počtem potřebných kusů. Opět se i v tomto případě počítá s nárůstem materiálových nákladů v následujících letech, a proto se tyto náklady zvýšily meziročně o 3 %. Poslední položkou provozních výdajů jsou náklady na údržbu. Údržbu tiskárny bude zajišťovat sama společnost SLM a tím pádem cena vychází z jejich cenové nabídky. Celkové provozní výdaje v jednotlivých letech jsou zobrazeny v příloze 2.

Příjmy investice

Jak již bylo zmíněno na začátku kapitoly k výpočtu ukazatele ROI je potřeba nejen výdajová stránka, ale i ta příjmová. To znamená, že nyní je třeba definovat, jaké příjmy bude generovat investice pro společnost ŠA. Příjmy této investice lze rozdělit na tři složky. První, nejpodstatnější složkou, je úspora nákladů díky tomu, že se výrobky nebudou tisknout externě, ale bude si je společnost tisknout sama na své vlastní tiskárně. Druhým příjmem je úspora finančních prostředků z důvodu změny

technologie. Díky 3D tisku je možné vytvořit ve formě prostor pro chladicí kanál takových tvarů, které konveční způsob výroby forem neumožňuje. Takto vyrobená forma má delší životnost, protože díky chladicímu kanálu není při odlévání vystavována tak vysokým teplotám jako forma bez chladicího kanálu (konvečně vyrobená). Z toho vyplývá, že při využití technologie 3D tisku bude potřeba vyrobit méně kusů než při konveční výrobě a zároveň se zkrátí doba výroby. S tím souvisí třetí složka příjmů, kterou je volná kapacita lidských zdrojů. Zaměstnanci, kteří původně vyráběli formy konvečně, mohou vyrábět něco jiného či být využiti k jiné činnosti.

Ročně se při konveční výrobě vyrobí 50 kusů forem. Životnost jedné formy je zhruba 15 000 odlitých bloků motoru. Forma vyrobená na 3D tiskárně má předpokládanou životnost 35 000 odlitků. Pokud se vydělí tyto dvě hodnoty, vyjde koeficient životnosti 2,33. Tímto koeficientem se vydělí 50 kusů forem, díky čemuž se vypočítá počet kusů, které je třeba vyrobit při 3D tisku.

V příloze 3 jsou podrobně vyčísleny všechny příjmy. Úspora nákladů vznikla jako rozdíl nákladů na 3D tisk při externí výrobě a výrobě ve společnosti ŠA. Cena u externí společnosti byla určena na základě zkušenosti a informací z předešlé spolupráce se ŠA. Úspory z důvodu změny technologie byly spočítány jako součin ceny konveční výroby jednoho kusu formy a ušetřených potřebných kusů. Následně je ale třeba snížit příjmy o jednotkové náklady na vyrobené kusy, které budou vyrobeny s vyššími náklady (kusy, které budou vyrobeny technologií 3D tisku). Požadovaný počet kusů pro 3D tisk se vynásobí rozdílem mezi výrobní cenou jednoho kusu při 3D tisku a konveční výrobě. Tím se zjistí jednotkové náklady v jednotlivých letech a jelikož je počet požadovaných kusů stále stejný, jsou i jednotkové náklady ve všech letech stejné. Příjem z využití volných zaměstnanců se vyčíslí díky znalosti celkové pracovní síly (počtu potřebných hodin) při konveční výrobě a při 3D tisku. Rozdíl těchto dvou hodnot se vynásobí hodinovou sazbou a tím vznikne úspora díky uvolnění zaměstnanců, kteří původně vyráběli formy konvenčně.

Vyhodnocení ROI

Po vyčíslení kapitálových výdajů, provozních výdajů a příjmů je možné přejít k vyhodnocení investice pomocí ukazatele ROI. Jak již bylo zmíněno na začátku,

aby bylo možné tento ukazatel vypočítat, je nutné znát čisté peněžní toky v jednotlivých letech. Přehled těchto peněžních toků je uveden v příloze 4. Nejprve jsou zde uvedeny předpokládané celkové příjmy z investičního záměru, které vycházejí z výpočtu uvedeného v příloze 3. Dále provozní výdaje, u kterých jsou hodnoty převzaty z předešlých výpočtů (viz příloha 2). V poslední řadě jsou zde vyčísleny odpisy dlouhodobého majetku v jednotlivých letech, ty byly určeny na základě odpisových tříd (viz příloha 1).

Po sečtení těchto tří položek se získá provozní výsledek před zdaněním. Jak vypovídá samotný název, tento výsledek je pak nutné zdanit. Dle interních pravidel ŠA je daň stanovena na 35 % ze základu daně. Po odečtení daně od provozního výsledku před zdaněním, vyjde hodnota provozního výsledku po zdanění. Jak lze vidět v příloze 4, v prvním roce je třeba od provozního výsledku ještě odečíst kapitálové výdaje. Proto je pak čisté cash flow záporné (červeně označeno). Naopak v následujících letech je pak již cash flow kladné a postupně se kapitálové výdaje splácí.

V posledním sloupci Σ , v řádku čistý cash flow po zdanění, je uvedena hodnota čistého celkového příjmu z investice ve výši 567 815 €. Investici je tak možné označit za ziskovou. Pro výpočet ukazatele ROI byla použita funkce míra výnosnosti v aplikaci Microsoft Excel, která využila pro výpočet hodnoty čistého cash flow po zdanění. Ukazatel ROI se rovná 11,69 %. Protože je ve společnosti ŠA hranice pro přijetí investice 13 %, což tento investiční záměr nesplňuje, nebylo by možné ho přijmout. Proto je třeba navrhnout řešení vedoucí ke zvýšení rentability dané investice tak, aby se zvýšila její míra návratnosti a mohla být přijata. Na tuto problematiku se zaměří následující kapitola.

4 Návrhy na zvýšení návratnosti investice a jejich vyhodnocení

Jak ukazují předešlé výpočty, a především ukazatel ROI, využití tiskárny by nemělo být založeno pouze na výrobě forem a chladících kanálů. V tomto případě jsou náklady na 3D tisk poměrně vysoké a společnost ŠA nepotřebuje vyrábět ročně tak velké množství forem, aby úspory značně převýšily náklady a míra návratnosti investice byla přijatelná. Proto je třeba najít řešení, jakým způsobem navýšit využití 3D tiskárny, resp. jakým způsobem navýšit příjmy z investice. Návrhy na řešení budou popsány v následujících kapitolách.

4.1 Spolupráce s koncernem

Přínosy investice byly vyčísleny pouze pro tisk forem, konkrétně pro 21 kusů. Pokud trvá vyrobit jednu formu 43 hodin, celkový čas potřebný pro 21 forem je 903 hodin. Pokud se vezme v úvahu, že tiskárna bude v chodu každý den 8 hodin, zabere to celkem po zaokrouhlení na celé dny 113 dní. Za rok je celkem pracovních dní 250, z čehož vyplývá, že tiskárna by měla volnou kapacitu 137 dní neboli 1 096 hodin. To znamená, že by se mohlo vyrobit minimálně jednou tolik forem.

Potenciálním zákazníkem je koncernová společnost, která v současné době využívá také externích služeb v oblasti 3D tisku. Podstatnou skutečností je ale to, že následně formy vyrobené 3D tiskem si nechává u společnosti ŠA tepelně zpracovat a obrobit do finální podoby. Z toho vyplývá, že v případě pořízení 3D tiskárny by ŠA mohla nabídnout společnosti kompletní službu v podobě 3D tisku, tepelného zpracování a finálního obrobení.

Při výpočtu příjmu z investice bude brán ohled pouze na samotný tisk, nikoliv na následné zpracování. Vyčíslení příjmu bude provedeno pro výrobu 21 kusů, stejně tak jako u společnosti ŠA, protože se předpokládá, že počet potřebných kusů je zhruba stejný. V příloze 5 je vypočten zisk z prodeje a následně zobrazen jeho dopad do celkových příjmů z investice.

Náklady na výrobu jsou ve stejné výši jako při výrobě forem pro interní potřebu společnosti ŠA. Poté je zde přidán výpočet prodejní ceny jedné formy, kdy výrobní cena je navýšena o marži. Při předpokládané marži 6,5 % je prodejní cena jedné formy 5 743 €. V následujících letech je cena zvýšena vždy o 8 %, protože se předpokládá meziroční růst osobních nákladů o 5 % a materiálových nákladů

o 3 %. Jelikož rostou společnosti náklady, je třeba zvýšit i prodejní cenu, aby byla zachována marže 6,5 %. Čistý zisk z prodeje se získá jako rozdíl celkového příjmu a celkových nákladů na výrobu. V příloze 6 je zobrazen dopad navýšení příjmů o příjmy z prodeje na ukazatel ROI. Díky příjmům z prodeje se čistý celkový příjem z investice navýšil o 253 917 € na konečných 821 732 €. Na základě navýšení čistého cash flow po zdanění v každém roce se zvýšila míra návratnosti investice na 15,64 %. To znamená, že tato hodnota překročila požadovanou hranici 13 % a lze považovat investiční záměr za přijatelný.

4.2 Využití volné kapacity 3D tiskárny

Ve společnosti ŠA je kladem velký důraz na efektivní využití výrobní kapacity. Jelikož bylo doposud předpokládáno, že tiskárna bude v provozu pouze 8 hodin každý pracovní den, vzniká zde poměrně velká část nevyužité kapacity. To by mohlo mít negativní vliv při rozhodování o uskutečnění investice, protože, jak bylo zmíněno výše, neefektivní využití výrobní kapacit by vedení neschválilo. Proto otázka zní, jak naplnit tuto nevyužitou kapacitu.

V první řadě by bylo dobré najít využití 3D tisku i pro jiné typy dílů a součástek, především těch, které mají speciální tvary a složitou konstrukci, a proto je těžké či dokonce nemožné je vyrobit konvečně. V mnoha případech se 3D tisk využívá pro výrobu prototypů, proto i společnost ŠA by mohla najít využití v této oblasti. Díky možnosti tisku prototypových dílů by bylo snadnější testovat vybrané materiály, dané tvary a jejich vliv na funkčnost dílu. Dále také díky fyzické podobě prototypového dílu by bylo možné rychleji hledat úspory či navrhnout nové způsoby výroby a simply clever prvky, které jsou pro ŠA typické. To souvisí s další oblastí pro využití, kterou je vývoj a výzkum.

Problémem ve společnosti ŠA je, že neexistuje speciální tým pro 3D tisk, který by se 3D tisku věnoval a zařizoval ho v rámci celé společnosti. Proto si každé oddělení zařizuje tuto záležitost samo či si dokonce poptává 3D tisk u různých externích společností. Proto by řešením bylo centralizovat 3D tisk pro celou společnost a vytvořit speciální tým, který bude mít tisk na starost a bude řídit veškeré zakázky. Snaha o tento krok již ve společnosti proběhla. Na webových stránkách nářadovny byl vytvořen poptávkový formulář, který je možné vyplnit v případě zájmu zhotovení určitého dílu metodou 3D tisku. Na základě tohoto formuláře pak oddělení PSW-F

vyhodnotí, zda je vůbec vhodné využití 3D tisku pro daný díl a zda nebude výhodnější ho vyrobit konvečně. Avšak tato informace o možnosti poptávky 3D tisku byla málo propagována v rámci společnosti a ke mnoha lidem se informace vůbec nedostala. Pak je zde opačná situace, kdy oddělení technického vývoje nechce spolupracovat s oddělením PSW-F a zařídí si výrobu 3D tisku nezávazně u jiné externí firmy. Protože toto oddělení ví, že tato firma má již s výrobou daného kusu zkušenost, a proto bude výroba rychlejší, než kdyby zadali díl do výroby přes oddělení PSW-F.

Metoda 3D tisku představuje pro společnost nové možnosti při výrobě dílů a prototypů, a hlavně má tato metoda velký potenciál využití do budoucna. Potřebné díly, nářadí a součástky jsou stále více a více náročné na konstrukci a výrobu, a proto tento způsob výroby otevírá společnosti novou cestu k celkovému přístupu při navrhování dílů. Navíc 3D tisk nabízí společnosti alternativní způsoby výroby, které doposud nebyly objeveny a otevírá tak neuvěřitelné možnosti využití.

Závěr

Cílem této diplomové práce bylo ekonomické vyhodnocení investice do 3D tisku kovových dílů. Dále navrhnout řešení na zvýšení návratnosti investice a vyhodnotit jejich dopad na míru návratnosti investice. Především se zaměřit na to, jak efektivně využít volnou kapacitu 3D tiskárny. V teoretické části byly definovány stěžejní pojmy, jimiž jsou 3D tisk, znaky investice a metody hodnocení její efektivity. Praktická část obsahuje analýzu trhu 3D tiskáren kovových dílů a výběr vhodné tiskárny pro investiční záměr. Součástí praktické části bylo také definování základních parametrů investice a vyhodnocení efektivity investice. Potřebné podklady a informace pro vyhodnocení investice byly získány z interní dokumentace společnosti a také na základě odborné konzultace s odborníkem ze ŠKODA AUTO a.s. Hodnocení investice bylo provedeno na základě její návratnosti, která nepřesáhla stanovenou hranici 13 % a proto by nemohla být přijata. Proto bylo navrženo řešení, jak zvýšit její návratnost. Efektivita tohoto řešení byla následně vyhodnocena prostřednictvím zobrazení jeho dopadu na celkovou návratnost investice. To se projevilo jako zvýšení míry návratnosti na 15,64 %, což vypovídalo o tom, že by se investice přijala.

Jelikož je vedením společnosti ŠKODA AUTO a.s. kladen vysoký důraz na efektivní využívání výrobních kapacit, je nutné se snažit vytížit tiskárnu na maximum. Avšak společnost by v současné době nebyla schopna využít veškerou volnou kapacitu tiskárny z důvodu nízké poptávky po kovovém tisku v rámci společnosti, což je jeden z důvodů proč společnost doposud neinvestovala do 3D tiskárny kovových dílů. Proto je třeba v rámci společnosti více rozšířit povědomí zaměstnanců o této technologii výroby a seznámit je s výhodami plynoucí z využití této metody tak, aby se začaly tisknout i jiné modely než jen například formy na odlévání bloků motorů. Dále také vytvořit specializovaný tým, který bude zajišťovat 3D tisk kovových dílů pro celou společnost. Na základě těchto kroků by měla společnost umět lépe využít volné kapacity tiskárny díky navýšení kilogramů vytisknutého materiálu za rok, což je příslibem pro uskutečnění investice do 3D tiskárny.

Tato technologie je velkým příslibem do budoucnosti, jelikož se neustále vyvíjí a přináší nové možnosti při výrobě kovových dílů a součástek. 3D tisk představuje inovační způsob výroby i díky tomu, že umožňuje vyrábět díly, které doposud nebylo

možné vyrobiť. Pokud chce být společnost ŠKODA AUTO a.s. stále přední automobilovou značkou ve světě, měla by si udržet určitou konkurenční výhodu, která plyne z inovativního způsobu výroby, čímž 3D tisk rozhodně je.

Seznam literatury

3D Printing Industry. The Free Beginner's guide [online]. [cit. 2022-11-25]. Dostupné z: <https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide>.

3D tiskni. První zmínky o 3D tisku. [online]. 2019 [cit. 2022-11-25]. Dostupné z: <https://3d-tiskni.cz/prvni-zminky-o-3d-tisku/>.

Additive-X. What is Selective Heat Sintering (SHS), and how does it work? [online]. 2022 [cit. 2022-11-25]. Dostupné z: <https://additive-x.com/blog/selective-heat-sintering-shs-work/>.

COTTELEER, Mark. *3D opportunity: Additive manufacturing paths to performance, innovation, and growth* [online]. 2014 [cit. 2022-11-25]. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/deloitte-review/issue-14/dr14-3d-opportunity.html>.

ČIŽINSKÁ, Romana. *Manažerské finance pro prezenční a kombinovanou formu studia*. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO Vysoká škola, 2021. ISBN 978-80-7654-035-4.

ČVUT. SLS. [online]. [cit. 2022-11-25]. Dostupné z: <https://www.fs.cvut.cz/ostatni/sekce-3dtisk/3dtisk/moznosti-3dtisk/rozdeleni-technologie-3dtisk/sls-3dtisk/>.

Dassault Systèmes. 3D PRINTING - ADDITIVE. [online]. [cit. 2022-11-25]. Dostupné z: <https://make.3dexperience.3ds.com/processes/powder-bed-fusion>.

Engineered Printing Solutions. What is "Drop-on-Demand" Printing? [online]. [cit. 2022-12-22]. Dostupné z: <https://epsvt.com/what-is-drop-on-demand-printing/>.

ForgeLabs. What is Direct Metal Sintering (DMLS)? [online]. [cit. 2022-11-25]. Dostupné z: <https://forgelabs.com/metal-3d-printing/>.

ForgeLabs. What is Selective Laser Sintering (SLS)? [online]. [cit. 2022-11-25]. Dostupné z: <https://forgelabs.com/selective-laser-sintering-sls/>.

GIBSON, Ian, David ROSEN a Brent STUCKER. *Additive Manufacturing Technologies*. New York: Springer Science+Business Media, 2015, (Second Edition). Dostupné z: doi:10.1007/978-1-4939-2113-3.

Hubs. What is Binder Jetting 3D printing?. [online]. [cit. 2022-11-25]. Dostupné z: <https://www.hubs.com/knowledge-base/introduction-binder-jetting-3d-printing/>.

Hubs. What is Material Jetting 3D printing?. [online]. [cit. 2022-11-25]. Dostupné z: <https://www.hubs.com/knowledge-base/introduction-material-jetting-3d-printing/>.

KALOUDA, František. *Finanční řízení podniku*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2019. ISBN 978-80-7380-756-6.

KLOSKI, Liza Wallach a Nick KLOSKI. *Začínáme s 3D tiskem*. Brno: Computer Press, 2017. ISBN 978-80-251-4876-1.

LOTH, Nick. Electron Beam Melting (EBM 3D Printing) – The Complete Guide. *All3DP* [online]. 2022 [cit. 2022-11-25]. Dostupné z: <https://all3dp.com/2/electron-beam-melting-ebm-3d-printing-simply-explained/>.

Loughborough University. About Additive Manufacturing. [online]. 2022 [cit. 2022-11-25]. Dostupné z: <https://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/powderbedfusion/>.

MakerBot Industries. THE TOP FIVE 3D PRINTING APPLICATIONS. [online]. [cit. 2022-11-25]. Dostupné z: <https://www.makerbot.com/stories/design/top-5-3d-printing-applications/>.

ManagementMania [online]. [cit. 2022-04-27]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/investice>.

MILEWSKI, John O. *Additive Manufacturing of Metals*. Springer International Publishing, 2017. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-319-58205-4.

MILLER, Scott a Daniel G. SOFIO. *Additive Manufacturing: A Guide for Policymakers* [online]. Center for Strategic and International Studies (CSIS), 2017 [cit. 2022-10-25]. Dostupné z: <https://www.jstor.org/stable/resrep23305>.

Ministerstvo financí ČR [online]. [cit. 2022-04-27]. Dostupné z: <https://financnigramotnost.mfcr.cz/cs/investice/investice-obecne>.

MULAČOVÁ, Věra a Petr MULAČ. *Obchodní podnikání ve 21. století*. Praha: Grada, 2013. Finanční řízení. ISBN 978-80-247-4780-4.

ProtoLabs. Understanding Powder Bed Fusion Technology. [online]. [cit. 2022-11-25]. Dostupné z: <https://www.protolabs.com/resources/design-tips/powder-bed-fusion/>.

REDWOOD, Ben, Filemon SCHÖFFER a Brian GARRET. *The 3D Printing Handbook: Technologies, Design and Applications*. Amsterdam: 3D Hubs, 2017. ISBN 978-90-827485-0-5.

SCHOLLEOVÁ, Hana. *Ekonomické a finanční řízení pro neekonomy*. 3., aktualizované vydání. Praha: Grada Publishing, 2017. Expert (Grada). ISBN 978-80-271-0413-0.

SCHOLLEOVÁ, Hana. *Investiční controlling: jak hodnotit investiční záměry a řídit podnikové investice: investiční proces jako základ budoucí prosperity, nástroje a metody investičního controllingu, volba financování a technologie, monitoring průběhu investice a postaudit*. Praha: Grada, 2009. Prosperita firmy. ISBN 978-80-247-2952-7.

STRĚTESKÝ, Ondřej, Josef PRŮŠA a Martin BACH. *Základy 3D tisku s Josefem Průšou* [online]. Praha: Prusa Research, 2019 [cit. 2022-11-25]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/el/ped/jaro2021/TI9009/111101390/zaklady-3d-tisku.pdf>.

ŠAFÁŘ, Vít. Použijte investiční trojúhelník a vaše peníze se neztratí v tom bermudském. *Vít Šafář* [online]. 1.3.2017 [cit. 2022-04-27]. Dostupné z: <https://www.vitsafar.cz/pouzivejte-investicni-trojuhelnik-a-vase-penize-se-neztrati-v-tom-bermudskem/>.

ŠKARDA, Jakub. Investiční trojúhelník: Jednoduchá, leč magická formulka každé investice. *BIG* [online]. 7.2.2022 [cit. 2022-04-27]. Dostupné z: <https://www.bigcapital.cz/blog/investicni-trojuhelnik/>.

VANTA, David. Proč používat 3D tisk? Kde se dá využít? *Technologie Budoucnosti* [online]. 2019 [cit. 2022-11-25]. Dostupné z: <https://technologiebudoucnosti.cz/proc-pouzivat-3d-tisk-kde-se-da-vyuzit/>.

VOCHOZKA, Marek. *Finance podniku: komplexní pojetí*. Praha: Grada Publishing, 2021. Finanční řízení. ISBN 978-80-271-3267-6.

ZATLOUKAL, Aleš. *Metody hodnocení podnikových investic* [online]. Brno, 2010 [cit. 2022-11-25]. Dostupné z:

https://is.muni.cz/th/dlbu4/Diplomova_prace_Ales_Zatloukal.pdf. Diplomová práce.
Masarykova univerzita, Ekonomicko-správní fakulta. Vedoucí práce Ing. Tomáš
Viktořík.

Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků

Obr. 1 Analýza rentability porovnávající konvenční a aditivní výrobu	9
Obr. 2 Přehled technologií aditivní výroby.....	15
Obr. 3 Tiskárna typu FFF	16
Obr. 4 Proces tisku technologie DPL	18
Obr. 5 Rozdíl mezi technologií SLA a DLP	18
Obr. 6 Schéma procesu SLS.....	20
Obr. 7 Schéma tiskárny pro tryskání materiálu	22
Obr. 8 Rozdíl mezi DOD a kontinuálním tiskem.....	23
Obr. 9 Schéma procesu tryskání pojiva	23
Obr. 10 Proces fúze v práškovém loži.....	25
Obr. 11 Investiční trojúhelník.....	28
Obr. 12 Závody ŠKODA AUTO a.s.	38

Seznam tabulek

Tab. 1 Přehled hodnocených kritériích pro vybrané tiskárny	40
Tab. 2 Normalizovaná kritériální matice	41
Tab. 3 Seznam položek kapitálových výdajů	43
Tab. 4 Výrobní náklady (hodina provozu)	44

Seznam příloh

Příloha 1 Kapitálové výdaje a odpisy	58
Příloha 2 Provozní výdaje	59
Příloha 3 Příjmy z interní výroby forem	60
Příloha 4 Vyhodnocení ukazatele ROI	61
Příloha 5 Příjmy z prodeje forem do koncernu	62
Příloha 6 Upravený ukazatel ROI	63

	Odpisová třída (roky)			Finanční tok										Σ
				2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	
Tiskárna	3	Pořizovací cena	€	460 890										460 890
		Odpis	€	76 815	153 630	153 630	76 815	0	0	0	0	0	0	460 890
Chladič	8	Pořizovací cena	€	13 500										13 500
		Odpis	€	844	1 688	1 688	1 688	1 688	1 688	1 688	1 688	844	0	13 500
Prosévací stroj	8	Pořizovací cena	€	29 500										29 500
		Odpis	€	1 844	3 688	3 688	3 688	3 688	3 688	3 688	3 688	1 844	0	29 500
Bezpečnostní vysavač	8	Pořizovací cena	€	8 500										8 500
		Odpis	€	531	1 063	1 063	1 063	1 063	1 063	1 063	1 063	531	0	8 500
Generátor dusíku	8	Pořizovací cena	€	31 500										31 500
		Odpis	€	1 969	3 938	3 938	3 938	3 938	3 938	3 938	3 938	1 969	0	31 500
Tryskač	8	Pořizovací cena	€	5 500										5 500
		Odpis	€	344	688	688	688	688	688	688	688	344	0	5 500
Vysokoteplotní ohřev	8	Pořizovací cena	€	28 000										28 000
		Odpis	€	1 750	3 500	3 500	3 500	3 500	3 500	3 500	3 500	1 750	0	28 000
Licence	8	Pořizovací cena	€	26 100										26 100
		Odpis	€	1 631	3 263	3 263	3 263	3 263	3 263	3 263	3 263	1 631	0	26 100
Stavební úpravy	15	Pořizovací cena	€	200 000										200 000
		Odpis	€	6 667	13 333	13 333	13 333	13 333	13 333	13 333	13 333	13 333	13 333	126 667
Celkem		Pořizovací cena	€	803 490	0	0	0	0	0	0	0	0	0	803 490
		Odpis	€	92 394	184 788	184 788	107 973	31 158	31 158	31 158	31 158	22 246	13 333	730 157

Příloha 2 Provozní výdaje

		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	Σ
Obsluha stroje	€	52 351	54 968	57 717	60 603	63 633	66 814	70 155	73 663	77 346	81 213	658 463
Provoz stroje	€	162 458	167 331	172 351	177 522	182 848	188 333	193 983	199 802	205 797	211 970	1 862 395
Údržba	€	11 500	11 500	11 500	11 500	11 500	11 500	11 500	11 500	11 500	11 500	115 000
Celkem	€	226 309	233 800	241 568	249 625	257 980	266 647	275 638	284 965	294 643	304 684	2 635 859

			2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	Σ	
Konvenční výroba ve ŠA	Potřeba	ks	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	500	
	Materiál celkem	€	6 250	6 250	6 250	6 250	6 250	6 250	6 250	6 250	6 250	6 250	62 500	
	Výroba celkem	€	148 005	148 005	148 005	148 005	148 005	148 005	148 005	148 005	148 005	148 005	1 480 050	
	Pracnost celkem	Nh	2 530	2 530	2 530	2 530	2 530	2 530	2 530	2 530	2 530	2 530	25 300	
	Náklady	€	154 255	154 255	154 255	154 255	154 255	154 255	154 255	154 255	154 255	154 255	1 542 550	
3D tisk	Výroba ve ŠA	Potřeba	ks	21	21	21	21	21	21	21	21	21	214	
		Prášek celkem	€	62 143	64 007	65 927	67 905	69 942	72 041	74 202	76 428	78 721	81 082	712 398
		Výroba celkem	€	53 419	56 090	58 895	61 839	64 931	68 178	71 587	75 166	78 925	82 871	671 901
		Pracnost celkem	Nh	913	913	913	913	913	913	913	913	913	913	9 131
		Náklady	€	115 562	120 097	124 822	129 745	134 874	140 219	145 789	151 594	157 645	163 953	1 384 300
	Externí výroba	Náklady celkem	€	482 143	496 607	511 505	526 851	542 656	558 936	575 704	592 975	610 764	629 087	5 527 228
Příjmy	Úspora nákladů		€	366 581	376 510	386 683	397 106	407 782	418 717	429 915	441 381	453 119	4 142 928	
	Úspora ze změny technologie		€	88 146	88 146	88 146	88 146	88 146	88 146	88 146	88 146	88 146	881 457	
	+/- jednotkové náklady		€	-49 453	-49 453	-49 453	-49 453	-49 453	-49 453	-49 453	-49 453	-49 453	-494 528	
	Využití uvolněné kapacity		€	94 586	94 586	94 586	94 586	94 586	94 586	94 586	94 586	94 586	945 858	
	Celkem		€	499 859	509 788	519 962	530 385	541 061	551 996	563 194	574 659	586 398	598 413	5 475 715

Příloha 4 Vyhodnocení ukazatele ROI

Vyhodnocení ROI		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	Σ
Příjmy ze záměru celkem	€	499 859	509 788	519 962	530 385	541 061	551 996	563 194	574 659	586 398	598 413	5 475 715
Provozní výdaje	€	-226 309	-233 800	-241 568	-249 625	-257 980	-266 647	-275 638	-284 965	-294 643	-304 684	-2 635 859
Odpisy	€	-92 394	-184 788	-184 788	-107 973	-31 158	-31 158	-31 158	-31 158	-22 246	-13 333	-730 157
Provozní výsledek před zdaněním	€	181 157	91 200	93 605	172 787	251 922	254 190	256 397	258 536	269 509	280 396	2 109 699
Daň	€	-63 405	-31 920	-32 762	-60 475	-88 173	-88 967	-89 739	-90 488	-94 328	-98 138	-738 395
Provozní výsledek po zdanění	€	117 752	59 280	60 844	112 311	163 749	165 224	166 658	168 048	175 181	182 257	1 371 305
Kapitálové výdaje	€	-803 490	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-803 490
Čistý cash flow po zdanění	€	(685 738)	59 280	60 844	112 311	163 749	165 224	166 658	168 048	175 181	182 257	567 815
											ROI:	11,69%

Příloha 5 Příjmy z prodeje forem do koncernu

			2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	Σ
3D tisk pro koncern	Potřeba	ks	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	210
	Prášek celkem	€	60 900	62 727	64 609	66 547	68 543	70 600	72 718	74 899	77 146	79 461	698 150
	Výroba celkem	€	52 351	54 968	57 717	60 603	63 633	66 814	70 155	73 663	77 346	81 213	658 463
	Náklady	€	113 251	117 695	122 326	127 150	132 176	137 414	142 873	148 562	154 492	160 674	1 356 614
	Prodejní cena (1 ks)	€	5 743	6 203	6 699	7 235	7 814	8 439	9 114	9 843	10 631	11 481	83 203
	Příjem celkem	€	120 612	130 261	140 682	151 937	164 092	177 219	191 396	206 708	223 245	241 104	1 747 256
Příjmy	Úspora nákladů	€	366 581	376 510	386 683	397 106	407 782	418 717	429 915	441 381	453 119	465 134	4 142 928
	Úspora ze změny technologie	€	88 146	88 146	88 146	88 146	88 146	88 146	88 146	88 146	88 146	88 146	881 457
	+/- jednotkové náklady	€	-49 453	-49 453	-49 453	-49 453	-49 453	-49 453	-49 453	-49 453	-49 453	-49 453	-494 528
	Využití uvolněné kapacity	€	94 586	94 586	94 586	94 586	94 586	94 586	94 586	94 586	94 586	94 586	945 858
	Příjem z prodeje	€	7 361	12 566	18 356	24 787	31 915	39 805	48 523	58 146	68 752	80 430	390 642
	Celkem	€	507 221	522 354	538 318	555 171	572 976	591 800	611 717	632 805	655 150	678 843	5 866 356

Vyhodnocení ROI		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	Σ
Příjmy ze záměru celkem	€	507 221	522 354	538 318	555 171	572 976	591 800	611 717	632 805	655 150	678 843	5 866 356
Provozní výdaje	€	-226 309	-233 800	-241 568	-249 625	-257 980	-266 647	-275 638	-284 965	-294 643	-304 684	-2 635 859
Odpisy	€	-92 394	-184 788	-184 788	-107 973	-31 158	-31 158	-31 158	-31 158	-22 246	-13 333	-730 157
Provozní výsledek před zdaněním	€	188 518	103 766	111 962	197 574	283 838	293 995	304 921	316 682	338 261	360 826	2 500 341
Daň	€	-65 981	-36 318	-39 187	-69 151	-99 343	-102 898	-106 722	-110 839	-118 392	-126 289	-875 119
Provozní výsledek po zdanění	€	122 537	67 448	72 775	128 423	184 494	191 097	198 198	205 843	219 870	234 537	1 625 222
Kapitlové výdaje	€	-803 490	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-803 490
Čistý cash flow po zdanění	€	(680 953)	67 448	72 775	128 423	184 494	191 097	198 198	205 843	219 870	234 537	821 732
											ROI:	15,64%

ANOTAČNÍ ZÁZNAM

AUTOR	Bc. Martina Bašusová		
STUDIJNÍ PROGRAM/OBOR/SPECIALIZACE	Specializace Řízení mezinárodních dodavatelských řetězců		
NÁZEV PRÁCE	Ekonomické vyhodnocení investice do 3D tisku kovů ve společnosti ŠKODA AUTO a.s.		
VEDOUCÍ PRÁCE	prof. Ing. Radim Lenort, Ph.D.		
KATEDRA	KRVLK - Katedra řízení výroby, logistiky a kvality	ROK ODEVZDÁNÍ	2023
POČET STRAN	65		
POČET OBRÁZKŮ	12		
POČET TABULEK	4		
POČET PŘÍLOH	6		
STRUČNÝ POPIS	<p>Tématem diplomové práce je ekonomické vyhodnocení investice do 3D tisku kovů ve společnosti ŠKODA AUTO a.s. A jejím cílem je vytvoření ekonomického modelu pro hodnocení investice, následné zhodnocení efektivity investice a návrhnutí řešení, jak nejlépe využít volnou kapacitu 3D tiskárny. První část práce je věnována základním teoretickým východiskům, která se týkají technologie 3D tisku, znakům investice a metodám hodnocení jejich efektivity. Praktická část obsahuje definování základních parametrů investice a vyhodnocení efektivity investice. Potřebné podklady a informace pro hodnocení byly získány z interní dokumentace a také na základě odborné konzultace s odborníkem ze ŠKODA AUTO a.s. Na závěr autorka navrhuje a hodnotí řešení na zvýšení návratnosti investice.</p>		
KLÍČOVÁ SLOVA	3D tisk, 3D tiskárna, aditivní výroba, investice, metody hodnocení investic, návratnost investice		

ANNOTATION

AUTHOR	Bc. Martina Bašusová		
FIELD	Specialization International Supply Chain Management		
THESIS TITLE	Economic evaluation of the investment in 3D metal printing at ŠKODA AUTO a.s.		
SUPERVISOR	prof. Ing. Radim Lenort, Ph.D.		
DEPARTMENT	KRVLK - Department of Production, Logistics and Quality Management	YEAR	2023
NUMBER OF PAGES	65		
NUMBER OF PICTURES	12		
NUMBER OF TABLES	4		
NUMBER OF APPENDICES	6		
SUMMARY	<p>The topic of the thesis is the economic evaluation of an investment in 3D metal printing at ŠKODA AUTO a.s. The aim is to create an economic model for the evaluation of the investment, the subsequent evaluation of the effectiveness of the investment and to propose a solution on how to best use the available capacity of the 3D printer. The first part of the thesis is devoted to the basic theoretical background concerning 3D printing technology, features of the investment and methods of evaluating their effectiveness. The practical part includes defining the basic parameters of the investment and evaluating the effectiveness of the investment. The necessary documents and information for the evaluation were obtained from internal documentation and also on the basis of a professional consultation with an expert from ŠKODA AUTO a.s. Finally, the author proposes and evaluates solutions to increase the return on investment.</p>		
KEY WORDS	3D printing, 3D printer, additive manufacturing, investment, investment evaluation methods, return on investment		